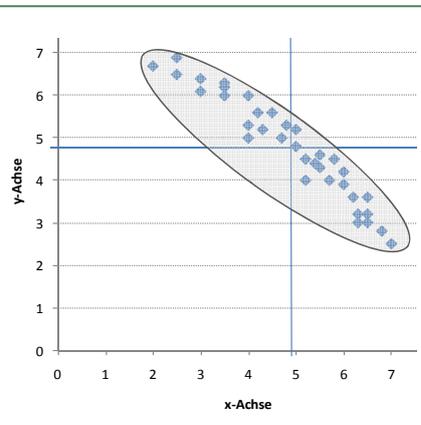
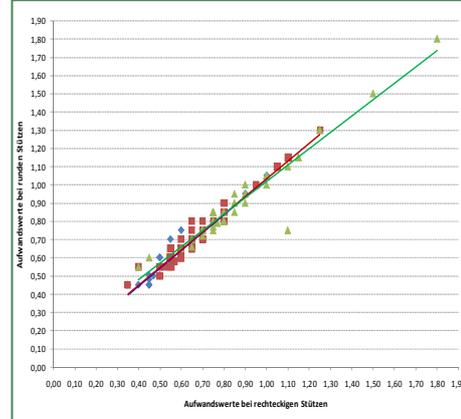


MASTERARBEIT



Berechnungsgröße	Einfluss auf die Größen	Korrelation		Bemerkungen
		positiv	negativ	
AW _{5,300} Aufwandswert Schalen	AW _{20,300} Aufwandswert Bewehren	x	-	komplexeres Bauwerk - engere Bewehrung
	AW _{21,300} Aufwandswert Betonieren	x	-	komplexeres Bauwerk - erschweres Einbringen d. Betons aufgrund engerer Bewehrung
	R _{2,300} Schalungsgrad des Bauwerks	x	-	komplexeres Bauwerk - mehr Passflächen
R _{2,300} Schalungsgrad des Bauwerks	AW _{20,300} Aufwandswert Schalen	x	-	komplexeres Bauwerk - mehr Passflächen
	AW _{20,300} Aufwandswert Bewehren	x	-	komplexeres Bauwerk - engere Bewehrung
	AW _{21,300} Aufwandswert Betonieren	x	-	komplexeres Bauwerk - erschweres Einbringen des Betons aufgrund engerer Bewehrung
AW _{20,300} Aufwandswert Bewehren	DW _{6,300} Bewehrungsgrad des Bauwerks	x	-	feingliedrigeres Bauwerk - mehr und engere Bewehrung
	AW _{20,300} Aufwandswert Schalen	x	-	komplexeres Bauwerk - mehr Passflächen
	AW _{21,300} Aufwandswert Betonieren	x	-	komplexeres Bauwerk - erschweres Einbringen d. Betons aufgrund engerer Bewehrung
DW _{6,300} Bewehrungsgrad des Bauwerks	DW _{6,300} Bewehrungsgrad des Bauwerks	x	-	komplexeres Bauwerk - engere Bewehrung
	R _{2,300} Schalungsgrad des Bauwerks	x	-	komplexeres Bauwerk - mehr Passflächen
	AW _{20,300} Aufwandswert Schalen	x	-	komplexeres Bauwerk - mehr Passflächen
AW _{21,300} Aufwandswert Betonieren	AW _{20,300} Aufwandswert Schalen	x	-	komplexeres Bauwerk - mehr Passflächen
	AW _{20,300} Aufwandswert Bewehren	x	-	komplexeres Bauwerk - engere Bewehrung



Objekt	AW _{5,300}	AW _{20,300}	AW _{21,300}	DW _{6,300}	R _{2,300}	Rangplatz
1	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	1
2	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	2
3	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	3
4	0,55	0,55	0,55	0,55	0,55	4
5	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	5
6	0,65	0,65	0,65	0,65	0,65	6
7	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	7
8	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	8
9	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	9
10	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85	10
11	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90	11
12	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	12
13	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	13
14	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	14
15	1,10	1,10	1,10	1,10	1,10	15
16	1,15	1,15	1,15	1,15	1,15	16
17	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	17
18	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	18
19	1,30	1,30	1,30	1,30	1,30	19
20	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	20
21	1,40	1,40	1,40	1,40	1,40	21
22	1,45	1,45	1,45	1,45	1,45	22
23	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	23
24	1,55	1,55	1,55	1,55	1,55	24
25	1,60	1,60	1,60	1,60	1,60	25
26	1,65	1,65	1,65	1,65	1,65	26
27	1,70	1,70	1,70	1,70	1,70	27
28	1,75	1,75	1,75	1,75	1,75	28
29	1,80	1,80	1,80	1,80	1,80	29
30	1,85	1,85	1,85	1,85	1,85	30
31	1,90	1,90	1,90	1,90	1,90	31
32	1,95	1,95	1,95	1,95	1,95	32
33	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	33
34	2,05	2,05	2,05	2,05	2,05	34
35	2,10	2,10	2,10	2,10	2,10	35
36	2,15	2,15	2,15	2,15	2,15	36
37	2,20	2,20	2,20	2,20	2,20	37
38	2,25	2,25	2,25	2,25	2,25	38
39	2,30	2,30	2,30	2,30	2,30	39
40	2,35	2,35	2,35	2,35	2,35	40
41	2,40	2,40	2,40	2,40	2,40	41
42	2,45	2,45	2,45	2,45	2,45	42
43	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	43
44	2,55	2,55	2,55	2,55	2,55	44
45	2,60	2,60	2,60	2,60	2,60	45
46	2,65	2,65	2,65	2,65	2,65	46
47	2,70	2,70	2,70	2,70	2,70	47
48	2,75	2,75	2,75	2,75	2,75	48
49	2,80	2,80	2,80	2,80	2,80	49
50	2,85	2,85	2,85	2,85	2,85	50
51	2,90	2,90	2,90	2,90	2,90	51
52	2,95	2,95	2,95	2,95	2,95	52
53	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	53
54	3,05	3,05	3,05	3,05	3,05	54
55	3,10	3,10	3,10	3,10	3,10	55
56	3,15	3,15	3,15	3,15	3,15	56
57	3,20	3,20	3,20	3,20	3,20	57
58	3,25	3,25	3,25	3,25	3,25	58
59	3,30	3,30	3,30	3,30	3,30	59
60	3,35	3,35	3,35	3,35	3,35	60
61	3,40	3,40	3,40	3,40	3,40	61
62	3,45	3,45	3,45	3,45	3,45	62
63	3,50	3,50	3,50	3,50	3,50	63
64	3,55	3,55	3,55	3,55	3,55	64
65	3,60	3,60	3,60	3,60	3,60	65
66	3,65	3,65	3,65	3,65	3,65	66
67	3,70	3,70	3,70	3,70	3,70	67
68	3,75	3,75	3,75	3,75	3,75	68
69	3,80	3,80	3,80	3,80	3,80	69
70	3,85	3,85	3,85	3,85	3,85	70
71	3,90	3,90	3,90	3,90	3,90	71
72	3,95	3,95	3,95	3,95	3,95	72
73	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	73
74	4,05	4,05	4,05	4,05	4,05	74
75	4,10	4,10	4,10	4,10	4,10	75
76	4,15	4,15	4,15	4,15	4,15	76
77	4,20	4,20	4,20	4,20	4,20	77
78	4,25	4,25	4,25	4,25	4,25	78
79	4,30	4,30	4,30	4,30	4,30	79
80	4,35	4,35	4,35	4,35	4,35	80
81	4,40	4,40	4,40	4,40	4,40	81
82	4,45	4,45	4,45	4,45	4,45	82
83	4,50	4,50	4,50	4,50	4,50	83
84	4,55	4,55	4,55	4,55	4,55	84
85	4,60	4,60	4,60	4,60	4,60	85
86	4,65	4,65	4,65	4,65	4,65	86
87	4,70	4,70	4,70	4,70	4,70	87
88	4,75	4,75	4,75	4,75	4,75	88
89	4,80	4,80	4,80	4,80	4,80	89
90	4,85	4,85	4,85	4,85	4,85	90
91	4,90	4,90	4,90	4,90	4,90	91
92	4,95	4,95	4,95	4,95	4,95	92
93	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	93
94	5,05	5,05	5,05	5,05	5,05	94
95	5,10	5,10	5,10	5,10	5,10	95
96	5,15	5,15	5,15	5,15	5,15	96
97	5,20	5,20	5,20	5,20	5,20	97
98	5,25	5,25	5,25	5,25	5,25	98
99	5,30	5,30	5,30	5,30	5,30	99
100	5,35	5,35	5,35	5,35	5,35	100

KORRELATIONEN BEI AUFWANDSWERTEN FÜR SCHAL- UND BEWEHRUNGSARBEITEN

Mag.^a Simone Krempf, BSc.

Vorgelegt am
Institut für Baubetrieb und Bauwirtschaft
Projektentwicklung und Projektmanagement

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

Graz am 22. Mai 2012

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)

STATUARY 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 mich bei allen Personen bedanken, die mir während meiner Studienzeit und bei meiner Masterarbeit mit Rat und Tat zur Seite standen.

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

Besonderer Dank gebührt meiner Familie, die mich die gesamte Ausbildungszeit hindurch unterstützt hat.

Graz, am 22.05.2012

(Unterschrift des Studenten)

Kurzfassung

Die vorliegende Masterarbeit befasst sich mit Zusammenhängen, sprich Korrelationen, bei Aufwandswerten für Schal- und Bewehrungsarbeiten bzw. vermuteten Korrelationen bei der Ermittlung der Herstellkosten bei Stahlbetonarbeiten. Die Korrelation stellt dabei ein mathematisches Maß dar, welches die Stärke bzw. Enge eines Zusammenhangs zwischen zwei Größen (Merkmalen) charakterisiert.

Zu Beginn der Arbeit werden jene mathematischen Grundlagen behandelt, die in weiterer Folge für die Definitionen der speziellen Korrelationskoeffizienten sowie für deren Berechnungen benötigt werden. Unter anderem werden an dieser Stelle die vier Skalenniveaus beschrieben, denen Messwerte zugeordnet werden können.

Die zugrunde liegenden Skalenniveaus der beiden zu vergleichenden Merkmale sind ausschlaggebend dafür, welcher spezielle Korrelationskoeffizient für die Berechnung der Zusammenhangsstärke herangezogen werden muss. Im zweiten Kapitel folgen daher die Definitionen, Einsatzgebiete, Berechnungsgleichungen und Eigenschaften der verschiedenen Korrelationskoeffizienten.

Darauf aufbauend werden Vermutungen angestellt, zwischen welchen Eingangsgrößen bei der Ermittlung der Herstellkosten bei Stahlbetonarbeiten Zusammenhänge bestehen könnten. Die Betrachtungen erfolgen dabei getrennt nach Grob- und Detailkalkulation. Außerdem wird auf die lt. Literatur üblichen Korrelationen bei Stahlbetonarbeiten und die Auswirkungen von Korrelationen auf Berechnungen eingegangen.

Abschließend werden einzelne Zusammenhangsstärken zwischen vorliegenden Aufwandswerten für Schal- und Bewehrungsarbeiten berechnet und die Resultate entsprechend interpretiert. Die vorliegenden Aufwandswerte stammen dabei aus den von *Hofstadler* an der Technischen Universität Graz durchgeführten Expertenbefragungen.

Abstract

The paper at hand deals with the correlations concerning the performance factors for formwork and reinforcing work and with the assumed correlations with regard to the calculation of the manufacturing costs for reinforced concrete work. The term correlation describes a mathematical measure which characterizes the strength of the relation between two quantities (features).

The first chapter addresses the mathematical basics that are needed for the definition of specific correlation coefficients as well as for their calculation. Furthermore, the four scales of measurement are introduced. Measured values can be assigned to these scales.

The underlying scales of measurement of both features to be compared are crucial for the selection of a specific correlation coefficient for the calculation of the strength of the relation between the different quantities.

The second chapter deals with definitions, applications, calculation equations and characteristics of various correlation coefficients.

On that basis suppositions were made concerning the possible correlations between different input parameters with regard to the calculation of the manufacturing costs for reinforced concrete work. A distinction is made between rough calculation and detailed calculation. Moreover, the issues of common correlations (according to specialized literature) with regard to reinforced concrete work and the impact of correlations on calculations are addressed.

Finally, individual strengths of correlations between existing performance factors for formwork and reinforcing work are calculated and interpreted. The used performance factors were provided by *Hofstadler*, Technical University Graz, who carried out expert surveys on the topic concerned.

Inhaltsverzeichnis

0	Einleitung	1
1	Mathematische Grundlagen	4
1.1	Skalenniveaus	5
1.1.1	Nominalskala	5
1.1.2	Ordinalskala	5
1.1.3	Intervallskala	6
1.1.4	Verhältnisskala	7
1.2	Stichprobe, Stichprobenumfang, Grundgesamtheit	8
1.3	Variablen – Zielgröße, Ausgangsgrößen und Drittvariablen	8
1.4	Einige statistische Kennwerte	9
1.4.1	Lagemaße	9
1.4.2	Streuungsmaße	11
1.5	Grafische Darstellungen von Merkmalsverteilungen	13
1.5.1	Histogramm und Polygon	14
1.5.2	Balkendiagramm	15
1.5.3	Kreisdiagramm	17
1.5.4	Boxplot	17
1.6	Wahrscheinlichkeitsverteilungen	18
1.6.1	Allgemeines	18
1.6.2	Diskrete Verteilungen	24
1.6.3	Stetige Verteilungen	31
1.7	Testen von Hypothesen	41
2	Korrelationen	44
2.1	Definitionen des Begriffes Korrelation	44
2.2	Mathematische Betrachtung	45
2.2.1	Kovarianz	47
2.2.2	Produkt-Moment-Korrelation	50
2.2.3	Punktbiseriale Korrelation	54
2.2.4	Φ -Koeffizient	55
2.2.5	Rangkorrelation	56
2.2.6	Biseriale Rangkorrelation	57
2.2.7	Partielle Korrelation	58
3	Korrelationen bei der Ermittlung der Herstellkosten bei Stahlbetonarbeiten	63
3.1	Baukostenermittlung für Stahlbetonarbeiten	63
3.1.1	Allgemeines	63
3.1.2	Grobkalkulation der Baukosten für Stahlbetonarbeiten	68
3.1.3	Detailkalkulation der Baukosten für Stahlbetonarbeiten	70
3.2	Korrelationen zwischen den Eingangsparametern zur Ermittlung der Baukosten bei Stahlbetonarbeiten	76
3.2.1	Einschätzung der Abhängigkeiten zwischen den Ausgangsgrößen bei der Grobkalkulation der Baukosten für Stahlbetonarbeiten	76
3.2.2	Ausgangsgrößen x_i bei der Detailkalkulation der Baukosten für Stahlbetonarbeiten	81
3.2.3	Abhängigkeit zwischen der Komplexität des Bauwerks und den Ausgangsgrößen für die Berechnung der Baukosten für Stahlbetonarbeiten	86
3.2.4	Abhängigkeiten bei Berechnung des Gesamt-Aufwandswertes AW_{STB}	88
3.2.5	Korrelationen bei Stahlbetonarbeiten lt. Literatur und deren Auswirkungen auf Berechnungen	89

4	Berechnungen von Korrelationen zwischen aus Expertenbefragungen vorliegenden Daten zu Deckenschal- und Bewehrungsarbeiten	94
4.1	Expertenbefragung zu Deckenschal- und Bewehrungsarbeiten	94
4.1.1	Expertenbefragung zu Deckenschalarbeiten	94
4.1.2	Expertenbefragung zu Bewehrungsarbeiten	96
4.2	Korrelationen zwischen den Aufwandswerten für Deckenschalarbeiten der unterschiedlichen Grundrissklassen	101
4.2.1	Korrelation zwischen den Aufwandswerten für das Ein- und Ausschalen der einfachen und mittleren Grundrissklasse bei rechteckigen Stützen	103
4.2.2	Korrelation zwischen den Aufwandswerten für das Ein- und Ausschalen der einfachen und komplexen Grundrissklasse bei rechteckigen Stützen	104
4.2.3	Korrelation zwischen den Aufwandswerten für das Ein- und Ausschalen der mittleren und komplexen Grundrissklasse bei rechteckigen Stützen	105
4.2.4	Korrelation zwischen den Aufwandswerten für das Ein- und Ausschalen der einzelnen Grundrissklassen bei runden Stützen	106
4.2.5	Zusammenfassung	108
4.3	Korrelationen zwischen den Aufwandswerten für Deckenschalarbeiten bei rechteckigen Stützen und den Aufwandswerten bei runden Stützen derselben Grundrissklasse	109
4.3.1	Berechnungen mittels Produkt-Moment-Korrelation	109
4.3.2	Berechnungen mittels Rangkorrelation	113
4.3.3	Zusammenfassung	119
4.4	Korrelationen zwischen den Aufwandswerten für Bewehrungsarbeiten unterschiedlicher Grundrissklassen und Bewehrungsgraden, getrennt nach Stab- und Mattenstählen	120
4.5	Korrelationen zwischen den Aufwandswerten für Bewehrungsarbeiten derselben Grundrissklassen, aber unterschiedlichen Bewehrungsgraden und getrennt nach Stab- und Mattenstählen	125
4.6	Korrelationen zwischen den Aufwandswerten für Deckenschal- und für Bewehrungsarbeiten	130
5	Zusammenfassung	135
6	Ausblick	139
A.1	Tabellenwerte der χ^2- und t- Verteilung	140
A.1.1	Tabellenwerte der Chi-Quadrat-Verteilung	140
A.1.2	Tabellenwerte der t-Verteilung	141
A.2	Tabelle der Fisher Z-Werte	142
A.3	Ausgewertete Daten der von Hofstadler durchgeführten Expertenbefragung für Bewehrungsarbeiten	143
A.3.1	Stabstahl \varnothing 6	143
A.3.2	Stabstahl \varnothing 8	144
A.3.3	Stabstahl \varnothing 10	145
A.3.4	Stabstahl \varnothing 12	146
A.3.5	Stabstahl \varnothing 14	147
A.3.6	Stabstahl \varnothing 16	148
A.3.7	Stabstahl \varnothing 20	149
A.3.8	Stabstahl \varnothing 26	150
A.3.9	Stabstahl \varnothing 30	151
A.3.10	Stabstahl \varnothing 32	152

A.3.11	Stabstahl \varnothing 36	153
A.3.12	Stabstahl \varnothing 40	154
A.3.13	Mattenstahl AQ 42	155
A.3.14	Mattenstahl AQ 50	156
A.3.15	Mattenstahl AQ 55	157
A.3.16	Mattenstahl AQ 60	158
A.3.17	Mattenstahl AQ 65	159
A.3.18	Mattenstahl AQ 70	160
A.3.19	Mattenstahl AQ 76	161
A.3.20	Mattenstahl AQ 82	162
A.3.21	Mattenstahl AQ 90	163
A.3.22	Mattenstahl AQ 100	164
	Literaturverzeichnis	165

Abbildungsverzeichnis

Bild 1.1:	Grafische Veranschaulichung Quantil	13
Bild 1.2:	Beispielhafte Darstellung eines Histogramms	14
Bild 1.3:	Beispielhafte Darstellung eines Polygons.....	15
Bild 1.4:	Charakterisierungen einer Verteilungsform anhand von Dichtefunktionen stetig verteilter Merkmale	16
Bild 1.5:	Beispielhafte Darstellung eines Balkendiagramms.....	16
Bild 1.6:	Beispielhafte Darstellung eines Kreisdiagramms	17
Bild 1.7:	Beispielhafte Boxplot-Darstellung.....	18
Bild 1.8:	Wahrscheinlichkeitsfunktion für das Würfeln mit einem Würfel	20
Bild 1.9:	Verteilungsfunktion für das Würfeln mit einem Würfel	21
Bild 1.10:	Beispielhafte Dichtefunktion einer stetigen Zufallsvariablen.....	22
Bild 1.11:	Verteilungsfunktion einer standardnormalverteilten Zufallsvariablen..	24
Bild 1.12:	Wahrscheinlichkeitsfunktionen verschiedener Binomialverteilungen..	26
Bild 1.13:	Wahrscheinlichkeitsfunktionen verschiedener geometrischer Verteilungen.....	28
Bild 1.14:	Wahrscheinlichkeitsfunktionen verschiedener hypergeometrischer Verteilungen HGe(7,10,15), HGe(8,15,30), HGe(8,25,40)	28
Bild 1.15:	Wahrscheinlichkeitsfunktionen verschiedener Poisson-Verteilungen..	29
Bild 1.16:	Wahrscheinlichkeitsverteilungen verschiedener negativer Binomialverteilungen.....	30
Bild 1.17:	Dichtefunktion einer symmetrischen und asymmetrischen Dreiecksverteilung.....	33
Bild 1.18:	Normalverteilungen mit Erwartungswert $\mu = 0,0$ und verschiedenen Standardabweichungen σ	34
Bild 1.19:	Standardnormalverteilung	35
Bild 1.20:	Logistische Verteilung mit $\alpha = 1$ und $\beta = 0$	36
Bild 1.21:	Log-Logistik-Verteilung mit $\gamma = 0$, $\beta = 1$ und $\alpha = 5$	37
Bild 1.22:	PERT-Verteilung mit Minimum = 0,5; Maximum = 3,5 und Modalwert = 1,5	38
Bild 1.23:	Dichtefunktionen verschiedener X^2 -Verteilungen; blaue Kurve: $n=2$, grüne Kurve: $n=5$, rote Kurve: $n=10$	40
Bild 1.24:	Dichtefunktionen verschiedener t-Verteilung; blaue Kurve: $n=2$, grüne Kurve: $n=5$, rote Kurve: $n=10$	41
Bild 1.25:	Annahme- und Ablehnungsbereich eines linkseitigen, rechteitigen und zweiseitigen Tests für ein Signifikanzniveau α	43
Bild 1.26:	Beispielhafte Darstellung eines signifikanten Testergebnisses einer t-verteilter Testgröße	43
Bild 2.1:	Grafische Veranschaulichung einer positiven Kovarianz.....	48
Bild 2.2:	Grafische Veranschaulichung einer negativen Kovarianz	48
Bild 2.3:	Grafische Veranschaulichung unabhängiger Merkmale	49
Bild 2.4:	Grafische Veranschaulichung von Korrelationskoeffizienten.....	51
Bild 2.5:	Funktionsgraph der Fisher Z-Transformation der Korrelationswerte ..	53

Bild 3.1:	Planungssystem lt. ÖNORM B 1801-1:2009	64
Bild 3.2:	Kostentrichter – Kostentoleranzen (in Anlehnung an <i>Lechner/Liebenau</i>)	65
Bild 3.3:	Grob- und Detailkalkulation der Stahlbetonarbeiten [in Anlehnung an <i>Hofstadler</i>]	68
Bild 3.4:	Darstellung der Einflussfaktoren auf Aufwandswerte - Beispiel Scharbeiten [<i>Hofstadler</i>]	71
Bild 3.5:	Aufwandswerte - Differenzierungen [in Anlehnung an <i>Hofstadler</i>]	71
Bild 3.6:	Scharbeiten - Beispiel einer Gerätekostenmatrix [<i>Hofstadler</i>]	75
Bild 3.7:	Verteilungsfunktionen der Addition zweier Größen in Abhängigkeit von verschiedenen Korrelationen	92
Bild 3.8:	Verteilungsfunktionen der Subtraktion zweier Größen in Abhängigkeit von verschiedenen Korrelationen	92
Bild 3.9:	Verteilungsfunktionen der Multiplikation zweier Größen in Abhängigkeit von verschiedenen Korrelationen	93
Bild 3.10:	Verteilungsfunktionen der Division zweier Größen in Abhängigkeit von verschiedenen Korrelationen	93
Bild 4.1:	Grundrissformen der Expertenbefragung für Deckenschalarbeiten....	94
Bild 4.2:	Auszug aus dem Fragebogen zu Deckenschalarbeiten von <i>Hofstadler</i>	95
Bild 4.3:	Grundrissformen der Expertenbefragung für Bewehrungsarbeiten	96
Bild 4.4:	Auszug aus dem Fragebogen zu Bewehrungsarbeiten von <i>Hofstadler</i>	97
Bild 4.5:	Darstellung des Testergebnisses der punktbiserialen Korrelation zwischen den AW für das Ein- und Ausschalen der einfachen und mittleren Grundrissklasse	104
Bild 4.6:	Grafische Veranschaulichung der Korrelationen zwischen den Aufwandswerten für Deckenschalarbeiten bei rechteckigen und runden Stützen, getrennt nach Grundrissklassen.....	112

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1.1:	Gegenüberstellung der vier wichtigsten Skalentypen	7
Tabelle 2.1:	Übersicht der bivariaten Korrelationsarten	46
Tabelle 2.2:	Beispielhafte Darstellungen einer 2 x 2-Tabelle zur Berechnung des Φ -Koeffizienten [in Anlehnung an <i>Bortz, Schuster</i>].....	55
Tabelle 2.3:	Daten aus der Erhebung eines Monats für 10 produzierte Produkte eines Unternehmens	60
Tabelle 2.4:	erweiterte Wertetabelle für das Produkt-Beispiel – $x^{(i)}_m$ steht für Mittelwert $x(i)$, $i = 1$ bis 3.....	61
Tabelle 3.1:	Projektphasen - Kosten - Gliederungsebenen.....	64
Tabelle 3.2:	Abhängigkeiten zwischen den Ausgangsgrößen bei der Grobkalkulation der Baukosten für Stahlbetonarbeiten	78
Tabelle 3.3:	Darstellung der Abhängigkeiten zwischen den Ausgangsgrößen bei der Grobkalkulation der Baukosten für Stahlbetonarbeiten in Matrixform	80
Tabelle 3.4:	Abhängigkeiten zwischen den Ausgangsgrößen bei der Detailkalkulation der Baukosten für Stahlbetonarbeiten	83
Tabelle 3.5:	Einfluss der Komplexität des Bauwerks auf die Ausgangsgrößen der Grobkalkulation der Baukosten für Stahlbetonarbeiten	87
Tabelle 3.6:	Einfluss der Komplexität des Bauwerks auf die Ausgangsgrößen der Detailkalkulation der Baukosten für Stahlbetonarbeiten	87
Tabelle 3.7:	Abhängigkeiten zwischen den Berechnungsgrößen des Gesamtaufwandswertes	88
Tabelle 3.8:	Einteilung der Korrelationen in Kategorien nach <i>Chau</i>	90
Tabelle 3.9:	Einfluss von Korrelationen auf die Streuung von mittels Rechenoperationen gekoppelten Größen.....	91
Tabelle 4.1:	Auswertung der Expertenbefragung zu Deckenschalarbeiten – Grundrissform 1, rechteckige Stützen	96
Tabelle 4.2:	Auswertung der Expertenbefragung zu Deckenschalarbeiten - Grundrissform 1, runde Stützen	96
Tabelle 4.3:	Beispielhafte Darstellung der Datenauswertung der Expertenbefragung zu Bewehrungsarbeiten – Stabstahl $\varnothing 10$	99
Tabelle 4.4:	Beispielhafte Darstellung der Datenauswertung der Expertenbefragung zu Bewehrungsarbeiten – Mattenstahl AQ 55	100
Tabelle 4.5:	Ausgewertete Daten der Expertenbefragung – Aufwandswerte bei Deckenschalarbeiten – rechteckige Stützen.....	102
Tabelle 4.6:	Ausgewertete Daten der Expertenbefragung – Aufwandswerte bei Deckenschalarbeiten – runde Stützen.....	102
Tabelle 4.7:	Aufwandswerte für das Ein- und Ausschalen der Grundrissformen 1 bis 5 bei rechteckigen Stützen.....	103
Tabelle 4.8:	Aufwandswerte für das Ein- und Ausschalen der Grundrissformen 1, 2, 6 u. 7 bei rechteckigen Stützen	104
Tabelle 4.9:	Aufwandswerte für das Ein- und Ausschalen der Grundrissformen 3 bis 7 bei rechteckigen Stützen.....	105
Tabelle 4.10:	Aufwandswerte für das Ein- und Ausschalen der Grundrissformen 1 bis 7 bei runden Stützen.....	107

Tabelle 4.11: Gegenüberstellung der punktbiserialen Korrelationen zwischen den verschiedenen Grundrissklassen, getrennt für rechteckige und runde Stützen	108
Tabelle 4.12: Daten für die Ermittlung der Produkt-Moment-Korrelation der einfachen Grundrissklasse	109
Tabelle 4.13: Daten für die Ermittlung der Produkt-Moment-Korrelation der mittleren Grundrissklasse	110
Tabelle 4.14: Daten für die Ermittlung der Produkt-Moment-Korrelation der komplexen Grundrissklasse	111
Tabelle 4.15: Daten für die Ermittlung der Rangkorrelation der einfachen Grundrissklasse	114
Tabelle 4.16: Daten für die Ermittlung der Rangkorrelation der mittleren Grundrissklasse	117
Tabelle 4.17: Daten für die Ermittlung der Rangkorrelation der komplexen Grundrissklasse	119
Tabelle 4.18: Zusammenfassung der Ergebnisse für die Produkt-Moment-Korrelationen und Rangkorrelationen zwischen den Aufwandswerten für Deckenschalarbeiten bei rechteckigen und runden Stützen der einzelnen Grundrissklassen	120
Tabelle 4.19: Aufwandswerte für Bewehrungsarbeiten der Grundrissklassen „0“ und „1“ für Stabstahl \varnothing 8 und Bewehrungsgrad BW _g 50	122
Tabelle 4.20: Korrelationen zwischen den Aufwandswerten der einzelnen Grundrissklassen, getrennt nach Bewehrungsgraden sowie Stab- und Mattenstählen	124
Tabelle 4.21: Aufwandswerte für Bewehrungsarbeiten der Grundrissklasse „0“ für Stabstahl \varnothing 8 und Bewehrungsgrad BW _g 50 bzw. BW _g 150	126
Tabelle 4.22: Korrelationen zwischen den Aufwandswerten für Bewehrungsarbeiten derselben Grundrissklassen, aber unterschiedlichen Bewehrungsgraden, getrennt nach Stab- und Mattenstählen	127
Tabelle 4.23: Vorschläge für Korrelationen zwischen den Aufwandswerten für Bewehrungsarbeiten unterschiedlicher Bewehrungsgrade der einzelnen Stab- bzw. Mattenstähle und unabhängig von der Grundrissklasse	129
Tabelle 4.24: Aufwandswerte für Deckenschalarbeiten bei rechteckigen Stützen und Aufwandswerte für Bewehrungsarbeiten für den Stabstahl \varnothing 8 bei Bewehrungsgrad BW _g 50 und BW _g 100 für jeweils die einfache Grundrissklasse	131
Tabelle 4.25: Korrelationen zwischen den Aufwandswerten für Deckenschalarbeiten bei rechteckigen Stützen und den Aufwandswerten für Bewehrungsarbeiten bei unterschiedlichen Bewehrungsgraden für die einzelnen Grundrissklassen, getrennt nach Stab- und Mattenstählen	133
Tabelle 4.26: Korrelationen zwischen den Aufwandswerten für Deckenschalarbeiten bei runden Stützen und den Aufwandswerten für Bewehrungsarbeiten bei unterschiedlichen Bewehrungsgraden für die einzelnen Grundrissklassen, getrennt nach Stab- und Mattenstählen	133
Tabelle 5.1: Gegenüberstellung der vier wichtigsten Skalentypen	136
Tabelle 5.2: Einteilung der Korrelationen in Kategorien nach <i>Chau</i>	137

Abkürzungsverzeichnis

A

AW	Aufandswert [Std/EH]
AW_{BT,D,i}	Aufandswert - Betonarbeiten für Decken [Std/m ³]
AW_{BT,FU,i}	Aufandswert - Betonarbeiten für Fundamente [Std/m ³]
AW_{BT,MW}	Mittlerer Aufandswert für die Betonarbeiten [Std/m ³]
AW_{BT,SO,i}	Aufandswert - Betonarbeiten für sonstige Bauteile [Std/m ³]
AW_{BT,ST,i}	Aufandswert - Betonarbeiten für Stützen [Std/m ³]
AW_{BT,WD,i}	Aufandswert - Betonarbeiten für Wände [Std/m ³]
AW_{BW,D,i}	Aufandswert - Bewehrungsarbeiten für Decken [Std/t]
AW_{BW,FU,i}	Aufandswert - Bewehrungsarbeiten für Fundamente [Std/t]
AW_{BW,MW}	Mittlerer Aufandswert für die Bewehrungsarbeiten [Std/t]
AW_{BW,SO,i}	Aufandswert - Bewehrungsarbeiten für sonstige Bauteile [Std/t]
AW_{BW,ST,i}	Aufandswert - Bewehrungsarbeiten für Stützen [Std/t]
AW_{BW,WD,i}	Aufandswert - Bewehrungsarbeiten für Wände [Std/t]
AW_{S,D,i}	Aufandswert - Scharbeiten für Decken [Std/m ²]
AW_{S,FU,i}	Aufandswert - Scharbeiten für Fundamente [Std/m ²]
AW_{S,MW}	Mittlerer Aufandswert für die Scharbeiten [Std/m ²]
AW_{S,SO,i}	Aufandswert - Scharbeiten für sonstige Bauteile [Std/m ²]
AW_{S,ST,i}	Aufandswert - Scharbeiten für Stützen [Std/m ²]
AW_{S,WD,i}	Aufandswert - Scharbeiten für Wände [Std/m ²]
AW_{STB}	Gesamt- Aufandswert der Stahlbetonarbeiten [Std/m ³]
AW_{STB,MW}	Mittelwert des Aufandswertes der Stahlbetonarbeiten [Std/m ³]

B

B(α_1, α_2)	Beta-Funktion mit den Parametern α_1 und α_2
B(n,p)	Binomialverteilung mit den Parametern n und p
BGF	Brutto-Grundfläche
BGK	Baustellengemeinkosten
BKI	Baukosteninformationszentrum Deutscher Architektenkammern GmbH
BRI	Brutto-Rauminhalt
BT	Beton
BT_{M,bwk}	Betonmenge für das gesamte Bauwerk [m ³]
BT_{M,D,i}	Betonmenge - Decken [m ³]
BT_{M,FU,i}	Betonmenge - Fundamente [m ³]
BT_{M,SO,i}	Betonmenge – Sonstige Bauteile [m ³]
BT_{M,ST,i}	Betonmenge - Stützen [m ³]
BT_{M,WD,i}	Betonmenge - Wände [m ³]

BW	Bewehrung
BW_g	Bewehrungsgrad
bw_{g,bwk}	Bewehrungsgrad des Bauwerks [t/m^3]
BW_{M,bwk}	Gesamt-Bewehrungsmenge des Bauwerks [t]
BW_{M,D,i}	Bewehrungsmenge - Decken [t]
BW_{M,FU,i}	Bewehrungsmenge - Fundamente [t]
BW_{M,SO,i}	Bewehrungsmenge – Sonstige Bauteile [t]
BW_{M,ST,i}	Bewehrungsmenge - Stützen [t]
BW_{M,WD,i}	Bewehrungsmenge - Wände [t]
bwk	Bauwerk
C	
$X^2(n)$	Chi-Quadrat-Verteilung mit n Freiheitsgraden
D	
∅	Durchmesser
D(a,b,c)	Dreiecksverteilung mit den Parametern a, b und c
d_i	Differenz der Rangplätze des i-ten Untersuchungsobjektes bzgl. zweier Merkmale
E	
€	Euro
E1 – E19	Experten 1 bis 19
EH	Einheit
e_m	Mittlere lineare Abweichung
F	
F(X)	Verteilungsfunktion
f(X)	Dichtefunktion
G	
G1 – G8	Grundrissformen 1 bis 8
Ge(p)	Geometrische Verteilung mit dem Parameter p
Ges.	Gesamt
Glg.	Gleichung
H	
H₀	Nullhypothese
H₁	Alternativhypothese

H_j	Absolute Häufigkeit
h_j	Relative bzw. prozentuelle Häufigkeit
HGe(n,M,N)	Hypergeometrische Verteilung mit den Parametern n, M und N

I

IQR	Interquartilbereich
------------	---------------------

K

K₀	Einfache Grundrissklasse
K₁	Mittlere Grundrissklasse
K₂	Komplexe Grundrissklasse
K_{STB,EK}	Stahlbetoneinzelkosten [€]
K_{STB,HK}	Herstellkosten für Stahlbeton [€]
K_{STB,HK,PF}	Herstellkosten für Stahlbeton inklusive Puffer [€]
k_{BT,MW}	Mittlere Geräte- und Materialkosten für den Beton [€/m ³]
k_{BW,MW}	Mittlere Bewehrungskosten [€/t]
k_{S,MW}	Mittlere Schalungskosten [€/m ²]
k_{STB,MW}	Mittelwert für die Geräte- und Materialkosten für Stahlbeton [€/m ³]

L

LG	Leistungsgruppe
Log(α,β)	Logistische Verteilung mit den Parametern α und β
logLog(γ,β,α)	Log-Logistik-Verteilung mit den Parametern α, β und γ
LS_{BT}	Lohnstunden – Betonarbeiten [Std]
LS_{BW}	Lohnstunden – Bewehrungsarbeiten [Std]
LS_S	Lohnstunden – Scharbeiten [Std]

M

μ	Erwartungswert bzw. Mittelwert einer theoretischen Verteilung einer Zufallsvariablen
m²	Quadratmeter
m³	Kubikmeter
max	Maximum
min	Minimum oder Minute
ML_{BT}	Mittellohn – Betonarbeiten [€/Std]
ML_{BW}	Mittellohn – Bewehrungsarbeiten [€/Std]
ML_S	Mittellohn – Scharbeiten [€/Std]
ML_{STB,MW}	Mittelwert für den Mittellohn für Stahlbetonarbeiten [€/Std]
MW	Mittelwert

N

n	Stichprobenumfang
n₀	Anzahl der Untersuchungsobjekte der Merkmalskategorie 0
n_{0,D8,50}	Anzahl der Aufwandswerte für Bewehrungsarbeiten der Grundrissklasse 0 – Stabstahl \varnothing 8, Bewehrungsgrad 50
n_{0,D8,50,150}	Gesamtanzahl der Aufwandswerte für Bewehrungsarbeiten der Grundrissklasse 0 – Stabstahl \varnothing 8, Bewehrungsgrad 50 und 150
n_{0,D8,150}	Anzahl der Aufwandswerte für Bewehrungsarbeiten der Grundrissklasse 0 – Stabstahl \varnothing 8, Bewehrungsgrad 150
n_{0,re}	Anzahl der Aufwandswerte für Deckenscharbeiten der Grundrissklasse 0 – rechteckige Stützen
n_{0B,D8,50,100}	Anzahl der Aufwandswerte für Bewehrungsarbeiten der Grundrissklasse 0 – Stabstahl \varnothing 8, Bewehrungsgrad 50 und 100
n_{0S,re}	Anzahl der Aufwandswerte für Deckenscharbeiten der Grundrissklasse 0 – rechteckige Stützen
n_{0,SB,re,D8,50,100}	Anzahl der Aufwandswerte für Deckenscharbeiten bei rechteckigen Stützen und der Aufwandswerte für Bewehrungsarbeiten Stabstahl \varnothing 8, Bewehrungsgrad 50 und 100 jeweils für die Grundrissklasse 0
n_{0,ru}	Anzahl der Aufwandswerte für Deckenscharbeiten der Grundrissklasse 0 – runde Stützen
n_{01,D8,50}	Gesamtanzahl der Aufwandswerte für Bewehrungsarbeiten der Grundrissklassen 0 und 1 – Stabstahl \varnothing 8, Bewehrungsgrad 50
n_{01,re}	Gesamtanzahl der Aufwandswerte für Deckenscharbeiten der Grundrissklassen 0 und 1 – rechteckige Stützen
n_{01,ru}	Gesamtanzahl der Aufwandswerte für Deckenscharbeiten der Grundrissklassen 0 und 1 – runde Stützen
n_{02,re}	Gesamtanzahl der Aufwandswerte für Deckenscharbeiten der Grundrissklassen 0 und 2 – rechteckige Stützen
n_{02,ru}	Gesamtanzahl der Aufwandswerte für Deckenscharbeiten der Grundrissklassen 0 und 2 – runde Stützen
n₁	Anzahl der Untersuchungsobjekte der Merkmalskategorie 1
n_{1,D8,50}	Anzahl der Aufwandswerte für Bewehrungsarbeiten der Grundrissklasse 1 – Stabstahl \varnothing 8, Bewehrungsgrad 50
n_{1,re}	Anzahl der Aufwandswerte für Deckenscharbeiten der Grundrissklasse 1 – rechteckige Stützen
n_{1,ru}	Anzahl der Aufwandswerte für Deckenscharbeiten der Grundrissklasse 1 – runde Stützen
n_{12,re}	Gesamtanzahl der Aufwandswerte für Deckenscharbeiten der Grundrissklassen 1 und 2 – rechteckige Stützen
n_{12,ru}	Gesamtanzahl der Aufwandswerte für Deckenscharbeiten der Grundrissklassen 1 und 2 – runde Stützen
n_{2,re}	Anzahl der Aufwandswerte für Deckenscharbeiten der Grundrissklasse 1 – rechteckige Stützen
n_{2,ru}	Anzahl der Aufwandswerte für Deckenscharbeiten der Grundrissklasse 1 – runde Stützen
NB(r,p)	Negative Binomialverteilung mit den Parametern r und p
N(μ,σ)	Normalverteilung mit den Parametern μ und σ

O**ÖNORM** Österreichisches Normungsinstitut**P****Φ** Φ-Koeffizient**p** Erfolgswahrscheinlichkeit**P(min,μ,max)** PERT-Verteilung mit den Parametern Minimal-, Maximal- und Erwartungswert**P(X)** Wahrscheinlichkeitsfunktion**PERT** Program Evaluation and Review Task**Po(λ)** Poisson-Verteilung mit dem Parameter λ**PU** Puffer**PU_{STB,K}** Kostenpuffer für Stahlbetonarbeiten [%]**Q****q** Misserfolgswahrscheinlichkeit**R****r₀₁₋₂** Partielle Korrelation 1. Ordnung**r₀₁₋₂₃** Partielle Korrelation 2. Ordnung**r_{bisR}** Biseriale Rangkorrelation**r_{pb}** Punktbiseriale Korrelation**r_{pb,0,08,50,150}** Punktbiseriale Korrelation zwischen Aufwandswerten für Bewehrungsarbeiten – Grundrissklasse 0 – Stabstahl ø 8, Bewehrungsgrad 50 und 150**r_{pb,0,SB,re,08,50,100}** Punktbiseriale Korrelation zwischen den Aufwandswerten für Deckenschalarbeiten bei rechteckigen Stützen und den Aufwandswerten für Bewehrungsarbeiten für den Stabstahl ø 8, Bewehrungsgrad 50 und 100 jeweils der Grundrissklasse 0**r_{pb,01,08,50}** Punktbiseriale Korrelation zwischen Aufwandswerten für Bewehrungsarbeiten – Grundrissklassen 0 und 1 – Stabstahl ø 8, Bewehrungsgrad 50**r_{pb,01,re}** Punktbiseriale Korrelation zwischen Aufwandswerten bei Deckenschalarbeiten – Grundrissklassen 0 und 1 – rechteckige Stützen**r_{pb,01,ru}** Punktbiseriale Korrelation zwischen Aufwandswerten bei Deckenschalarbeiten – Grundrissklassen 0 und 1 – runde Stützen**r_{pb,02,re}** Punktbiseriale Korrelation zwischen Aufwandswerten bei Deckenschalarbeiten – Grundrissklassen 0 und 2 – rechteckige Stützen**r_{pb,02,ru}** Punktbiseriale Korrelation zwischen Aufwandswerten bei Deckenschalarbeiten – Grundrissklassen 0 und 2 – runde Stützen**r_{pb,12,re}** Punktbiseriale Korrelation zwischen Aufwandswerten bei Deckenschalarbeiten – Grundrissklassen 1 und 2 – rechteckige Stützen

$r_{pb_{12,ru}}$	Punktbiseriale Korrelation zwischen Aufwandswerten bei Deckenschalarbeiten – Grundrissklassen 1 und 2 – runde Stützen
$r_{pb_{mM,SB,re}}$	Mittlere punktbiseriale Korrelation zwischen den Aufwandswerten bei Deckenschalarbeiten – rechteckige Stützen – und den Aufwandswerten bei Bewehrungsarbeiten – Mattenstähe – aller Grundrissklassen
$r_{pb_{mM,SB,ru}}$	Mittlere punktbiseriale Korrelation zwischen den Aufwandswerten bei Deckenschalarbeiten – runde Stützen – und den Aufwandswerten bei Bewehrungsarbeiten – Mattenstähe – aller Grundrissklassen
$r_{pb_{mS,SB,re}}$	Mittlere punktbiseriale Korrelation zwischen den Aufwandswerten bei Deckenschalarbeiten – rechteckige Stützen – und den Aufwandswerten bei Bewehrungsarbeiten – Stabstähe – aller Grundrissklassen
$r_{pb_{mS,SB,ru}}$	Mittlere punktbiseriale Korrelation zwischen den Aufwandswerten bei Deckenschalarbeiten – runde Stützen – und den Aufwandswerten bei Bewehrungsarbeiten – Stabstähe – aller Grundrissklassen
r_s	Rangkorrelation nach Spearman
$r_{s_{0,re,ru}}$	Rangkorrelation zwischen den Aufwandswerten bei Deckenschalarbeiten bei rechteckigen und runden Stützen – Grundrissklasse 0
$r_{s_{1,re,ru}}$	Rangkorrelation zwischen den Aufwandswerten bei Deckenschalarbeiten bei rechteckigen und runden Stützen – Grundrissklasse 1
$r_{s_{2,re,ru}}$	Rangkorrelation zwischen den Aufwandswerten bei Deckenschalarbeiten bei rechteckigen und runden Stützen – Grundrissklasse 2
r_{xy}	Korrelationskoeffizient bzw. Produkt-Moment-Korrelation
$r_{x_{0,re},y_{0,ru}}$	Produkt-Moment-Korrelation zwischen den Aufwandswerten bei Deckenschalarbeiten bei rechteckigen und runden Stützen – Grundrissklasse 0
$r_{x_{1,re},y_{1,ru}}$	Produkt-Moment-Korrelation zwischen den Aufwandswerten bei Deckenschalarbeiten bei rechteckigen und runden Stützen – Grundrissklasse 1
$r_{x_{2,re},y_{2,ru}}$	Produkt-Moment-Korrelation zwischen den Aufwandswerten bei Deckenschalarbeiten bei rechteckigen und runden Stützen – Grundrissklasse 2

S

σ	Standardabweichung einer theoretischen Verteilung einer Zufallsvariablen
σ^2	Varianz einer theoretischen Verteilung einer Zufallsvariablen
S	Schalung
s	Standardabweichung
s^2	Varianz
$S_{F,bwk}$	Gesamt-Schalungsfläche des Bauwerks [m ²]
$S_{F,D,i}$	Schalungsfläche - Decken [m ²]
$S_{F,FU,i}$	Schalungsfläche - Fundamente [m ²]
$S_{F,SO,i}$	Schalungsfläche – Sonstige Bauteile [m ²]
$S_{F,ST,i}$	Schalungsfläche - Stützen [m ²]

S_{F,WD,i}	Schalungsfläche - Wände [m ²]
S_{g,bwk}	Schalungsgrad des Bauwerks [m ² /m ³]
S_x	Standardabweichung aller x-Werte
S_{x0,re}	Standardabweichung aller Aufwandswerte für Deckenschalarbeiten der Grundrissklasse 0 – rechteckige Stützen
S_{x0,ru}	Standardabweichung aller Aufwandswerte für Deckenschalarbeiten der Grundrissklasse 0 – runde Stützen
S_{x1,re}	Standardabweichung aller Aufwandswerte für Deckenschalarbeiten der Grundrissklasse 1 – rechteckige Stützen
S_{x1,ru}	Standardabweichung aller Aufwandswerte für Deckenschalarbeiten der Grundrissklasse 1 – runde Stützen
S_{x2,re}	Standardabweichung aller Aufwandswerte für Deckenschalarbeiten der Grundrissklasse 2 – rechteckige Stützen
S_{x2,ru}	Standardabweichung aller Aufwandswerte für Deckenschalarbeiten der Grundrissklasse 2 – runde Stützen
S_{xy}	Kovarianz
S_{x0,re,y0,ru}	Kovarianz zwischen Aufwandswerten bei Deckenschalarbeiten der Grundrissklasse 0 zwischen rechteckigen und runden Stützen
S_{x1,re,y1,ru}	Kovarianz zwischen Aufwandswerten bei Deckenschalarbeiten der Grundrissklasse 1 zwischen rechteckigen und runden Stützen
S_{x2,re,y2,ru}	Kovarianz zwischen Aufwandswerten bei Deckenschalarbeiten der Grundrissklasse 2 zwischen rechteckigen und runden Stützen
S_y	Standardabweichung aller y-Werte
S_{y0,D8,50,150}	Standardabweichung der Aufwandswerte für Bewehrungsarbeiten der Grundrissklasse 0 – Stabstahl \varnothing 8, Bewehrungsgrad 50 und 150
S_{y0,S,re,B,D8,50,100}	Standardabweichung der Aufwandswerte für Deckenschalarbeiten bei rechteckigen Stützen und der Aufwandswerte für Bewehrungsarbeiten für den Stabstahl \varnothing 8, Bewehrungsgrad 50 und 100 jeweils für die Grundrissklasse 0
S_{y01,D8,50}	Standardabweichung der Aufwandswerte für Bewehrungsarbeiten der Grundrissklassen 0 und 1 – Stabstahl \varnothing 8, Bewehrungsgrad 50
S_{y01,re}	Standardabweichung der Aufwandswerte für Deckenschalarbeiten der Grundrissklassen 0 und 1 – rechteckige Stützen
S_{y01,ru}	Standardabweichung der Aufwandswerte für Deckenschalarbeiten der Grundrissklassen 0 und 1 – runde Stützen
S_{y02,re}	Standardabweichung der Aufwandswerte für Deckenschalarbeiten der Grundrissklassen 0 und 2 – rechteckige Stützen
S_{y02,ru}	Standardabweichung der Aufwandswerte für Deckenschalarbeiten der Grundrissklassen 0 und 2 – runde Stützen
S_{y12,re}	Standardabweichung der Aufwandswerte für Deckenschalarbeiten der Grundrissklassen 1 und 2 – rechteckige Stützen
S_{y12,ru}	Standardabweichung der Aufwandswerte für Deckenschalarbeiten der Grundrissklassen 1 und 2 – runde Stützen
sr_j	Semipartielle Korrelation
ST.	Stützen

STB	Stahlbeton
Std	Stunden, Einheit für Lohnstunde(n)
Stk	Stück
T	
t	Tonne (Einheit) oder Testgröße
t_{0,D8,50,150}	Testgröße der punktbiserialen Korrelation bei Bewehrungsarbeiten zwischen Bewehrungsgrad 50 und 150 – Grundrissklasse 0 – Stabstahl \varnothing 8,
t_{0,SB,re,D8,50,100}	Testgröße der punktbiserialen Korrelation zwischen Deckenscharbeiten – rechteckige Stützen – und Bewehrungsarbeiten – Stabstahl \varnothing 8, Bewehrungsgrad 50 und 100 – der Grundrissklasse 0
t_{0,re,ru}	Testgröße der Produkt-Moment-Korrelation bei Deckenscharbeiten der Grundrissklasse 0 – rechteckige und runde Stützen
t_{01,D8,50}	Testgröße der punktbiserialen Korrelation bei Bewehrungsarbeiten zwischen den Grundrissklassen 0 und 1 – Stabstahl \varnothing 8, Bewehrungsgrad 50
t_{01,re}	Testgröße der punktbiserialen Korrelation bei Deckenscharbeiten zwischen den Grundrissklassen 0 und 1 – rechteckige Stützen
t_{01,ru}	Testgröße der punktbiserialen Korrelation bei Deckenscharbeiten zwischen den Grundrissklassen 0 und 1 – runde Stützen
t_{02,re}	Testgröße der punktbiserialen Korrelation bei Deckenscharbeiten zwischen den Grundrissklassen 0 und 2 – rechteckige Stützen
t_{02,ru}	Testgröße der punktbiserialen Korrelation bei Deckenscharbeiten zwischen den Grundrissklassen 0 und 2 – runde Stützen
t_{1,re,ru}	Testgröße der Produkt-Moment-Korrelation bei Deckenscharbeiten der Grundrissklasse 1 – rechteckige und runde Stützen
t_{12,re}	Testgröße der punktbiserialen Korrelation bei Deckenscharbeiten zwischen den Grundrissklassen 1 und 2 – rechteckige Stützen
t_{12,ru}	Testgröße der punktbiserialen Korrelation bei Deckenscharbeiten zwischen den Grundrissklassen 1 und 2 – runde Stützen
t_{1-α/2(n-2)}	Oberer kritischer t-Wert für ein Signifikanzniveau α mit n-2 Freiheitsgraden – zweiseitiger Test
t_{2,re,ru}	Testgröße der Produkt-Moment-Korrelation bei Deckenscharbeiten der Grundrissklasse 2 – rechteckige und runde Stützen
t_{α/2(n-2)}	Unterer kritischer t-Wert für ein Signifikanzniveau α mit n-2 Freiheitsgraden – zweiseitiger Test
t_{s,0,re,ru}	Testgröße der Rangkorrelation bei Deckenscharbeiten der Grundrissklasse 0 – rechteckige und runde Stützen
t_{s,1,re,ru}	Testgröße der Rangkorrelation bei Deckenscharbeiten der Grundrissklasse 1 – rechteckige und runde Stützen
t_{s,2,re,ru}	Testgröße der Rangkorrelation bei Deckenscharbeiten der Grundrissklasse 2 – rechteckige und runde Stützen
t(n)	Student-t-Verteilung mit n Freiheitsgraden
U	
ULG	Unterleistungsgruppe

X

x_{\max}	Maximaler Stichprobenwert
x_{\min}	Minimaler Stichprobenwert
x_p	Quantil einer Stichprobe
\bar{x}	Arithmetisches Mittel
$\bar{x}_{1/2}$	Median
\bar{x}_g	Geometrisches Mittel
\bar{x}_h	Harmonisches Mittel

Y

\bar{y}_i	Durchschnittliche Ausprägung der Werte der Merkmalskategorie i
$\bar{y}_{0,D8,50}$	Mittelwert der Aufwandswerte für Bewehrungsarbeiten der Grundrissklasse 0 – Stabstahl \varnothing 8, Bewehrungsgrad 50
$\bar{y}_{0,D8,150}$	Mittelwert der Aufwandswerte für Bewehrungsarbeiten der Grundrissklasse 0 – Stabstahl \varnothing 8, Bewehrungsgrad 150
$\bar{y}_{1,D8,50}$	Mittelwert der Aufwandswerte für Bewehrungsarbeiten der Grundrissklasse 1 – Stabstahl \varnothing 8, Bewehrungsgrad 50
$\bar{y}_{0,re}$	Mittelwert der Aufwandswerte für Deckenschalarbeiten der Grundrissklasse 0 – rechteckige Stützen
$\bar{y}_{0,ru}$	Mittelwert der Aufwandswerte für Deckenschalarbeiten der Grundrissklasse 0 – runde Stützen
$\bar{y}_{0B,D8,50,100}$	Mittelwert der Aufwandswerte für Bewehrungsarbeiten der Grundrissklasse 0 – Stabstahl \varnothing 8, Bewehrungsgrad 50 und 100
$\bar{y}_{0S,re}$	Mittelwert der Aufwandswerte für Deckenschalarbeiten der Grundrissklasse 0 – rechteckige Stützen
$\bar{y}_{1,re}$	Mittelwert der Aufwandswerte für Deckenschalarbeiten der Grundrissklasse 1 – rechteckige Stützen
$\bar{y}_{1,ru}$	Mittelwert der Aufwandswerte für Deckenschalarbeiten der Grundrissklasse 1 – runde Stützen
$\bar{y}_{2,re}$	Mittelwert der Aufwandswerte für Deckenschalarbeiten der Grundrissklasse 2 – rechteckige Stützen
$\bar{y}_{2,ru}$	Mittelwert der Aufwandswerte für Deckenschalarbeiten der Grundrissklasse 2 – runde Stützen

Z

Z	Fisher Z-Wert
\bar{z}	Durchschnittlicher Z-Wert
ZU_{BGK}	Prozentueller Zuschlag für die Baustellengemeinkosten auf die Stahlbetoneinzelkosten [%]

0 Einleitung

In der Wissenschaft, in der Technik und auch im Alltag ergibt sich immer wieder die Frage, wie eine Größe von anderen Größen abhängt und wie stark bzw. eng die Zusammenhänge sind.¹

Die Korrelation stellt dabei ein mathematisches Maß dar, welches die Stärke bzw. Enge eines Zusammenhangs zwischen zwei Größen (Merkmalen) charakterisiert.²

Stahel betrachtete beispielsweise den Zusammenhang zwischen der Erschütterung an einem bestimmten Ort und der Distanz infolge verschiedener Sprengladungen beim Bau eines Straßentunnels. Dabei weist er auf die Problematik hin, dass sich die Sprengsituation und das Untergrundmaterial zwischen den beiden Messpunkten nicht genau erfassen lassen, weshalb diese beiden Größen nicht in der Berechnung berücksichtigt werden können. Tatsächlich beeinflussen sie jedoch die Erschütterung an einem bestimmten Ort.³

Chau befasste sich ebenfalls mit Korrelationen. Er berechnete beispielsweise Rangkorrelationen für die Kostenkomponenten von Elektroarbeiten und schlug in weiterer Folge vor, die Korrelationen in Kategorien einzuteilen.⁴

Aber nicht nur im Tunnelbau und für die Berechnung der Kosten von Elektroarbeiten sind Zusammenhangsstärken zwischen einzelnen Parametern von Interesse. In den letzten Jahren bestehen in der Baubranche immer mehr Bestrebungen dahingehend, eine „genauere“ Ermittlung der Baukosten in den einzelnen Projektphasen zu erhalten. Ein Grund dafür ist nicht zuletzt die schlechter werdende Wirtschaftslage. Das Problem der bis dato zumeist eingesetzten, deterministischen Berechnungsmethoden liegt darin, dass es nicht möglich ist, Unsicherheiten in die Berechnung einfließen zu lassen. Dies ist bei der sogenannten ‚Monte-Carlo-Methode‘ nicht der Fall. Bei der Monte-Carlo-Methode können sowohl die Unsicherheiten als auch die Zusammenhangsstärken zwischen den einzelnen Parametern bei der Ermittlung der Baukosten berücksichtigt werden.⁵

¹ Vgl. STAHEL, W.: Lineare Regression. <http://stat.ethz.ch/~stahel/courses/regression/reg-intro.pdf>. Datum des Zugriffs: 08.01.2011 S. 1

² Vgl. BORTZ, J.; SCHUSTER, C.: Statistik für Human- und Sozialwissenschaftler - 7. Auflage. S. 153

³ Vgl. STAHEL, W.: Lineare Regression. <http://stat.ethz.ch/~stahel/courses/regression/reg-intro.pdf>. Datum des Zugriffs: 08.01.2011 S. 1f

⁴ Vgl. CHAU, K. W.: Monte Carlo simulation of construction costs using subjective data. In: Construction Management and Economics 09/1995. S. 370ff

⁵ Vgl. KUMMER, M. K.: Einsatz der Monte-Carlo Simulation zur Berechnung von Baukosten und Bauzeit. Masterarbeit. S. 3

Eine ‚exakte‘ Ermittlung der Baukosten ist dadurch jedoch nicht möglich. Es handelt sich weiterhin nur um eine Abschätzung der tatsächlichen Kosten. Auch *Raaber*⁶ schreibt dazu, dass die verbreitete Vorstellung, es gäbe eine einigermaßen ‚exakte‘ Baupreisermittlung, falsch ist und in der Regel nur eine Abschätzung der zukünftigen Kosten angestellt werden kann.

Welchen Einfluss Korrelationen auf die Ergebnisse der Addition, Subtraktion, Multiplikation bzw. Division zweier Eingangsparameter haben, untersuchte *Kummer*⁷ in seiner Masterarbeit. Er kam dabei zu der Erkenntnis, dass sich die Korrelation bei allen vier Rechenoperationen auf die Streuung der Ergebnisse auswirkt. Dieses Resultat ist ebenfalls ein Indiz dafür, wie wichtig die Berücksichtigung von Korrelationen bei der Ermittlung der Baukosten ist, damit eine möglichst ‚exakte‘ Abschätzung der Kosten vorgenommen werden kann.

Das Problem besteht derzeit allerdings darin, dass in der Literatur nur sehr wenige und allgemein formulierte Angaben über Korrelationen bei der Ermittlung der Baukosten, speziell bei der Ermittlung der Herstellkosten bei Stahlbetonarbeiten, zu finden sind.

Ziel der Arbeit ist es demnach, nicht nur Abhängigkeiten zwischen den Parametern zur Ermittlung der Baukosten bei Stahlbetonarbeiten herauszufiltern, sondern auch konkret einige Korrelationen zwischen vorliegenden Aufwandswerten bei Schal- und Bewehrungsarbeiten zu berechnen. Die vorliegenden Daten über die Aufwandswerte stammen aus den, von *Hofstadler* an der Technischen Universität Graz durchgeführten, Expertenbefragungen. Des Weiteren soll erörtert werden, ob die Komplexität des Bauwerks bzw. die Grundrissform einen Einfluss auf die Zusammenhangsstärken hat und wie sich dieser auswirkt.

Zu Beginn der Arbeit werden daher jene mathematischen Grundlagen behandelt, die in weiterer Folge für die Definitionen der speziellen Korrelationskoeffizienten sowie für deren Berechnung benötigt werden. Unter anderem werden jene vier Skalenniveaus beschrieben, denen Messwerte zugeordnet werden können.

Die zugrunde liegenden Skalenniveaus der beiden zu vergleichenden Merkmale sind ausschlaggebend dafür, welcher spezielle Korrelationskoeffizient für die Berechnung der Zusammenhangsstärke herangezogen

⁶ Vgl. RAABER, N.: Schriftenreihe des Instituts für Baubetrieb und Bauwirtschaft - Heft 15. Beitrag zu Ausschreibung und Vergabe von Bauleistungen. S. 163

⁷ Vgl. KUMMER, M. K.: Einsatz der Monte-Carlo Simulation zur Berechnung von Baukosten und Bauzeit. Masterarbeit. S. 51ff

werden muss. Im zweiten Kapitel folgen daher die Definitionen, Einsatzgebiete, Berechnungsgleichungen und Eigenschaften der verschiedenen Korrelationskoeffizienten.

Darauf aufbauend werden Vermutungen angestellt, zwischen welchen Eingangsgrößen bei der Ermittlung der Herstellkosten bei Stahlbetonarbeiten Zusammenhänge bestehen könnten. Die Betrachtungen erfolgen dabei getrennt nach Grob- und Detailkalkulation. Außerdem wird auf die lt. Literatur üblichen Korrelationen bei Stahlbetonarbeiten und die Auswirkungen von Korrelationen auf Berechnungen eingegangen.

Den Abschluss bilden die Berechnungen der Korrelationen zwischen den Aufwandswerten für Schal- und Bewehrungsarbeiten anhand der von *Hofstadler* an der Technischen Universität Graz durchgeführten Expertenbefragungen und die Interpretation der Ergebnisse.

1 Mathematische Grundlagen

In diesem Kapitel werden die wichtigsten mathematischen Grundbegriffe und Kenngrößen beschrieben, die für die anschließenden Kapitel von großer Bedeutung sind.

Die mathematischen Grundlagen, die im Folgenden genauer betrachtet werden, stammen in erster Linie aus dem Bereich der Stochastik. Der Begriff Stochastik umfasst heutzutage die Unterbegriffe Wahrscheinlichkeitstheorie und Statistik. Die Ursprünge der Stochastik als Wissenschaft liegen etwa um 1630 und gehen auf das Glücksspiel zurück.⁸

Die Wahrscheinlichkeitstheorie beschäftigt sich mit Wahrscheinlichkeitsgesetzen sowie dem Studium wahrscheinlichkeitstheoretischer Modelle, die Statistik mit der Analyse und Modellierung von Datenstrukturen.⁹

Für die Analyse und Modellierung von Datenstrukturen sind vor allem die messbaren Eigenschaften, das heißt die Merkmale der Objekte und Untersuchungsgegenstände, von großem Interesse. Einige Merkmale von Objekten wie beispielsweise Größe, Gewicht oder Mengen lassen sich dabei relativ leicht messen, währenddessen sich die quantitative Erfassung komplexer Eigenschaften wie z. B. Antriebsverhalten und Belastbarkeit von Menschen oder die Komplexität eines Bauwerks, deutlich schwieriger gestaltet.¹⁰

Einen Wert bzw. eine Eigenschaft, die ein Merkmal annehmen kann, nennt man **Merkmalsausprägung**. Können die Merkmalsausprägungen durch Zahlen dargestellt werden, sind sie **quantitativer Art**, andernfalls **qualitativer Art**. Die quantitativen Merkmalsausprägungen werden noch in **stetige** und **diskrete** Ausprägungen unterschieden. Stetige Ausprägungen können jeden beliebigen Wert eines bestimmten Intervalls der Menge \mathbf{R} (reelle Zahlen) annehmen, währenddessen diskrete Merkmalsausprägungen nur endlich viele Zahlenwerte, sprich nur spezielle Werte, annehmen können. Beispiele für stetige Merkmale sind Körpergröße, Gewicht, Länge usw. und für diskrete Merkmale Anzahl an Schrauben, monatliches Bruttoeinkommen, Anzahl an Arbeitern und dergleichen.¹¹

Merkmale und Merkmalsausprägungen

⁸ Vgl. BOLZE, K.; WERNER, F.: Grundlagen der Stochastik. http://num.math.uni-goettingen.de/f.werner/files/Stochastik_Skript.pdf. Datum des Zugriffs: 27.01.2012, S. 5

⁹ Vgl. BOLZE, K.; WERNER, F.: Grundlagen der Stochastik. http://num.math.uni-goettingen.de/f.werner/files/Stochastik_Skript.pdf. Datum des Zugriffs: 27.01.2012 S. 5

¹⁰ Vgl. BORTZ, J.; SCHUSTER, C.: Statistik für Human- und Sozialwissenschaftler - 7.Auflage. S. 12f

¹¹ Vgl. SCHALK, H.; STEINER, G. F.: Mathematik 2 - 3.Auflage, Nachdruck. S. 200f

Der Begriff ‚messen‘ bedeutet allgemein die Zuweisung von Zahlen zu Objekten nach bestimmten Regeln bzw. die symbolische Abbildung von Merkmalsausprägungen und ihren Beziehungen untereinander durch ein System von Zahlen. Die Messung muss außerdem strukturtreu sein. Das heißt, dass die Beziehungen zwischen den empirischen Objekten durch die Messwerte korrekt wiedergegeben werden müssen.¹²

Begriff ‚messen‘

Die Messwerte lassen sich den von S.S. Stevens beschriebenen vier Stufen des Messens, den sogenannten ‚Skalenniveaus‘ zuordnen.¹³

1.1 Skalenniveaus

Die folgenden Beschreibungen der Skalenniveaus dieses Abschnitts erfolgen in Anlehnung an Bortz, Schuster¹⁴.

1.1.1 Nominalskala

Die niedrigste Stufe des Messens stellt Messen auf dem Niveau einer Nominalskala dar. Die Skalenwerte sind nicht mit den quantitativen Ausprägungen der Objekteigenschaften verbunden. Es handelt sich dabei um ein Kategorisieren von Objekten. Die Skalenwerte der einzelnen Merkmalsausprägungen haben nur den Status von Etiketten und den Zweck, die Kategorien unterscheiden zu können.

Nominalskala

Typische Beispiele sind die Nationalität oder Religionszugehörigkeit einer Person. Beispiele aus dem Bereich der Stahlbetonarbeiten wären die Wahl der Bewehrung (Stabstahl oder Mattenstahl) bzw. des Schalungssystems oder auch die Kategorisierung in Betonfertigteil oder Ortbetonbauteil.

Die Codierung für die Wahl der Bewehrung könnte folgendermaßen aussehen: „0“ für Stabstahl und „1“ für Mattenstahl. Es wäre aber auch jede andere Zuordnung von Zahlen möglich, solange die Unterscheidung der Kategorien eindeutig bleibt.

1.1.2 Ordinalskala

Eine im Vergleich zur Nominalskala etwas höhere Stufe des Messens stellt Messen auf dem Niveau einer Ordinalskala dar. Es kann bereits

Ordinalskala

¹² Vgl. WEYERS, S.: Messung, Skalenniveaus, Gütekriterien. http://www.uni-frankfurt.de/fb04/personen/weyerss/SoSe08_MeS/10Messung_Skalenniveaus.pdf. Datum des Zugriffs: 27.01.2012

¹³ Vgl. BORTZ, J.; SCHUSTER, C.: Statistik für Human- und Sozialwissenschaftler - 7.Auflage. S. 13

¹⁴ BORTZ, J.; SCHUSTER, C.: Statistik für Human- und Sozialwissenschaftler - 7.Auflage. S. 12ff

eine Charakterisierung der zu unterscheidenden Merkmalsausprägungen in „größer“, „schneller“, „höher“ oder „attraktiver“ erfolgen.

Bei Ordinalskalen werden den Objekten Zahlen zugewiesen, die mit der quantitativen Ausprägung der Objekte in Beziehung stehen. Allerdings sind die Abstände zwischen den numerischen Skalenwerten bis auf ihr Vorzeichen willkürlich und sagen nichts über die Abstände zwischen den Objekten aus.

Ein Beispiel dafür wären Schulabschlüsse (Hauptschule, Gymnasium...). Sie können ihrer Höhe nach in eine Rangreihe (Rangordnung) gebracht und mit Zahlen versehen werden. Je höher der Abschluss ist, desto größer ist auch die zugewiesene Zahl, z. B. „1“ für Hauptschulabschluss, „2“ für Gymnasialabschluss usw. Allerdings lassen sich anhand dieser Zahlen keinerlei Aussagen über die Abstände der Schulabschlüsse machen.

Rangreihe

Den Skalenwerten einer Ordinalskala kann also nur abgelesen werden, ob ein Objekt eine höhere Merkmalsausprägung besitzt oder ob zwei Objekte eine gleich große Ausprägung besitzen.

Ein ordinalskaliertes Merkmal wäre im Bauwesen beispielsweise die Komplexität eines Gebäudes.

1.1.3 Intervallskala

Die nächsthöhere Stufe des Messens stellt Messen auf dem Niveau einer Intervallskala dar. Bei der Intervallskala ist der Abstand zweier aufeinander folgender Skalenwerte sinnvoll interpretierbar, da er konstant ist. Das bedeutet, er variiert nicht mehr von Skalenwert zu Skalenwert.

Intervallskala

Ein klassisches Beispiel für Intervallskalen sind Temperaturskalen (Grad Celsius oder Grad Fahrenheit). Für beide Skalen sind die Abstände von einem Skalenwert zum nächsten konstant und die beiden Skalen lassen sich durch einfache Formeln ineinander überführen. Sie besitzen jedoch unterschiedliche Nullpunkte (0° Celsius entspricht 32° Fahrenheit). Des Weiteren ist die Aussage, dass es am Nachmittag doppelt so warm ist wie am Vormittag, weil die Temperatur am Vormittag 5° Celsius und am Nachmittag 10° Celsius betrug, nicht zulässig. Bei der Umrechnung der beiden Temperaturwerte auf Fahrenheit ergeben sich nämlich 41° Fahrenheit bzw. 50° Fahrenheit und somit ein Verhältnis von 50:41, was nicht jenem von 10:5 entspricht.

Für intervallskalierte Merkmale sind demnach Aussagen über das Verhältnis zweier Merkmalsausprägungen nicht sinnvoll, da ihr Wahrheitsgehalt von der verwendeten Skala abhängt.

1.1.4 Verhältnisskala

Die höchste Stufe des Messens stellt Messen auf dem Niveau einer Verhältnisskala dar. Die Verhältnisskala besitzt im Gegensatz zur Intervallskala einen absoluten Nullpunkt, der die völlige Abwesenheit einer Eigenschaft widerspiegelt. Aus diesem Grund sind negative Werte auf einer Verhältnisskala nicht zulässig. Außerdem erlaubt die Existenz des absoluten Nullpunktes Aussagen über Größenverhältnisse. Ist ein Objekt demnach doppelt so lang wie ein anderes, so bleibt die Aussage gültig, egal in welchem Maß (Zentimeter, Meter, Zoll...) die Längen angegeben wurden.

Verhältnisskala

Typische Beispiele für Verhältnisskalen sind die klassischen physikalischen Größen wie Länge, Gewicht und Reaktionszeit, die auch im Bauwesen von großer Bedeutung sind.

Da die Verhältnisskalen genauere Messungen erlauben als Intervallskalen, sind alle mathematischen Operationen bzw. statistischen Verfahren, die für Intervallskalen gültig sind, auch für Verhältnisskalen gültig. Daher wird auf die Unterscheidung der beiden Skalen häufig verzichtet und die Merkmale, die auf diesen Skalenniveaus gemessen werden, werden als **metrische Merkmale** bezeichnet.

Metrische und nichtmetrische Merkmale

Die auf Nominal- oder Ordinalskalenniveau gemessenen Merkmale werden hingegen als **nichtmetrische** oder **kategoriale** Merkmale bezeichnet.

Abschließend sind in der Tabelle 1.1 die vier Skalenarten mit einigen typischen Beispielen aus dem Bauwesen zusammengefasst.

Zusammenfassende Darstellung der Skalenniveaus

Tabelle 1.1: Gegenüberstellung der vier wichtigsten Skalentypen¹⁵

Skalenart	Mögliche Aussagen	Beispiele
1. Nominalskala	Gleichheit Verschiedenheit	Stabstahl – Mattenstahl Schalungssysteme
2. Ordinalskala	Größer-kleiner- Relationen	Komplexität eines Gebäudes
3. Intervallskala	Gleichheit von Differenzen	Temperatur
4. Verhältnisskala	Gleichheit von Verhältnissen	Längen-, Gewichtsmessung, Aufwandswerte

¹⁵ Vgl. BORTZ, J.; SCHUSTER, C.: Statistik für Human- und Sozialwissenschaftler - 7. Auflage. S. 15

1.2 Stichprobe, Stichprobenumfang, Grundgesamtheit

Eine **Stichprobe** ist in der Regel eine zufällig ausgewählte Teilmenge der Grundgesamtheit.¹⁶

Stichprobe

Eine **Grundgesamtheit** oder **Population** kann dabei aus einer beliebigen Menge von Objekten oder Individuen bestehen, die irgendwelche gemeinsamen Merkmale aufweisen.¹⁷

Grundgesamtheit

Bei einer zufällig ausgewählten Stichprobe haben alle Elemente der Grundgesamtheit die gleiche Chance, in die Probe aufgenommen zu werden.¹⁸

Der **Stichprobenumfang** ist die Anzahl der Stichprobenelemente.¹⁹

Stichprobenumfang

1.3 Variablen – Zielgröße, Ausgangsgrößen und Drittvariablen

In der Technik, der Wissenschaft und im Alltag trifft man immer wieder auf die Fragestellung, wie die Größe, die von Interesse ist, von anderen Größen abhängt und wie stark bzw. eng der Zusammenhang ist?²⁰ Die zweite Fragestellung wird durch die Korrelation beantwortet, die Inhalt des Kapitels 2 ist.

Die „interessante“ Größe wird im Folgenden als **Zielgröße y** bezeichnet. Diese hängt über eine Funktion f von den sogenannten **Ausgangsgrößen** oder **erklärenden Variablen** $x^{(1)}, x^{(2)}, \dots, x^{(m)}$ ab, sprich von jenen Merkmalen, deren Auswirkungen auf die Zielgröße überprüft werden sollen. In einigen Büchern sind auch die Bezeichnungen abhängige Größe für die Zielgröße und unabhängige Größen für die Ausgangsgrößen zu finden. Allerdings ist diese Bezeichnung teilweise irreführend, da sie nichts mit der stochastischen Unabhängigkeit zu tun hat.²¹

Zielgröße und Ausgangsgrößen

Für die Beurteilung des Zusammenhangs können jedoch weitere Variablen, die weder zu den Zielgrößen noch zu den Ausgangsgrößen zählen, eine Rolle spielen, die sogenannten **Drittvariablen** oder auch **Kontrollvariablen bzw. Kovariaten**. Diese Variablen können miterhoben werden, um später überprüfen zu können, ob sie den

Drittvariablen

¹⁶ Vgl. BORTZ, J.; SCHUSTER, C.: Statistik für Human- und Sozialwissenschaftler - 7. Auflage. S. 80

¹⁷ Vgl. BORTZ, J.; SCHUSTER, C.: Statistik für Human- und Sozialwissenschaftler - 7. Auflage. S. 79f

¹⁸ Vgl. BORTZ, J.; SCHUSTER, C.: Statistik für Human- und Sozialwissenschaftler - 7. Auflage. S. 80f

¹⁹ Vgl. SCHALK, H.; STEINER, G. F.: Mathematik 2 - 3. Auflage, Nachdruck. S. 198

²⁰ Vgl. STAHEL, W.: Lineare Regression. <http://stat.ethz.ch/~stahel/courses/regression/reg-intro.pdf>. Datum des Zugriffs: 08.01.2011 S.2

²¹ Vgl. STAHEL, W.: Lineare Regression. <http://stat.ethz.ch/~stahel/courses/regression/reg-intro.pdf>. Datum des Zugriffs: 08.01.2011 S.2

Zusammenhang zwischen der Zielgröße und den Ausgangsgrößen bzw. den Zusammenhang zwischen Ausgangsgrößen beeinflussen.²²

Eine Elimination des Einflusses der Drittvariablen auf die Analyse des Zusammenhangs zwischen einer Zielgröße und Ausgangsgrößen bzw. zwischen Ausgangsgrößen kann durch *Konstanthalten* der Drittvariablen erfolgen.²³ Eine genauere Betrachtung dieses Themas findet im Abschnitt 2.2.7, Partielle Korrelation, statt.

1.4 Einige statistische Kennwerte

Im Folgenden werden die wesentlichsten statistischen Kenngrößen angeführt, die für die vorliegende Masterarbeit relevant sind. Die Beschreibungen dieses Abschnitts erfolgen dabei zum größten Teil wiederum in Anlehnung an *Bortz, Schuster*²⁴.

1.4.1 Lagemaße

1.4.1.1 Arithmetisches Mittel

Das arithmetische Mittel oder kurz der Mittelwert ist der bekannteste Mittelwert und stellt das gebräuchlichste Maß zur Kennzeichnung der zentralen Tendenz (des Durchschnitts) der Verteilung eines metrischen Merkmals dar. Die Berechnungsformel lautet:

Arithmetisches Mittel

$$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n}. \quad (1)$$

Das arithmetische Mittel berechnet sich demnach aus der Summe aller Werte dividiert durch die Anzahl aller Werte.

Es stellt einerseits einen sehr guten Schätzer des Zentrums einer Verteilung dar, ist aber andererseits stark beeinflussbar für Ausreißer oder Extremwerte (= ungewöhnlich hohe oder niedrige Merkmalsausprägung).

Weitere Eigenschaften des Mittelwertes sind, dass die Summe der Abweichungen vom arithmetischen Mittel immer Null ergeben muss, $\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x}) = 0$, und dass die Summe der quadrierten Abweichungen $\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2$ minimal wird.

²² Vgl. BORTZ, J.; SCHUSTER, C.: Statistik für Human- und Sozialwissenschaftler - 7. Auflage. S. 7

²³ Vgl. BORTZ, J.; SCHUSTER, C.: Statistik für Human- und Sozialwissenschaftler - 7. Auflage. S. 7

²⁴ BORTZ, J.; SCHUSTER, C.: Statistik für Human- und Sozialwissenschaftler - 7. Auflage. S. 25ff

1.4.1.2 Geometrisches Mittel

Das geometrische Mittel weist als wichtiges Anwendungsfeld durchschnittliche Wachstumsraten, wie beispielsweise durchschnittliche Umsatzsteigerungen pro Jahr oder durchschnittliche Preissteigerungen pro Jahr, auf.

Geometrisches Mittel

Es wird durch folgende Formel berechnet:

$$\bar{x}_g = \sqrt[n]{x_1 \cdot x_2 \cdot \dots \cdot x_n}. \quad (2)$$

1.4.1.3 Harmonisches Mittel

Sollen Indexpzahlen wie beispielsweise Kilometer pro Stunde, Preis pro Liter usw., gemittelt werden, wobei die Zählvariable (Kilometer, Preis) konstant bleibt, so kommt das harmonische Mittel zur Anwendung.

Harmonisches Mittel

Die Formel zur Berechnung des harmonischen Mittels lautet:

$$\bar{x}_h = \frac{n}{\sum_{i=1}^n \frac{1}{x_i}}. \quad (3)$$

1.4.1.4 Median

Der Median (oder auch Zentralwert) kennzeichnet die Mitte der Stichprobenwerte, also jene Stelle, an der 50 % der Werte kleiner und 50 % der Werte größer sind. Dazu müssen die Stichprobenwerte ihrer Größe bzw. Höhe nach geordnet vorliegen.

Median

Je nachdem, ob eine gerade oder ungerade Anzahl an Stichprobenwerten vorliegt, ergibt sich für den Median:

$$x_{1/2} = \begin{cases} x_{\frac{n}{2}+1}, & \text{falls } n \text{ ungerade,} \\ \frac{x_{\frac{n}{2}} + x_{\frac{n}{2}+1}}{2}, & \text{falls } n \text{ gerade.} \end{cases} \quad (4)$$

Der große Vorteil des Medians gegenüber dem arithmetischen Mittelwert liegt in der Robustheit gegenüber Ausreißern und Extremwerten. Diese beeinflussen den Median nicht oder nur kaum. Aus diesem Grund ist der Median dem arithmetischen Mittel vorzuziehen, wenn in einer Stichprobe Ausreißer oder Extremwerte vermutet werden.

1.4.1.5 Modalwert

Der Modalwert einer Stichprobenverteilung spiegelt den am häufigsten vorkommenden Wert wider.

Modalwert

Er weist jedoch einige Nachteile auf. Beispielsweise können zwei verschiedene Stichprobenwerte innerhalb einer Stichprobe gleich oft vorkommen. Ein weiterer Nachteil ist, dass der Modalwert über vergleichbare Stichproben hinweg sehr unterschiedliche Werte annehmen kann.

Allgemein kann abschließend erwähnt werden, dass die Lagemaße angeben, welcher Wert die Mitte bzw. das Zentrum aller Werte am besten repräsentiert.

1.4.2 Streuungsmaße

Die Streuungsmaße geben Auskunft über die Unterschiedlichkeit der Werte. Auch wenn sich die Werte zweier Stichproben hinsichtlich der Lagemaße ähneln, können die Streuungen ihrer Werte stark von einander abweichen.

Im Folgenden werden einige wichtige Streuungsmaße einschließlich ihrer Berechnungsvorschriften angeführt.

1.4.2.1 Spannweite

Die Spannweite w gibt die Differenz zwischen der größten und der kleinsten Merkmalsausprägung an.²⁵

Spannweite

1.4.2.2 Mittlere lineare Abweichung

Die mittlere lineare Abweichung e_m stellt den Durchschnitt der in Absolutbeträgen gemessenen Abweichungen aller Messwerte vom arithmetischen Mittelwert dar und wird durch folgende Formel berechnet:

Mittlere lineare Abweichung

$$e_m = \frac{\sum_{i=1}^n |x_i - \bar{x}|}{n}. \quad (5)$$

²⁵ Vgl. SCHALK, H.; STEINER, G. F.: Mathematik 2 - 3. Auflage, Nachdruck. S. 211

1.4.2.3 Varianz

Die Varianz s^2 gehört zu den wichtigsten Maßen zur Kennzeichnung der Streuung der Messwerte von metrischen Merkmalen.

Varianz

Für die Berechnung der Varianz werden die quadrierten Abstände der einzelnen Messwerte vom arithmetischen Mittelwert summiert und durch die um 1 verringerte Stichprobenanzahl dividiert.

Die Berechnungsformel für einen Stichprobenumfang n lautet daher:

$$s^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n - 1}. \tag{6}$$

1.4.2.4 Standardabweichung

Da die Varianz ein Maß widerspiegelt, dem die quadrierten Abweichungen der Messwerte vom arithmetischen Mittel zugrunde liegen, ist es nur schwer interpretierbar.

Standardabweichung

Aus diesem Grund wird die Quadrierung durch das Wurzelziehen wieder rückgängig gemacht. Dieser Wert wird als Standardabweichung s bezeichnet und folgendermaßen berechnet:

$$s = \sqrt{s^2}. \tag{7}$$

Die Standardabweichung spiegelt eine repräsentative Abweichung vom Zentrum der Verteilung wider.

1.4.2.5 Quantil, Quartil, Quintil

„Das Quantil einer Stichprobe x_p ist der Messwert, unter dem p-Prozent der Werte in der Stichprobe liegen.“²⁶

Quantil

Wird eine Stichprobe in vier gleich große Anteile zerlegt, nennt man die drei Quantile $x_{25\%}$, $x_{50\%}$ und $x_{75\%}$ Quartile.

Quartil

Analog werden jene vier Quantile $x_{20\%}$, $x_{40\%}$, $x_{60\%}$ und $x_{80\%}$, welche die Stichprobe in fünf Teile zerlegen, als Quintile bezeichnet.

Quintil

²⁶ BORTZ, J.; SCHUSTER, C.: Statistik für Human- und Sozialwissenschaftler - 7.Auflage. S. 33

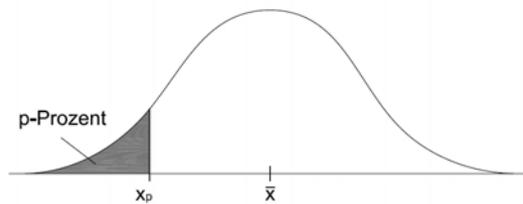


Bild 1.1: Grafische Veranschaulichung Quantil

1.5 Grafische Darstellungen von Merkmalsverteilungen

Im Folgenden werden einige grafische Darstellungsmöglichkeiten von Datenverteilungen behandelt. Es geht dabei vorrangig um Häufigkeitsverteilungen. Für die Darstellung einer aussagekräftigen Häufigkeitsverteilung ist es notwendig, Kategorien (Intervalle) zu bilden, welche die Häufigkeiten der Merkmalsverteilung sinnvoll repräsentieren. Wenn die Kategorien zu breit gewählt werden, könnten Unterschiede verdeckt werden. Umgekehrt kann eine zu enge Wahl der Kategorien dazu führen, dass eine Verteilungsform entsteht, aus der durch zufällige Irregularitäten der Verteilungstyp nur schwer zu erkennen ist. Die Kategorien sollten daher so gewählt werden, dass genügend Informationen der Rohdaten beibehalten werden und trotzdem eine Reduzierung der Rohdaten stattfindet. Die wesentlichen Eigenschaften der Verteilung müssen auf jeden Fall korrekt wiedergespiegelt werden. Dazu ist es ratsam, eine gleiche Breite für die Kategorien bzw. Intervalle zu wählen.²⁷

Häufigkeitsverteilung

Nachdem die Kategorien festgelegt sind, werden die einzelnen Stichprobenwerte den Kategorien entsprechend zugeteilt.²⁸

Die Anzahl der Stichprobenwerte, die einer Kategorie j zugeordnet sind, heißt **absolute Häufigkeit H_j** . Die **relative Häufigkeit h_j** , die den Prozentwert einer Kategorie angibt und aus diesem Grund auch **prozentuelle Häufigkeit** genannt wird, entsteht durch Division der absoluten Häufigkeit durch den Stichprobenumfang:²⁹

absolute und relative Häufigkeit

$$h_j = \frac{H_j}{n}. \tag{8}$$

²⁷ Vgl. BORTZ, J.; SCHUSTER, C.: Statistik für Human- und Sozialwissenschaftler - 7. Auflage. S. 39f

²⁸ Vgl. BORTZ, J.; SCHUSTER, C.: Statistik für Human- und Sozialwissenschaftler - 7. Auflage. S. 39

²⁹ Vgl. SCHALK, H.; STEINER, G. F.: Mathematik 2 - 3. Auflage, Nachdruck. S. 202

Als Kontrolle, ob wirklich alle Messwerte berücksichtigt wurden, ist es ratsam, die absoluten Häufigkeiten aufzuaddieren. Diese Summe muss dem Stichprobenumfang entsprechen. Dabei bezeichnet man die sukzessiv summierten Kategorienhäufigkeiten, z. B. die Summe der absoluten Häufigkeiten der Kategorien 1 - 3 (von beispielsweise gesamt 10 Kategorien), als kumulierte Häufigkeitsverteilung.³⁰

Für die grafische Veranschaulichung einer Häufigkeitsverteilung müssen die Messwerte bereits in kategorisierter Form vorliegen.

Als inhaltliche Grundlage für die folgenden Unterabschnitte dient das Buch von *Bortz, Schuster*³¹.

1.5.1 Histogramm und Polygon

Das Histogramm stellt eine Möglichkeit einer grafischen Veranschaulichung einer Häufigkeitsverteilung für metrische Merkmale dar. Auf der x-Achse werden die Kategorien und auf der y-Achse die zugehörigen absoluten Häufigkeiten abgetragen.

Histogramm

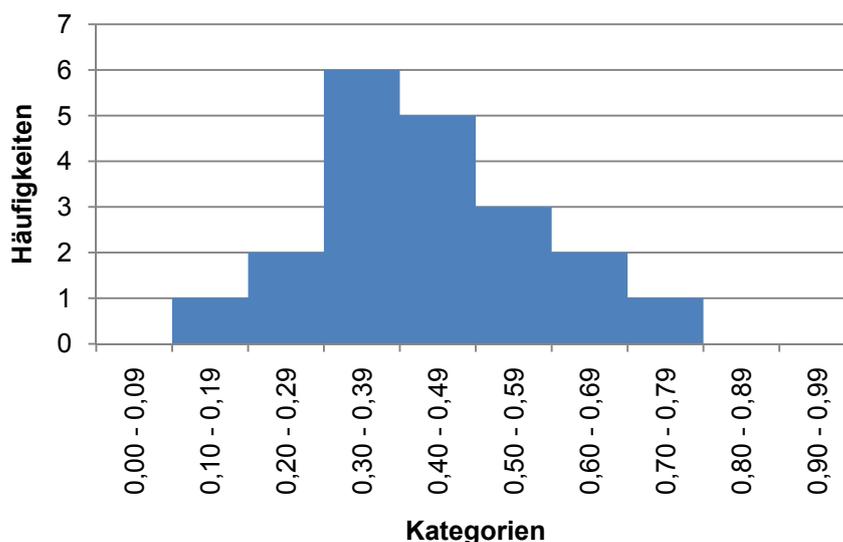


Bild 1.2: Beispielhafte Darstellung eines Histogramms

Eine Alternative zum Histogramm stellt das Polygon dar. Dabei werden die jeweils benachbarten absoluten Häufigkeiten in den zugehörigen Kategorienmitten durch eine Strecke verbunden.

Polygon

³⁰ Vgl. BORTZ, J.; SCHUSTER, C.: Statistik für Human- und Sozialwissenschaftler - 7.Auflage. S. 40

³¹ BORTZ, J.; SCHUSTER, C.: Statistik für Human- und Sozialwissenschaftler - 7.Auflage. S. 39ff

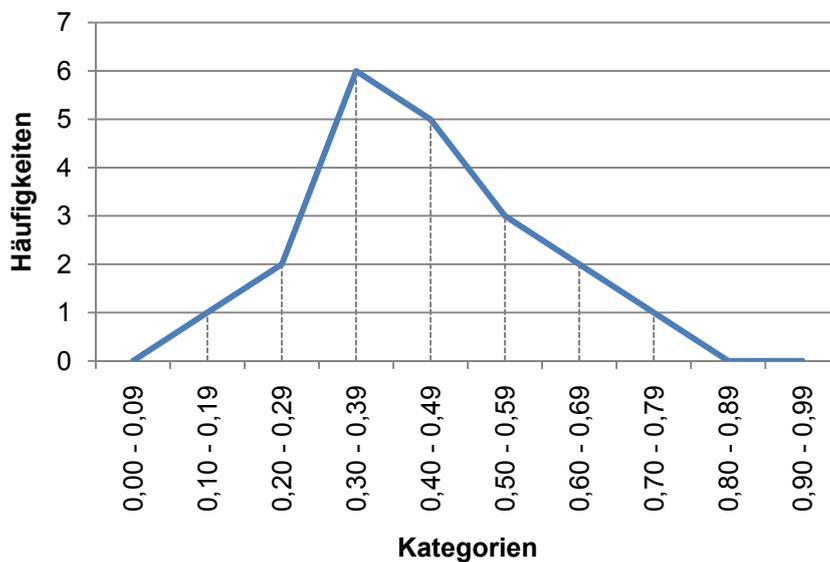


Bild 1.3: Beispielhafte Darstellung eines Polygons

Die Charakteristika einer Verteilungsform, wie beispielsweise Symmetrie - Antisymmetrie, schmalgipflig – breitgipflig, unimodal (einpigflig) – bimodal (zweipigflig), sind sowohl aus dem Histogramm als auch aus dem Polygon sehr gut ablesbar. Im Bild 1.4 sind einige prototypische Beispiele für die Charakterisierungen von Verteilungsfunktionen anhand von Dichtefunktionen stetig verteilter Merkmale dargestellt.

Charakterisierungen von Verteilungsformen

1.5.2 Balkendiagramm

Das Balkendiagramm wird häufig für die grafische Veranschaulichung einer Häufigkeitsverteilung eines nominalen Merkmals herangezogen.

Balkendiagramm

Analog zum Histogramm werden auf der x-Achse die Kategorien und auf der y-Achse die (absoluten oder relativen) Häufigkeiten abgetragen. Eine schematische Darstellung eines Balkendiagramms ist im Bild 1.5 zu sehen.

Die Anordnung der Kategorien auf der x-Achse ist bei einem Balkendiagramm willkürlich, da es sich um ein nominales Merkmal handelt. Das bedeutet, dass jede andere Anordnung der Kategorien auf der x-Achse ebenfalls zulässig ist.

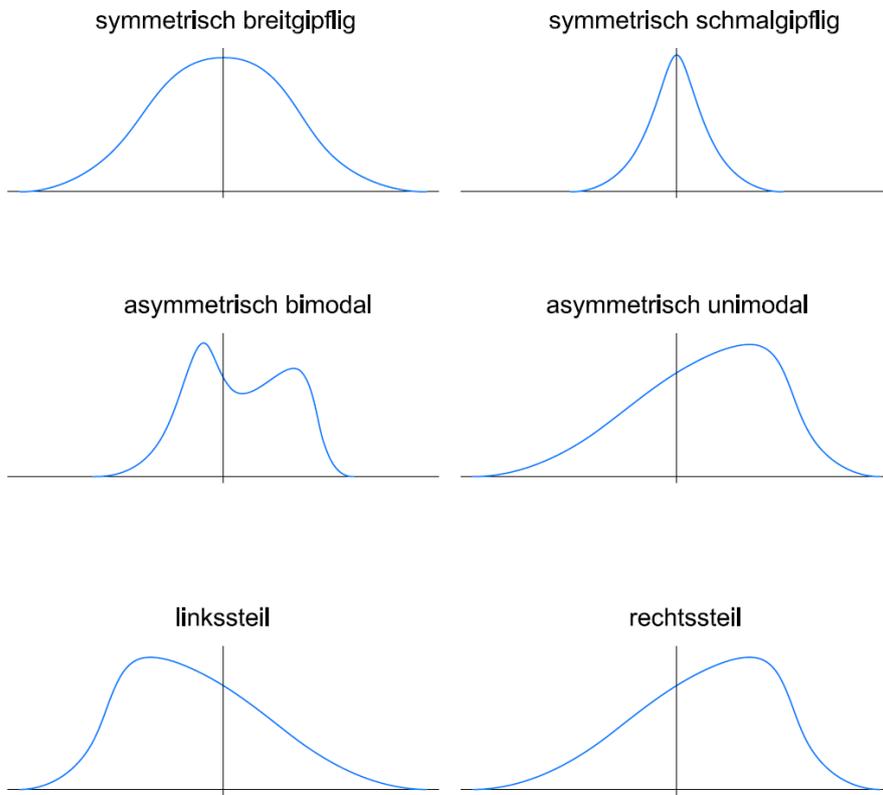


Bild 1.4: Charakterisierungen einer Verteilungsform anhand von Dichtefunktionen stetig verteilter Merkmale³²

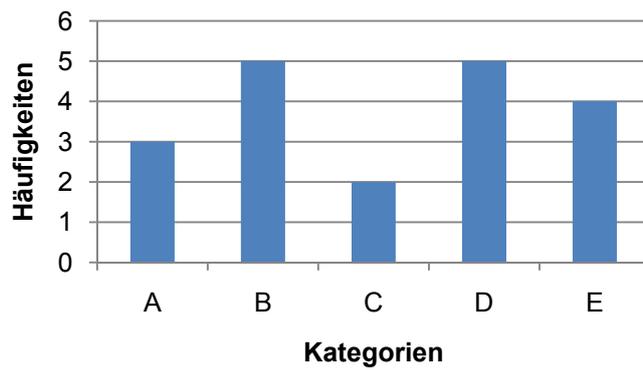


Bild 1.5: Beispielhafte Darstellung eines Balkendiagramms

³² Vgl. BORTZ, J.; SCHUSTER, C.: Statistik für Human- und Sozialwissenschaftler - 7. Auflage. S. 42

1.5.3 Kreisdiagramm

Eine zweite Möglichkeit für die grafische Veranschaulichung einer Häufigkeitsverteilung eines nominalen Merkmals stellt das Kreisdiagramm dar. Die Größe der Kreissektoren spiegeln die Häufigkeiten wider. Der Winkel, der für die Größe der einzelnen Sektoren benötigt wird, lässt sich, je nachdem ob eine absolute oder relative Häufigkeit vorliegt, durch folgende Beziehungen berechnen:

- absolute Häufigkeit: $\text{Winkel } \alpha = \frac{H_j \cdot 360^\circ}{n}$
- relative Häufigkeit: $\text{Winkel } \alpha = \frac{h_j \cdot 360^\circ}{100 \%}$

Im Bild 1.6 ist ein Kreisdiagramm zur Veranschaulichung der relativen Häufigkeiten eines beispielhaften nominalskalierten Merkmals zu sehen.

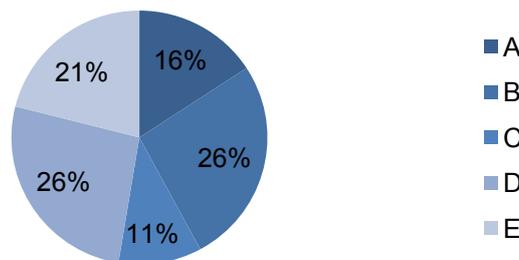


Bild 1.6: Beispielhafte Darstellung eines Kreisdiagramms

1.5.4 Boxplot

Eine immer beliebtere Möglichkeit zur grafischen Veranschaulichung einer Häufigkeitsverteilung eines metrischen Merkmals stellt der von Tukey 1977 eingeführte Boxplot (Kastenschaubild) dar. Dabei handelt es sich um eine gleichzeitige Darstellung von Lage- und Streuungsmaßen.

Bei einem Boxplot werden die mittleren 50 % einer Verteilung durch eine ‚Box‘ (Kasten) dargestellt. Diesen Bereich nennt man Interquartilbereich (interquartile range) IQR. Die beiden Enden der Box stellen das erste und dritte Quartil $x_{25 \%}$ und $x_{75 \%}$ dar. Der Strich innerhalb der Box kennzeichnet den Median.

Die Werte, die sich ober- oder unterhalb der mittleren 50 % befinden, werden im Boxplot durch Striche, die vom jeweiligen Ende der Box ausgehend eingezeichnet sind, ebenfalls repräsentiert. Diese Striche werden als ‚Whisker‘ bezeichnet. Die Länge der Whisker entspricht entweder dem 1,5-Fachen des IQR oder sie wird durch den maximalen bzw. minimalen Stichprobenwert begrenzt.

Kreisdiagramm

Boxplot

Interquartilbereich

Zweiteres ist nur der Fall, wenn

- $x_{\min} > x_{25} - 1,5 \cdot \text{IQR}$ bzw.
- $x_{\max} < x_{75} + 1,5 \cdot \text{IQR}$.

Beobachtungen, deren Werte die Grenzen des Whiskers überschreiten, werden als Ausreißer bezeichnet. Die Ausreißer werden als Punkte dargestellt.

Der Vorteil des Boxplots gegenüber dem Histogramm ist, dass er aufgrund der Quartile bestimmt wird, welche wiederum gegenüber Ausreißern relativ unempfindlich sind.

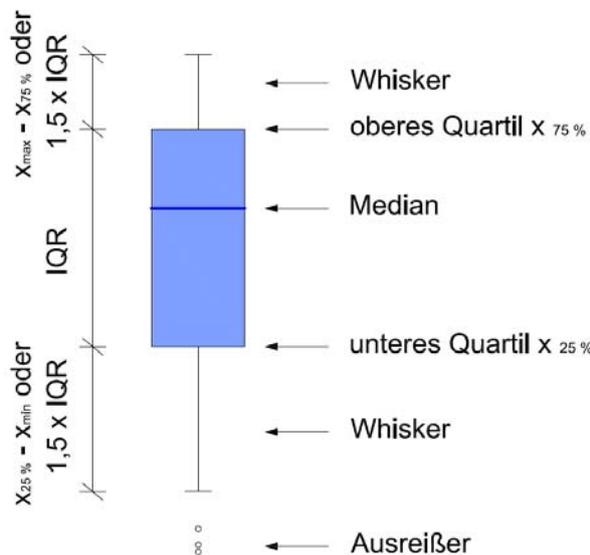


Bild 1.7: Beispielhafte Boxplot-Darstellung

1.6 Wahrscheinlichkeitsverteilungen

1.6.1 Allgemeines

Der statistische Wahrscheinlichkeitsbegriff geht auf das 16. Jahrhundert zurück. Zu dieser Zeit begann man sich für die Wirksamkeit von ‚Zufallsgesetzen‘ bei diversen Glücksspielen, wie beispielsweise für Würfelspiele, zu interessieren.³³

Begriff Wahrscheinlichkeit

³³ Vgl. BORTZ, J.; SCHUSTER, C.: Statistik für Human- und Sozialwissenschaftler - 7.Auflage. S. 49

„Der statistische Wahrscheinlichkeitsbegriff dient der Beschreibung von beobachteten Häufigkeiten bei (zumindest im Prinzip) beliebig oft wiederholbaren Vorgängen, deren Ausgang nicht vorhersehbar ist.“³⁴

Einen beliebig oft wiederholbaren Vorgang, der nach einer ganz bestimmten Vorschrift ausgeführt wird und dessen Ergebnis vom Zufall abhängt, nennt man **Zufallsexperiment**. Das bedeutet, dass das Ergebnis eines Zufallsexperimentes ausschließlich vom Zufall abhängt.³⁵

Zufallsexperiment

Eine mögliche Definition des Begriffes Wahrscheinlichkeit ist:³⁶

$$\text{Wahrscheinlichkeit } P = \frac{\text{Anzahl der günstigen Fälle}}{\text{Anzahl der insgesamt möglichen Fälle}} \quad (9)$$

Zum Beispiel beträgt die Wahrscheinlichkeit, beim Zufallsexperiment ‚Würfeln mit einem einwandfreien Würfel‘ eine Eins zu würfeln, $1/6$.³⁷

„Im Zusammenhang mit Wahrscheinlichkeitsverteilungen spricht man von sogenannten **Zufallsvariablen**. Eine Zufallsvariable ist dabei eine Funktion, die den Ergebnissen eines Zufallsexperimentes reelle Zahlen zuordnet.“³⁸ Beispielsweise wird beim Würfeln dem Ergebnis eines jeden Wurfes, je nach Augenzahl des Würfels, eine der Zahlen 1 bis 6 zugeordnet.

Zufallsvariable

Zufallsvariablen können diskret oder stetig sein. Eine Zufallsvariable ist diskret, wenn die Ergebnisse eines Zufallsexperimentes kategorisiert oder gezählt werden und stetig, wenn die Werte in einem gegebenen Intervall beliebig genau sein können.³⁹

Beispiele für diskrete Zufallsvariablen sind die Augenzahl beim Würfeln oder die Anzahl an erkrankten Mitarbeitern innerhalb eines Monats und für stetige Zufallsvariablen Längen-, Gewichtsmessung oder Aufwandswerte.

In der ‚schließenden Statistik‘ werden Stichprobenergebnisse statistischer Untersuchungen wie Ausgänge eines Zufallsexperimentes behandelt.⁴⁰ Unter ‚schließender Statistik‘ werden statistische Verfahren ver-

³⁴ BORTZ, J.; SCHUSTER, C.: Statistik für Human- und Sozialwissenschaftler - 7.Auflage. S. 49

³⁵ Vgl. BORTZ, J.; SCHUSTER, C.: Statistik für Human- und Sozialwissenschaftler - 7.Auflage. S. 49

³⁶ Vgl. BORTZ, J.; SCHUSTER, C.: Statistik für Human- und Sozialwissenschaftler - 7.Auflage. S. 51 oder BERGHOLD, A.: Schließende Statistik. http://user.meduni-graz.at/andrea.berghold/StatSS/Schliessende_Statistik.pdf. Datum des Zugriffs: 14.02.2012 S. 2

³⁷ Vgl. BORTZ, J.; SCHUSTER, C.: Statistik für Human- und Sozialwissenschaftler - 7.Auflage. S. 49

³⁸ BORTZ, J.; SCHUSTER, C.: Statistik für Human- und Sozialwissenschaftler - 7.Auflage. S. 61

³⁹ Vgl. BORTZ, J.; SCHUSTER, C.: Statistik für Human- und Sozialwissenschaftler - 7.Auflage. S. 61

⁴⁰ Vgl. BORTZ, J.; SCHUSTER, C.: Statistik für Human- und Sozialwissenschaftler - 7.Auflage. S. 61

standen, die sich mit dem Rückschluss von einer Stichprobe auf die Grundgesamtheit (Population) befassen.⁴¹

Bevor in den folgenden Abschnitten genauer auf die Wahrscheinlichkeitsverteilungen für diskrete und stetige Zufallsvariablen eingegangen wird, folgt zunächst noch die wichtige Unterscheidung zwischen der Wahrscheinlichkeitsfunktion einer Zufallsvariablen und ihrer Verteilungsfunktion. Dies geschieht wiederum in Anlehnung an *Bortz, Schuster*⁴².

Unterschied zwischen der Wahrscheinlichkeitsfunktion einer diskreten oder stetigen Zufallsvariablen und ihrer Verteilungsfunktion

Unterschied zwischen der Wahrscheinlichkeitsfunktion einer Zufallsvariablen und ihrer Verteilungsfunktion

Diskrete Zufallsvariablen

„Bei diskreten Zufallsvariablen ist die Wahrscheinlichkeitsverteilung durch die sogenannte Wahrscheinlichkeitsfunktion definiert. Diese gibt an, mit welcher Wahrscheinlichkeit bei einem Zufallsexperiment eine bestimmte Realisierung der Zufallsvariablen eintritt.“⁴³ Beim Würfelbeispiel gilt beispielsweise $P(1) = 1/6$ (siehe Bild 1.8).

Wahrscheinlichkeitsfunktion einer diskreten Zufallsvariablen

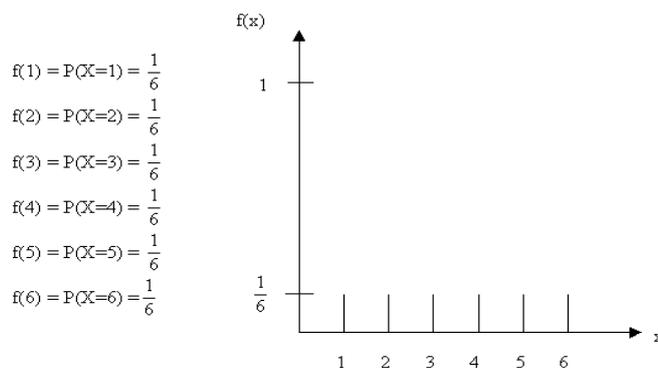


Bild 1.8: Wahrscheinlichkeitsfunktion für das Würfeln mit einem Würfel⁴⁴

⁴¹ Vgl. BERGHOLD, A.: Schließende Statistik. http://user.meduni-graz.at/andrea.berghold/StatSS/Schliessende_Statistik.pdf. Datum des Zugriffs: 14.02.2012 S. 1

⁴² BORTZ, J.; SCHUSTER, C.: Statistik für Human- und Sozialwissenschaftler - 7.Auflage. S. 61ff

⁴³ BORTZ, J.; SCHUSTER, C.: Statistik für Human- und Sozialwissenschaftler - 7.Auflage. S. 61

⁴⁴ http://www.mathe-online.at/materialien/Daniela.Eder/files/Diskrete_WK/Zusammenstellung.html. Datum des Zugriffs: 14.02.2012

Kann eine Zufallsvariable die Werte x_i ($i = 1, \dots, n$) annehmen, dann gilt für die Summe aller $P(x_i)$:

$$\sum_{i=1}^n P(x_i) = 1. \tag{10}$$

Im Folgenden wird für $P(x_i)$ auch die Schreibweise p_i verwendet.

Die Verteilungsfunktion einer diskreten Zufallsvariablen entspricht der kumulierten (aufaddierten) Wahrscheinlichkeitsfunktion. Das bedeutet, dass der Wert der Verteilungsfunktion $F(x_i)$ für den Wert x_i der diskreten Zufallsvariablen

Verteilungsfunktion einer diskreten Zufallsvariablen

$$F(x_i) = P(x \leq x_i) = \sum_{j \leq i} P(x_j) \tag{11}$$

entspricht. Dabei bezeichnet x die möglichen Werte, die die Zufallsvariable annehmen kann.

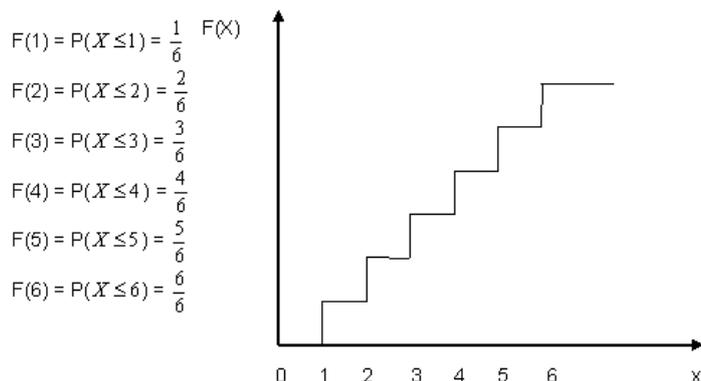


Bild 1.9: Verteilungsfunktion für das Würfeln mit einem Würfel⁴⁵

Für diskrete Zufallsvariablen werden das arithmetische Mittel \bar{x} und die Varianz aus s^2 zur Kennzeichnung der theoretischen Verteilung der Zufallsvariablen durch die Parameter μ und σ^2 ersetzt.

Erwartungswert und Varianz diskreter Zufallsvariablen

Der Mittelwert μ wird für diskrete Zufallsvariablen folgendermaßen berechnet:

$$\mu = \sum_{i=1}^n x_i \cdot P(x_i) \tag{12}$$

⁴⁵ http://www.mathe-online.at/materialien/Daniela.Eder/files/Diskrete_WK/Zusammenstellung.html. Datum des Zugriffs: 14.02.2012

und die Varianz σ^2 durch die Gleichung:

$$\sigma^2 = \sum_{i=1}^n (x_i - \mu)^2 \cdot P(x_i). \tag{13}$$

Stetige Zufallsvariablen

Der erste Unterschied gegenüber der Wahrscheinlichkeit einer diskreten Zufallsvariablen besteht schon darin, dass bei einer stetigen Zufallsvariablen nicht nach der Wahrscheinlichkeit einzelner Ereignisse gefragt wird, sondern nach der Wahrscheinlichkeit für das Auftreten von Ereignissen in einem bestimmten Intervall $P(a < x < b)$ (siehe Bild 1.10).

Um die Wahrscheinlichkeit zu bestimmen, mit der ein Wert der Zufallsvariablen in einem bestimmten Intervall liegt, wird bei stetigen Zufallsvariablen die sogenannte **Dichtefunktion** (Wahrscheinlichkeitsdichte) zu Hilfe genommen.

Die Wahrscheinlichkeit, dass sich ein Wert x der stetigen Zufallsvariablen im Intervall mit den Grenzen a und b befindet, entspricht dem Integral der Dichtefunktion mit den Grenzen a und b .

Dichtefunktion einer stetigen Zufallsvariablen

$$P(a < x \leq b) = \int_a^b f(x) dx \tag{14}$$

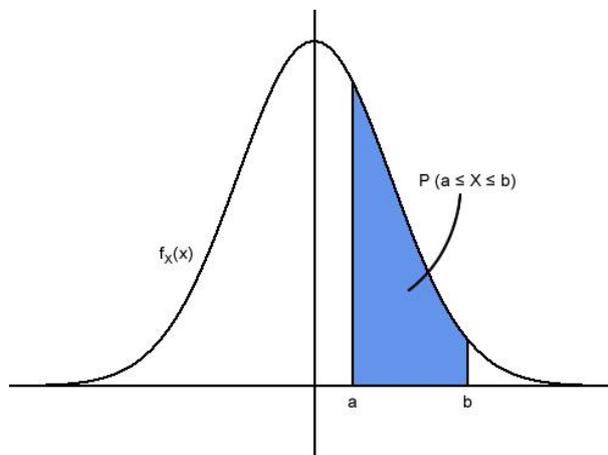


Bild 1.10: Beispielhafte Dichtefunktion einer stetigen Zufallsvariablen⁴⁶

⁴⁶ <http://www.google.at/imgres?q=Dichtefunktion&um=1&hl=de&client=firefox-a&sa=N&rls=org.mozilla:de:official&channel=np&biw=1920&bih=937&tbn=isch&tbnid=EfJaBQG1Fo9dzM:&imgrefurl=http://finance.wiwi.tu-dresden.de/Wiki-fi/index.php/Dichtefunktion&docid=Vj2bCyc>. Datum des Zugriffs: 14.02.2012

Weiters gilt für die Dichtefunktion, dass die Gesamtfläche (diese wird über das Integral berechnet) unter der Dichtefunktion 1,0 beträgt, das heißt:

$$\int_{-\infty}^{\infty} f(x) dx = 1. \quad (15)$$

Die Verteilungsfunktion $F(x)$ wird ebenfalls über das Integral der Dichtefunktion berechnet. Es gilt:

$$F(x_p) = P(x \leq x_p) = \int_{-\infty}^{x_p} f(t) dt. \quad (16)$$

Die Verteilungsfunktion gibt somit für einen Wert x_p der Zufallsvariablen an, wie viel Prozent der Verteilung unter diesem Wert liegen.

Im Bild 1.11 ist die Verteilungsfunktion einer stetigen standardnormalverteilten Zufallsvariablen zu sehen. Der grau hinterlegte Bereich spiegelt dabei den Prozentsatz jener Werte wider, die unter dem eingezeichneten Wert liegen.

Für stetige Zufallsvariablen werden das arithmetische Mittel \bar{x} und die Varianz aus s^2 zur Kennzeichnung der theoretischen Verteilung der Zufallsvariablen ebenfalls durch die Parameter μ und σ^2 ersetzt.

Die Definitionen für den Erwartungswert und die Varianz lauten:

$$\mu = \int_{-\infty}^{\infty} x f(x) dx, \quad (17)$$

$$\sigma^2 = \int_{-\infty}^{\infty} (x - \mu)^2 f(x) dx. \quad (18)$$

Im Folgenden werden nun zunächst die wichtigsten diskreten und im Anschluss daran die bedeutendsten stetigen Verteilungen genauer betrachtet.

Verteilungsfunktion einer stetigen Zufallsvariablen

Erwartungswert und Varianz stetiger Zufallsvariablen

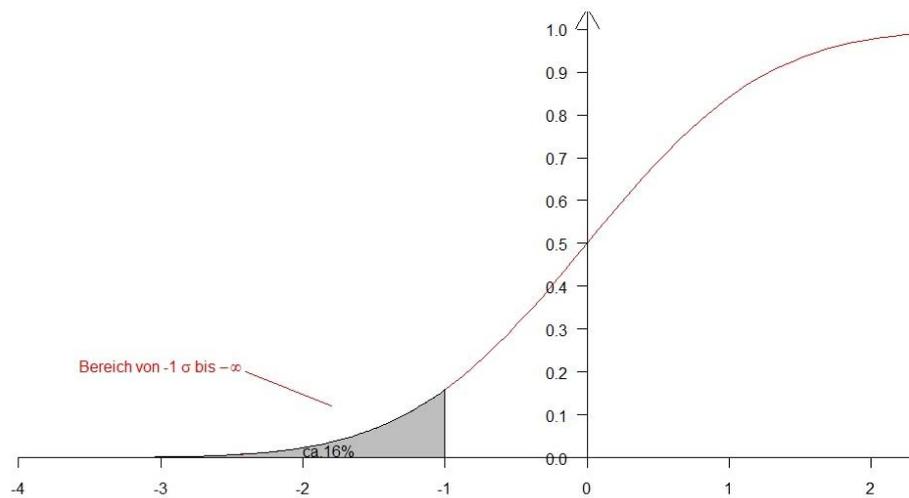


Bild 1.11: Verteilungsfunktion einer standardnormalverteilten Zufallsvariablen⁴⁷

1.6.2 Diskrete Verteilungen

In diesem Abschnitt werden die Wahrscheinlichkeitsfunktion, der Erwartungswert und die Varianz einiger wesentlichen Verteilungen angeführt, die auch im Programm @RISK⁴⁸ als Auswahlmöglichkeit zur Verfügung stehen.

Die folgenden diskreten Verteilungen können im Programm @RISK ausgewählt werden:⁴⁹

- (diskrete) Gleichverteilung
- Binomialverteilung
- Geometrische Verteilung
- Hypergeometrische Verteilung
- Poisson-Verteilung

Auswahl an diskreten Verteilungen im Programm @RISK

⁴⁷ <http://www.pruefungskoenig.de/fach/mathematik/uebung/diskrete-und-stetige-verteilungsfunktionen-summenfunktionen-und>. Datum des Zugriffs: 14.02.2012

⁴⁸ Das Programm @RISK stammt vom Unternehmen Palisade. Es stellt eine Komponente der „Decision Tools Suite“ dar und dient zur Risikoanalyse. Die Risikoanalyse wird mittels der Monte-Carlo Simulation durchgeführt. Bei dem Programm @RISK handelt es sich um einen MS Excel Aufsatz.

Die Anfänge der Monte-Carlo Methode gehen bereits auf das 18. Jahrhundert zurück. Es handelt sich dabei um eine mathematische Methode, mit der sowohl naturwissenschaftliche als auch mathematische Probleme deterministischer und stochastischer Natur durch Modellierung von Zufallszahlen gelöst werden können. Eine genauere Erklärung wird beispielsweise in der Masterarbeit von Kummer M. K. mit dem Titel „Einsatz der Monte Carlo Simulation zur Berechnung von Baukosten und Bauzeit“, 2012, gegeben.

⁴⁹ Vgl. PALISADE CORPORATION: Benutzerhandbuch für @RISK. http://www.palisade.com/downloads/manuals/DE/RISK5_DE.pdf. Datum des Zugriffs: 16.02.2012

- Negative Binomialverteilung
- Multinomialverteilung

Die folgenden Eigenschaften der Verteilungen wurden in erster Linie aus dem Buch von *Bortz, Schuster*⁵⁰ entnommen.

1.6.2.1 (Diskrete) Gleichverteilung

Die (diskrete) Gleichverteilung dient zur Beschreibung zufälliger Ereignisse (x_1, \dots, x_n) , die dieselbe Eintrittswahrscheinlichkeit $P(x_i) = 1/n$ besitzen.

Einsatzgebiet,
Wahrscheinlichkeits-
funktion, Erwartungswert
und Varianz der diskreten
Gleichverteilung

Sie besitzt die Wahrscheinlichkeitsfunktion

$$P(x) = \begin{cases} \frac{1}{n}, & x = x_i, \\ 0, & \text{sonst} \end{cases} \quad (19)$$

den Erwartungswert und die Varianz

$$\mu = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i \quad (20)$$

$$\sigma^2 = \frac{1}{n} \left(\sum_{i=1}^n x_i^2 - \frac{1}{n} \left(\sum_{i=1}^n x_i \right)^2 \right). \quad (21)$$

Ein Beispiel einer diskreten Gleichverteilung stellt das ‚Würfeln‘ dar (siehe Bild 1.8 und Bild 1.9).

1.6.2.2 Binomialverteilung $B(n,p)$

Die Binomialverteilung dient zur Beschreibung von Ereignissen, die jeweils nur zwei mögliche Ergebnisse aufweisen – Erfolg oder Misserfolg (vgl. Bild 1.12).

Einsatzgebiet,
Wahrscheinlichkeits-
funktion, Erwartungswert
und Varianz der
Binomialverteilung

Dabei bezeichnet p die Erfolgswahrscheinlichkeit und $q = 1 - p$ die Misserfolgswahrscheinlichkeit.

⁵⁰ BORTZ, J.; SCHUSTER, C.: Statistik für Human- und Sozialwissenschaftler - 7. Auflage. S. 61ff

Die Wahrscheinlichkeit, dass bei n Versuchen genau k -mal ein Erfolg eintritt, lässt sich daher durch folgende Formel berechnen:

$$P(k) = P(x = k) = \binom{n}{k} \cdot p^k \cdot q^{n-k}. \quad (22)$$

Dabei werden n und p als Parameter der Binomialverteilung bezeichnet. Als Schreibweise für binomialverteilte Zufallsvariablen ist die Notation $X \sim B(n,p)$ üblich.

Der Erwartungswert und die Varianz einer binomialverteilten Zufallsvariable sind:

$$\mu = n \cdot p \quad (23)$$

$$\sigma^2 = n \cdot p \cdot q. \quad (24)$$

Im Bild 1.12 sind Wahrscheinlichkeitsfunktionen der Binomialverteilung mit $n = 10$ und $k = 0, 1; 0, 5; 0, 7$ und $0, 9$ dargestellt.

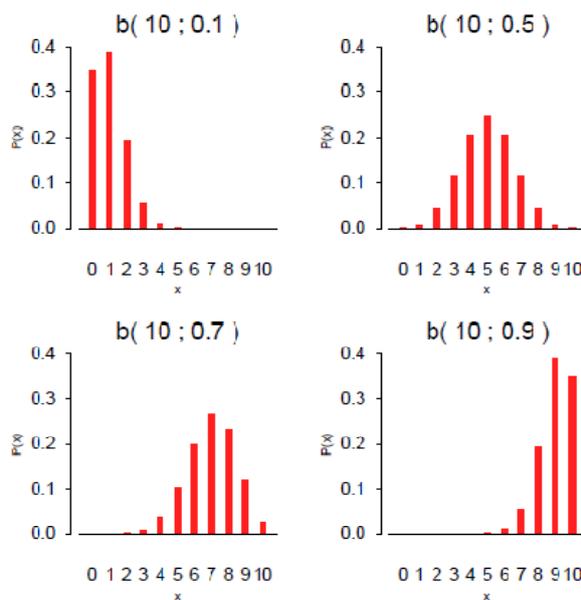


Bild 1.12: Wahrscheinlichkeitsfunktionen verschiedener Binomialverteilungen⁵¹

⁵¹ ZUCCHINI, W.; BÖKER, F.; STADIE, A.: Statistik III - Kapitel 4: Diskrete Verteilungen. <http://www.statook.wiso.uni-goettingen.de/veranstaltungen/statistik3alt/daten/sec4.pdf>. Datum des Zugriffs: 20.02.2012 S. 62

1.6.2.3 Geometrische Verteilung $Ge(p)$

Die geometrische Verteilung beschreibt die Wahrscheinlichkeitsverteilung, dass genau n Versuche notwendig sind, um zum ersten Mal Erfolg zu haben

$$P(X = n) = P(n) = p \cdot q^{n-1} \quad (25)$$

oder die Wahrscheinlichkeit, n Fehlversuche vor dem ersten Erfolg zu haben.⁵²

$$P(Y = n) = P(n) = p \cdot q^n. \quad (26)$$

Sie besitzt je nach Fall die beiden Erwartungswerte⁵³

$$\mu(X) = \frac{1}{p} \quad (27)$$

$$\mu(Y) = \frac{q}{p} \quad (28)$$

und die Varianzen

$$\sigma^2(X) = \sigma^2(Y) = \frac{q}{p^2}. \quad (29)$$

1.6.2.4 Hypergeometrische Verteilung $HGe(n,M,N)$

Die hypergeometrische Verteilung wird herangezogen um die Wahrscheinlichkeit zu berechnen, dass bei N gegebenen Elementen (Grundgesamtheit des Umfangs N), von denen M eine gewünschte Eigenschaft besitzen, beim Herausgreifen einer Stichprobe von n Elementen genau m Elemente dabei sind, die die gewünschte Eigenschaft besitzen. Die Wahrscheinlichkeitsfunktion der hypergeometrischen Verteilung lautet:

$$P(X = m) = P(m) = \frac{\binom{M}{m} \cdot \binom{N-M}{n-m}}{\binom{N}{n}}. \quad (30)$$

Beispielsweise kann mit Hilfe der hypergeometrischen Verteilung die Wahrscheinlichkeit berechnet werden, beim Lotto ‚6 aus 45‘ sechs Richtige zu haben.

Einsatzgebiet,
Wahrscheinlichkeits-
funktion, Erwartungswert
und Varianz der
geometrischen Verteilung

Einsatzgebiet und
Wahrscheinlichkeits-
funktion der
hypergeometrischen
Verteilung

⁵² Vgl. ZUCCHINI, W.; BÖKER, F.; STADIE, A.: Statistik III - Kapitel 4: Diskrete Verteilungen. <http://www.statoek.wiso.uni-goettingen.de/veranstaltungen/statistik3alt/daten/sec4.pdf>. Datum des Zugriffs: 20.02.2012 S. 64f und http://de.wikipedia.org/wiki/Geometrische_Verteilung. Datum des Zugriffs: 20.02.2012

⁵³ Vgl. BARTSCH, H.: Taschenbuch Mathematischer Formeln - 20. Auflage. S. 706 und http://de.wikipedia.org/wiki/Geometrische_Verteilung. Datum des Zugriffs: 20.02.2012

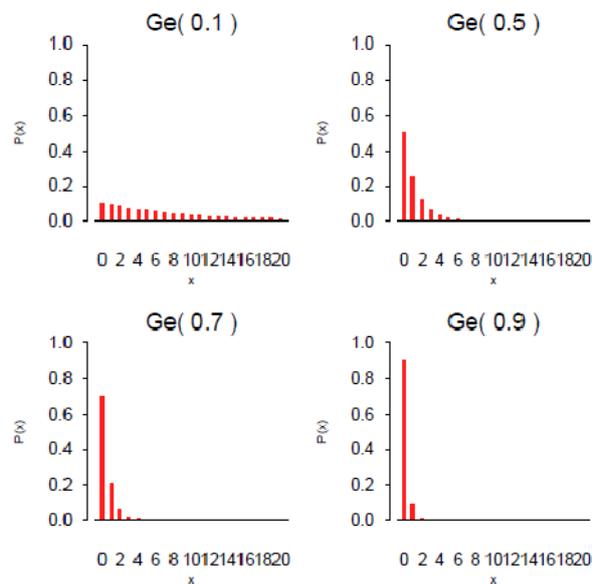


Bild 1.13: Wahrscheinlichkeitsfunktionen verschiedener geometrischer Verteilungen⁵⁴

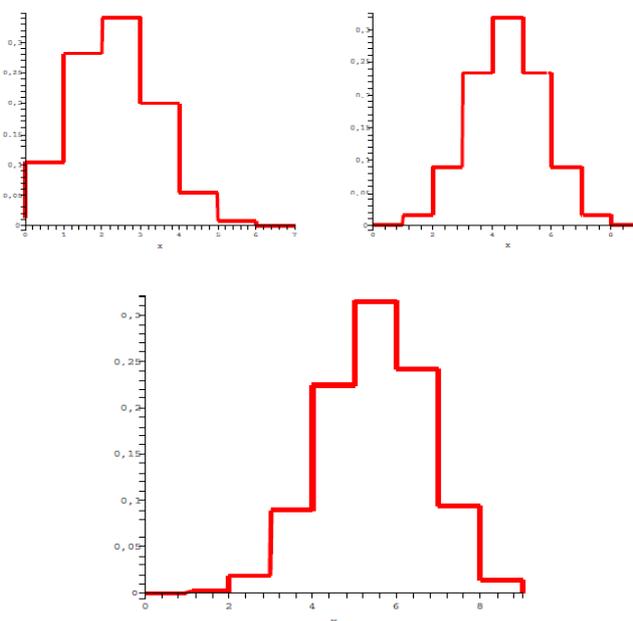


Bild 1.14: Wahrscheinlichkeitsfunktionen verschiedener hypergeometrischer Verteilungen $HGe(7, 10, 15)$, $HGe(8, 15, 30)$, $HGe(8, 25, 40)$ ⁵⁵

⁵⁴ ZUCCHINI, W.; BÖKER, F.; STADIE, A.: Statistik III - Kapitel 4: Diskrete Verteilungen. <http://www.statোক.wiso.uni-goettingen.de/veranstaltungen/statistik3alt/daten/sec4.pdf>. Datum des Zugriffs: 20.02.2012 S. 65

⁵⁵ ZEHR, T.: Diskrete Standardverteilungen. <http://wwz.unibas.ch/fileadmin/wwz/redaktion/statistik/downloads/Lehre/Mathe2/Foilen/PR13a.pdf>. Datum des Zugriffs: 27.03.2012 S.19

1.6.2.5 Poisson-Verteilung $Po(\lambda)$

Die Poisson-Verteilung ist nach dem Mathematiker *Poisson* benannt und stellt die Verteilung „seltener“ Ereignisse dar. Sie wird anstelle der Binomialverteilung verwendet, wenn die Anzahl der Ereignisse n sehr groß und gleichzeitig die Erfolgswahrscheinlichkeit p sehr gering ist.

Einsatzgebiet, Wahrscheinlichkeitsfunktion und Erwartungswert der Poisson-Verteilung

Die Wahrscheinlichkeitsfunktion der Poisson-Verteilung mit Erwartungswert

$$\lambda = n \cdot p \tag{31}$$

und Eulerscher Zahl e lautet:

$$P(x) = \frac{\lambda^x}{e^\lambda \cdot x!} \tag{32}$$

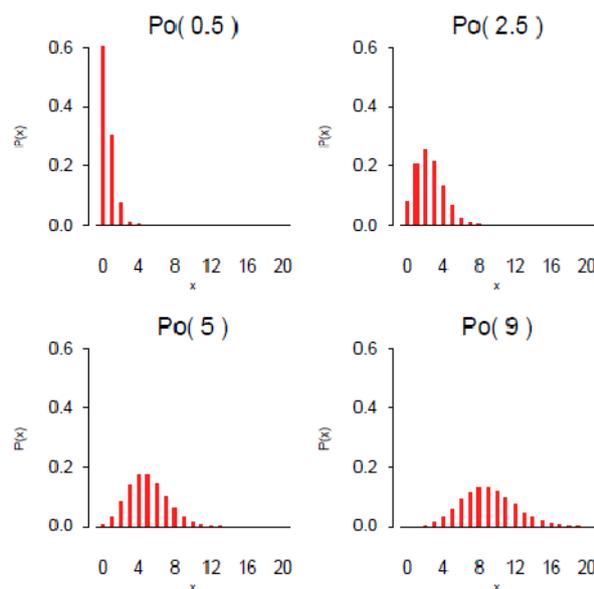


Bild 1.15: Wahrscheinlichkeitsfunktionen verschiedener Poisson-Verteilungen⁵⁶

⁵⁶ ZUCCHINI, W.; BÖKER, F.; STADIE, A.: Statistik III - Kapitel 4: Diskrete Verteilungen. <http://www.statook.wiso.uni-goettingen.de/veranstaltungen/statistik3alt/daten/sec4.pdf>. Datum des Zugriffs: 20.02.2012 S. 71

1.6.2.6 Negative Binomialverteilung NB(r,p)

Die negative Binomialverteilung wird herangezogen, um die Wahrscheinlichkeit der Anzahl an Versuchen x anzugeben, die notwendig sind, um r Erfolge zu erzielen. Ihre Wahrscheinlichkeitsfunktion lautet:

$$P(k) = \binom{x-1}{r-1} \cdot p^r \cdot q^{x-r}. \tag{33}$$

Einsatzgebiet und Wahrscheinlichkeitsfunktion der negativen Binomialverteilung

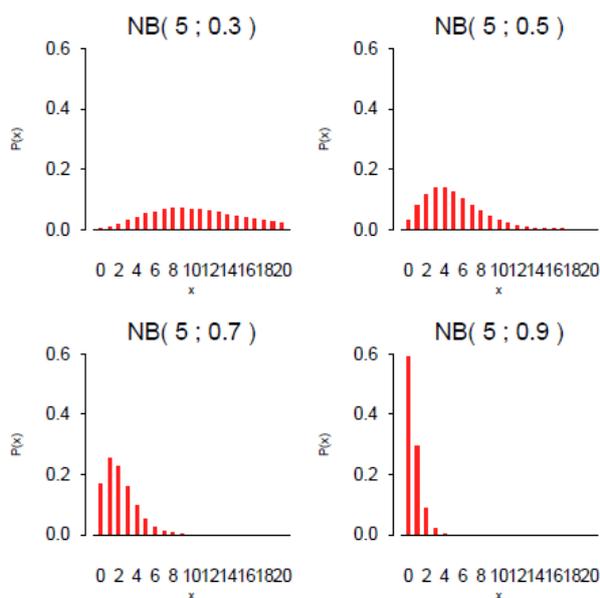


Bild 1.16: Wahrscheinlichkeitsverteilungen verschiedener negativer Binomialverteilungen⁵⁷

1.6.2.7 Multinomialverteilung

Anhand der Multinomialverteilung kann die Wahrscheinlichkeit berechnet werden, dass bei n Versuchen aus einer Anzahl in einem bestimmten Häufigkeitsverhältnis vorliegenden Merkmaleigenschaften m_1, \dots, m_s , genau x_1 Elemente mit der Eigenschaft m_1 , x_2 Elemente mit der Eigenschaft m_2 usw. gezogen werden.

Einsatzgebiet und Wahrscheinlichkeitsfunktion der Multinomialverteilung

Die Wahrscheinlichkeitsfunktion dazu lautet:

$$P(x_1, \dots, x_s) = \frac{n!}{x_1! \cdot \dots \cdot x_s!} \cdot p_1^{x_1} \cdot \dots \cdot p_s^{x_s}. \tag{34}$$

⁵⁷ ZUCCHINI, W.; BÖKER, F.; STADIE, A.: Statistik III - Kapitel 4: Diskrete Verteilungen. <http://www.statook.wiso.uni-goettingen.de/veranstaltungen/statistik3alt/daten/sec4.pdf>. Datum des Zugriffs: 20.02.2012 S. 67

1.6.3 Stetige Verteilungen

Die Auswahlmöglichkeit an stetigen Verteilungen im Programm @RISK ist sehr groß und umfasst folgende Verteilungen:⁵⁸

Auswahl an stetigen
Verteilungen im Programm
@RISK

- Beta-Verteilung
- Chi-Quadrat-Verteilung
- Dreiecksverteilung
- M-Erlang-Verteilung
- Exponentialverteilung
- Extremwertverteilung
- Gamma-Verteilung
- Inverse Gaußverteilung
- Johnson-Verteilung
- Logistische-Verteilung
- Log-Logistik-Verteilung
- Logarithmische Normalverteilung
- Normalverteilung (Gaußverteilung)
- Pareto-Verteilung
- Pearson-Typ V-Verteilung
- PERT-Verteilung
- Rayleigh-Verteilung
- Student t-Verteilung
- Stetige Gleichverteilung
- Weibull-Verteilung

Es werden nur jene Verteilungen genauer betrachtet, die entweder für Berechnungen im Bereich des Bauwesens eine Rolle spielen bzw. als Verteilungsfunktion in Frage kommen oder jene Verteilungen, die für das Testen von Hypothesen benötigt werden.

⁵⁸ Vgl. PALISADE CORPORATION: Benutzerhandbuch für @RISK.
http://www.palisade.com/downloads/manuals/DE/RISK5_DE.pdf. Datum des Zugriffs: 16.02.2012

Die folgenden Inhalte wurden größtenteils dem Benutzerhandbuch von @RISK⁵⁹ sowie dem Buch von *Bortz/Schuster*⁶⁰ entnommen.

1.6.3.1 Dreiecksverteilung $D(a,b,c)$

Die Dreiecksverteilung ist eine eher leicht verständliche stetige Verteilung, die gerne für grundlegende Risikomodelle herangezogen wird. Der Vorteil der Dreiecksverteilung liegt in der einfachen Angabe der Parameter, die den Funktionsverlauf bestimmen. Diese Parameter sind: Minimalwert a , Höchstwert b und Modalwert c (häufigster Wert).⁶¹

Eigenschaften der Dreiecksverteilung

Der Nachteil der Dreiecksverteilung liegt darin, dass bei einer verzerrten Verteilung die Werte in Richtung der Verzerrung relativ stark betont werden.⁶²

Chau führte eine Untersuchung zur Gültigkeit der Dreiecksverteilung bei der Berechnung von Baukosten mit Hilfe der Monte-Carlo Methode durch, bei der 10 Kostenkomponenten für Elektroinstallationen von sieben erfahrenen Experten geschätzt wurden. Die Aufgabe der Experten bestand darin, für jede dieser 10 Kostenkomponenten einen minimalen, einen maximalen und einen erwarteten Wert anzugeben, wobei die Experten die Gelegenheit hatten, ihre Werte in verschiedenen Phasen zu korrigieren. Als Ergebnis dieser Expertenbefragung stellte sich heraus, dass der erwartete Wert näher am Minimum als am Maximum liegt und sich daher eine rechtsschiefe Dreiecksverteilung ergibt. Gleichzeitig äußerte *Chau* jedoch die Vermutung, dass die Dreiecksverteilung der Eingangswerte eine zu große Verzerrung in Richtung Maximum darstellt. Der Grund für diese Vermutung ist, dass die von den Experten angeführten Überschreitungswahrscheinlichkeiten ihrer angegebenen erwarteten Werte weit unter der errechneten Wahrscheinlichkeit der Dreiecksverteilung lag.⁶³

Für Eingangsparameter wie Mengen, Kostenzuschläge usw. können jedoch Dreiecksverteilungen herangezogen werden.⁶⁴

Im Bild 1.17 ist die Dichtefunktion einer symmetrischen und asymmetrischen Dreiecksverteilung zu sehen.

⁵⁹ PALISADE CORPORATION: Benutzerhandbuch für @RISK.
http://www.palisade.com/downloads/manuals/DE/RISK5_DE.pdf. Datum des Zugriffs: 16.02.2012

⁶⁰ BORTZ, J.; SCHUSTER, C.: Statistik für Human- und Sozialwissenschaftler - 7. Auflage. S. 70ff

⁶¹ Vgl. PALISADE CORPORATION: Benutzerhandbuch für @RISK.
http://www.palisade.com/downloads/manuals/DE/RISK5_DE.pdf. Datum des Zugriffs: 16.02.2012 S. 619

⁶² Vgl. PALISADE CORPORATION: Benutzerhandbuch für @RISK.
http://www.palisade.com/downloads/manuals/DE/RISK5_DE.pdf. Datum des Zugriffs: 16.02.2012 S. 619

⁶³ Vgl. CHAU, K. W.: The validity of the triangular distribution assumption in Monte Carlo simulation of construction costs: empirical evidence from Hong Kong. In: Construction Management and Economics 01/1995. S. 16ff

⁶⁴ Vgl. KUMMER, M. K.: Einsatz der Monte-Carlo Simulation zur Berechnung von Baukosten und Bauzeit. Masterarbeit. S. 49

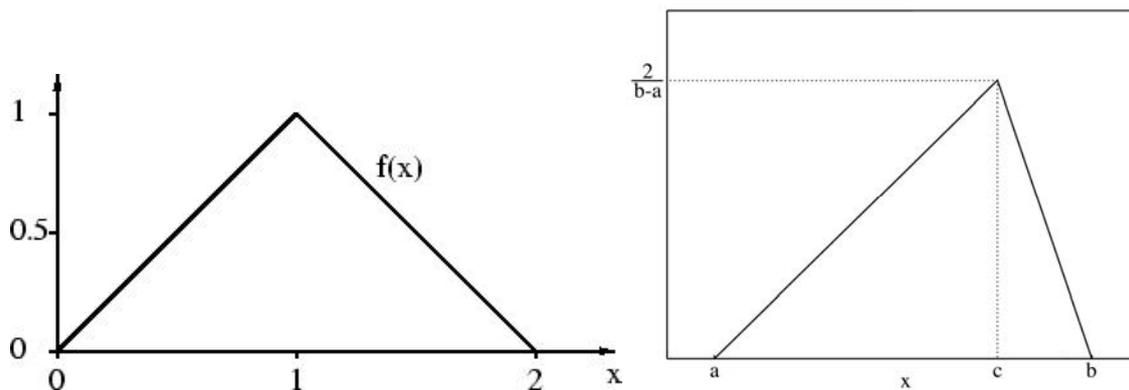


Bild 1.17: Dichtefunktion einer symmetrischen⁶⁵ und asymmetrischen Dreiecksverteilung⁶⁶

Die Dichtefunktion der Dreiecksverteilung ist gegeben durch:

$$f(x) = \begin{cases} \frac{2(x-a)}{(b-a)(c-a)}, & a \leq x \leq c \\ \frac{2(b-x)}{(b-a)(b-c)}, & c < x \leq b \end{cases} \quad (35)$$

Dichtefunktion, Erwartungswert und Varianz der Dreiecksverteilung

Der Erwartungswert ergibt sich zu:

$$\mu = \frac{a + b + c}{3} \quad (36)$$

und die Varianz kann durch folgende Formel berechnet werden:

$$\sigma^2 = \frac{a^2 + b^2 + c^2 - ab - ac - bc}{18} \quad (37)$$

1.6.3.2 Normalverteilung (Gauß-Verteilung) $N(\mu, \sigma)$

Die wichtigste Verteilung für die Statistik ist die Normalverteilung. So kann beispielsweise die Binomialverteilung für große Stichproben durch eine Normalverteilung approximiert werden.

Die Dichtefunktion der Normalverteilung

$$f(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi \cdot \sigma^2}} \cdot e^{-\frac{1}{2} \left(\frac{x-\mu}{\sigma}\right)^2} \quad (38)$$

Dichtefunktion und Eigenschaften der Normalverteilung

⁶⁵ <http://www.statistik.tuwien.ac.at/public/dutt/vorles/mb/node34.html>. Datum des Zugriffs: 22.02.2012

⁶⁶ http://en.wikipedia.org/wiki/File:Triangular_distribution_PMF.png. Datum des Zugriffs: 22.02.2012

besitzt einen glockenförmigen Verlauf, ist eingipflig und symmetrisch.

Die Normalverteilung ist durch die beiden Parameter Erwartungswert μ und Standardabweichung σ eindeutig festgelegt und daher ist für normalverteilte Zufallsgrößen die Schreibweise $X \sim N(\mu, \sigma)$ üblich. Im Bild 1.18 sind die Dichtefunktionen verschiedener normalverteilter Zufallsvariablen zu sehen.

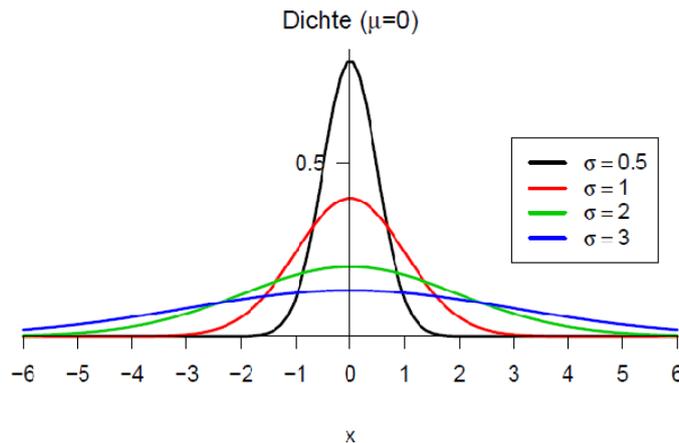


Bild 1.18: Normalverteilungen mit Erwartungswert $\mu = 0,0$ und verschiedenen Standardabweichungen σ ⁶⁷

Eine spezielle Normalverteilung stellt die **Standardnormalverteilung** mit Erwartungswert $\mu = 0$ und Standardabweichung $\sigma = 1$ dar. Die Besonderheit liegt darin, dass jede Normalverteilung durch eine sogenannte ‚z-Transformation‘ in die Standardnormalverteilung übergeführt werden kann.

Standardnormalverteilung

Bei der z-Transformation werden die Stichprobenwerte mittels Mittelwert und Standardabweichung der Stichprobe transformiert. Durch Relativierung der Abweichung vom Mittel an der Standardabweichung erhält man die sogenannten ‚z-Werte‘ durch die Gleichung:⁶⁸

z-Transformation

$$z = \frac{x - \mu}{\sigma} \tag{39}$$

⁶⁷ TECHNISCHE UNIVERSITÄT WIEN - INSTITUT FÜR STATISTIK UND WAHRSCHEINLICHKEITSTHEORIE: A.2 Stetige Verteilungen. <http://www.statistik.tuwien.ac.at/lv-guide/TABELLEN/vert-s.pdf>. Datum des Zugriffs: 20.02.2012

⁶⁸ Vgl. BORTZ, J.; SCHUSTER, C.: Statistik für Human- und Sozialwissenschaftler - 7. Auflage. S. 36

Die Dichtefunktion der Standardnormalverteilung vereinfacht sich wegen $\mu = 0$ und $\sigma = 1$ aus der allgemeinen Dichtefunktion der Normalverteilung zu:

Dichtefunktion der Standardnormalverteilung

$$f(z) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \cdot e^{-\frac{1}{2}z^2}. \tag{40}$$

Für standardnormalverteilte Zufallsvariablen ist die Schreibweise $X \sim N(0,1)$ üblich.

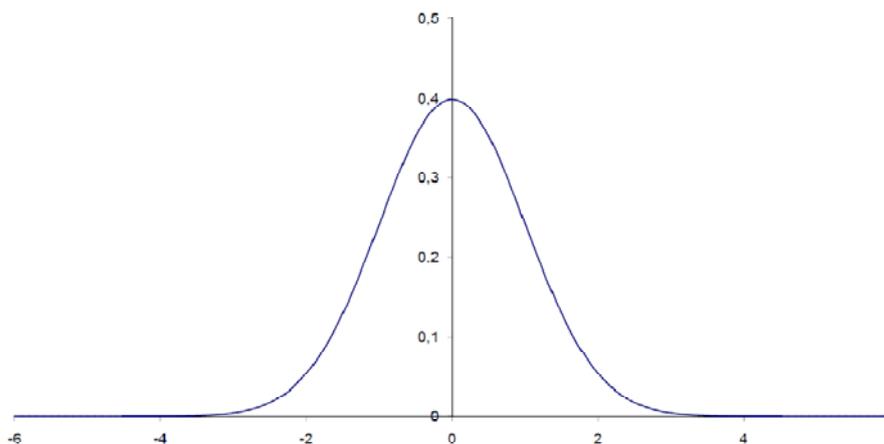


Bild 1.19: Standardnormalverteilung⁶⁹

1.6.3.3 Logistische Verteilung $\text{Log}(\alpha, \beta)$

„Die logistische Verteilung wird vor allem zur Beschreibung von Wachstumsprozessen mit einer Sättigungstendenz herangezogen.“⁷⁰

Eigenschaften, Dichtefunktion, Erwartungswert und Varianz der logistischen Verteilung

Es handelt sich dabei um eine symmetrische Verteilung, die durch die beiden Parameter α und β bestimmt ist, $X \sim \text{Log}(\alpha, \beta)$.

Sie besitzt die Dichtefunktion

$$f(x) = \frac{e^{-\frac{x-\alpha}{\beta}}}{\beta \cdot \left(1 + e^{-\frac{x-\alpha}{\beta}}\right)^2}, \tag{41}$$

den Erwartungswert

$$\mu = \alpha \tag{42}$$

⁶⁹ KREMPL, S.: Regressionsmethoden und Anwendungen. Diplomarbeit. S. 42

⁷⁰ Vgl. http://de.wikipedia.org/wiki/Logistische_Verteilung. Datum des Zugriffs: 22.02.2012

und die Varianz

$$\sigma^2 = \frac{\pi^2 \beta^2}{3}. \tag{43}$$

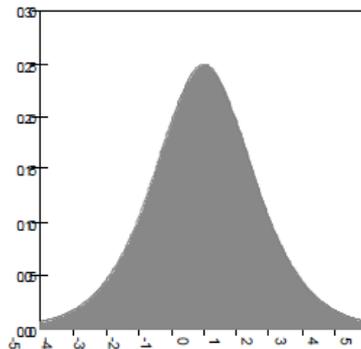


Bild 1.20: Logistische Verteilung mit $\alpha = 1$ und $\beta = 0$ ⁷¹

1.6.3.4 Log-Logistik-Verteilung $\text{logLog}(\gamma, \beta, \alpha)$

Die log-logistische Verteilung wird durch den Positionsparameter γ , den Formparameter α und den Skalierungsparameter β festgelegt, $X \sim \text{logLog}(\gamma, \beta, \alpha)$, wobei α und β größer Null sein müssen ($\alpha, \beta > 0$).

Eigenschaften,
Dichtefunktion,
Erwartungswert und
Varianz der log-Logistik-
Verteilung

Die Dichtefunktion der log-Logistik-Verteilung mit $t \equiv \frac{x-\gamma}{\beta}$ lautet:

$$f(t) = \frac{\alpha \cdot t^{\alpha-1}}{\beta \cdot (1 + t^\alpha)^2}. \tag{44}$$

Die Dichtefunktion der log-Logistik-Verteilung ist jener der logistischen Verteilung sehr ähnlich. Allerdings handelt es sich bei der log-Logistik-Verteilung im Regelfall um keine symmetrische Verteilung.

Sie besitzt den Erwartungswert

$$\mu = \beta \cdot \frac{\pi}{\alpha} \cdot \csc\left(\frac{\pi}{\alpha}\right) + \gamma \tag{45}$$

mit $\csc x = 1/\sin x$ und die Varianz

$$\sigma^2 = \beta^2 \cdot \frac{\pi}{\alpha} \cdot \left[2 \cdot \csc\left(2 \frac{\pi}{\alpha}\right) - \frac{\pi}{\alpha} \csc^2\left(\frac{\pi}{\alpha}\right) \right]. \tag{46}$$

⁷¹ PALISADE CORPORATION: Benutzerhandbuch für @RISK.
http://www.palisade.com/downloads/manuals/DE/RISK5_DE.pdf. Datum des Zugriffs: 16.02.2012 S. 577

Bei derzeit an der Technischen Universität Graz von *Hofstadler* durchgeführten Untersuchungen über eine geeignete Verteilungsfunktion für Aufwandswerte von Deckenschalungsarbeiten anhand von Expertenbefragungen stellte sich heraus, dass die log-logistische Verteilungsfunktion die von den Experten angeführten Werte am besten widerspiegelt.⁷²

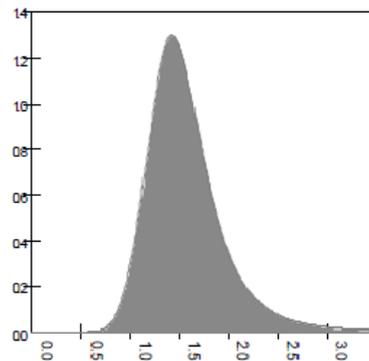


Bild 1.21: Log-Logistik-Verteilung mit $\gamma = 0$, $\beta = 1$ und $\alpha = 5$ ⁷³

1.6.3.5 PERT-Verteilung $P(\min, \mu, \max)$

Die PERT-Verteilung stellt eine Sonderform der Beta-Verteilung dar und besitzt gleich wie die Dreiecksverteilung einen Minimal-, einen Maximal- und einen Modalwert.⁷⁴

Eigenschaften,
Dichtefunktion,
Erwartungswert und
Varianz der PERT-
Verteilung

Die Formparameter α_1 und α_2 lassen sich aus dem Minimal-, dem Maximal- und dem Modalwert wie folgt berechnen:⁷⁵

$$\alpha_1 = 6 \cdot \left[\frac{\mu - \min}{\max - \min} \right]; \quad \alpha_2 = 6 \cdot \left[\frac{\max - \mu}{\max - \min} \right], \quad (47)$$

mit dem Erwartungswert

$$\mu = \frac{\min + 4 \cdot \text{Modalwert} + \max}{6}. \quad (48)$$

⁷² Vgl. HOFSTADLER, C.: Fitting with @RISK - The Distribution Function for Labour Consumption in Shuttering Works. http://www.palisade.com/downloads/UserConf/EU12/2012PalisadeLondonConf_ChristianHofstadler.pdf. Datum des Zugriffs: 16.05.2012

⁷³ PALISADE CORPORATION: Benutzerhandbuch für @RISK. http://www.palisade.com/downloads/manuals/DE/RISK5_DE.pdf. Datum des Zugriffs: 16.02.2012 S. 581

⁷⁴ PALISADE CORPORATION: Benutzerhandbuch für @RISK. http://www.palisade.com/downloads/manuals/DE/RISK5_DE.pdf. Datum des Zugriffs: 16.02.2012 S. 607

⁷⁵ Vgl. PALISADE CORPORATION: Benutzerhandbuch für @RISK. http://www.palisade.com/downloads/manuals/DE/RISK5_DE.pdf. Datum des Zugriffs: 16.02.2012 S. 607

Ihre Dichtefunktion lautet:

$$f(x) = \frac{(x - \min)^{\alpha_1 - 1} - (\max - x)^{\alpha_2 - 1}}{B(\alpha_1, \alpha_2) \cdot (\max - \min)^{\alpha_1 + \alpha_2 - 1}}, \quad (49)$$

wobei $B(\alpha_1, \alpha_2)$ die Beta-Funktion:

$$B(x, y) = \int_0^1 t^{x-1}(1-t)^{y-1} dt, \quad x, y > 0 \quad (50)$$

darstellt.⁷⁶

Die Varianz wird durch folgende Formel berechnet:⁷⁷

$$\sigma^2 = \frac{(\mu - \min)(\max - \mu)}{7}. \quad (51)$$

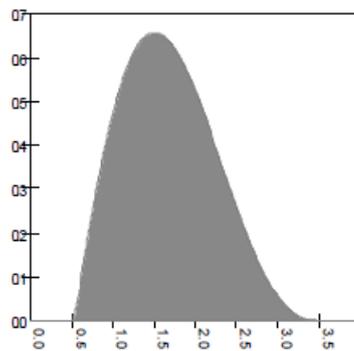


Bild 1.22: PERT-Verteilung mit Minimum = 0,5; Maximum = 3,5 und Modalwert = 1,5⁷⁸

Die PERT-Verteilung weist gegenüber der Dreiecksverteilung den Vorteil auf, dass eine Verzerrung durch die glatte Kurvenform weniger betont wird. Aus diesem Grund ist die PERT-Verteilung für eine schiefe Verteilung besser geeignet als die Dreiecksverteilung.⁷⁹

Die PERT-Verteilung wurde neben der Dreiecks- und BETA-Verteilung von *Schach* im Rahmen einer Machbarkeitsstudie im Bereich Verkehrswegebau zur Kostenermittlung herangezogen.⁸⁰

⁷⁶ Vgl. PALISADE CORPORATION: Benutzerhandbuch für @RISK. http://www.palisade.com/downloads/manuals/DE/RISK5_DE.pdf. Datum des Zugriffs: 16.02.2012 S. 608

⁷⁷ Vgl. PALISADE CORPORATION: Benutzerhandbuch für @RISK. http://www.palisade.com/downloads/manuals/DE/RISK5_DE.pdf. Datum des Zugriffs: 16.02.2012 S. 608

⁷⁸ PALISADE CORPORATION: Benutzerhandbuch für @RISK. http://www.palisade.com/downloads/manuals/DE/RISK5_DE.pdf. Datum des Zugriffs: 16.02.2012 S. 609

⁷⁹ Vgl. PALISADE CORPORATION: Benutzerhandbuch für @RISK. http://www.palisade.com/downloads/manuals/DE/RISK5_DE.pdf. Datum des Zugriffs: 16.02.2012 S. 607

⁸⁰ Vgl. SCHACH, R.: Stochastische Investitionskostenberechnung für Verkehrsinfrastrukturprojekte. http://www.hochleistungsbahnen.tu-dresden.de/fachtagung_tr/trt5/10_trt5_vortrag10.pdf. Datum des Zugriffs: 23.03.2012 S. 113ff

Im Folgenden werden noch die Chi-Quadrat-Verteilung und die Student-t-Verteilung genauer beschrieben, da diese in weiterer Folge zum Testen von Hypothesen benötigt werden. Da diese beiden Verteilungen hauptsächlich für Hypothesentests eingesetzt werden, bezeichnet man sie auch als **Testverteilungen**.

Die Beschreibung der beiden Verteilungen erfolgt wiederum in Anlehnung an *Bortz, Schuster*⁸¹.

1.6.3.6 Chi-Quadrat-Verteilung $X^2(n)$

Das Quadrat einer standardnormalverteilten Zufallsvariablen z folgt einer Chi-Quadrat-Verteilung (auch X^2 -Verteilung geschrieben) mit einem Freiheitsgrad. Schreibweise: $z \sim X^2(1)$.

Eigenschaften, Dichtefunktion und Erwartungswert der Chi-Quadrat-Verteilung

Die Summe der Quadrate n voneinander unabhängiger standardnormalverteilter Zufallsvariablen z_1, z_2, \dots, z_n folgt demnach einer X^2 -Verteilung mit n Freiheitsgraden

$$z_1^2 + z_2^2 + \dots + z_n^2 \sim X^2(n). \tag{52}$$

Die Anzahl der Freiheitsgrade legt die Chi-Quadrat-Verteilung fest. Je größer die Anzahl der Freiheitsgrade ist, desto besser nähert sich die X^2 -Verteilung einer Normalverteilung. Im Bild 1.23 sind die Dichtefunktionen von Chi-Quadrat-Verteilungen mit unterschiedlichen Freiheitsgraden zu sehen.

Der Erwartungswert einer X^2 -verteilten Zufallsvariablen entspricht den Freiheitsgraden, welche mit der Verteilung der Variablen verbunden sind.

Zum Beispiel $u \sim X^2(n)$, dann $\mu(u) = n$.

1.6.3.7 Student-t-Verteilung $t(n)$

Die Student-t-Verteilung oder kurz t-Verteilung wurde 1908 von Gosset entwickelt. Gosset stellte fest, dass der standardisierte Mittelwert von normalverteilten Daten nicht mehr normalverteilt ist, wenn die zur Standardisierung des Mittelwerts benötigte Varianz des Merkmals unbekannt ist und mit der Stichprobenvarianz geschätzt werden muss.

Eigenschaften, Dichtefunktion, Erwartungswert und Varianz der t-Verteilung

⁸¹ BORTZ, J.; SCHUSTER, C.: Statistik für Human- und Sozialwissenschaftler - 7. Auflage. S. 74ff

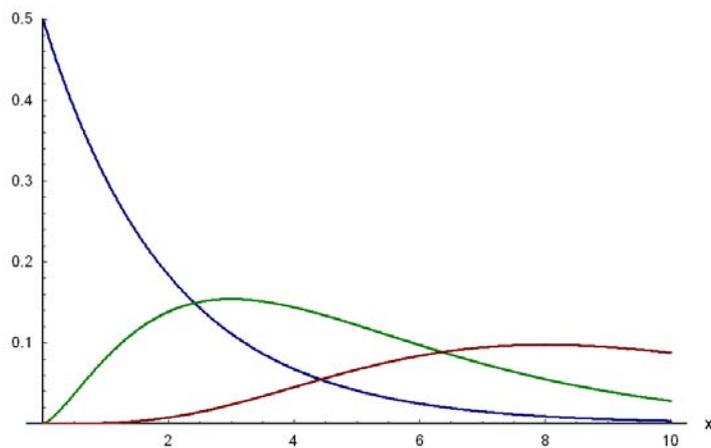


Bild 1.23: Dichtefunktionen verschiedener χ^2 -Verteilungen; blaue Kurve: $n=2$, grüne Kurve: $n=5$, rote Kurve: $n=10$ ⁸²

Die t-Verteilung beschreibt die Verteilung des Quotienten einer standard-normalverteilten Variablen z und einer χ^2 -verteilten Variablen u mit n Freiheitsgraden nach folgender Formel

$$t = \frac{z}{\sqrt{u/n}}, \tag{53}$$

wobei z und u voneinander unabhängig sind.

Demnach entspricht der Freiheitsgrad der t-Verteilung jenem der χ^2 -verteilten Variablen und daher folgt die Schreibweise $t \sim t(n)$.

Wie im Bild 1.24 zu sehen ist, weist die Dichtefunktion der t-Verteilung gleich wie die Dichtefunktion der Standardnormalverteilung einen eingipfligen, symmetrischen, glockenförmigen Verlauf auf. Allerdings ist die ‚Glocke‘ der t-Verteilung etwas schmaler. Für die t-Verteilung gilt, dass die Dichtefunktion immer breiter wird, je größer die Anzahl der Freiheitsgrade ist und sich immer mehr der Standardnormalverteilung annähert. Ab ca. 30 Freiheitsgraden ($n = 30$) kann die t-Verteilung durch eine Standardnormalverteilung approximiert werden.

Der Erwartungswert und die Varianz der t-Verteilung lauten:

$$\mu = 0 \tag{54}$$

$$\sigma^2 = \frac{n}{n - 2}. \tag{55}$$

⁸² <http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/0/0d/ChiQuadratVerteilung.PNG/400px-ChiQuadratVerteilung.PNG>. Datum des Zugriffs: 20.03.2012

Da die Bestimmung der Flächenanteile für die Chi-Quadrat-Verteilung und t-Verteilung nicht durch eine einfache Formel möglich ist, verwendet man tabellierte Werte, die im Anhang A.1 zu finden sind.

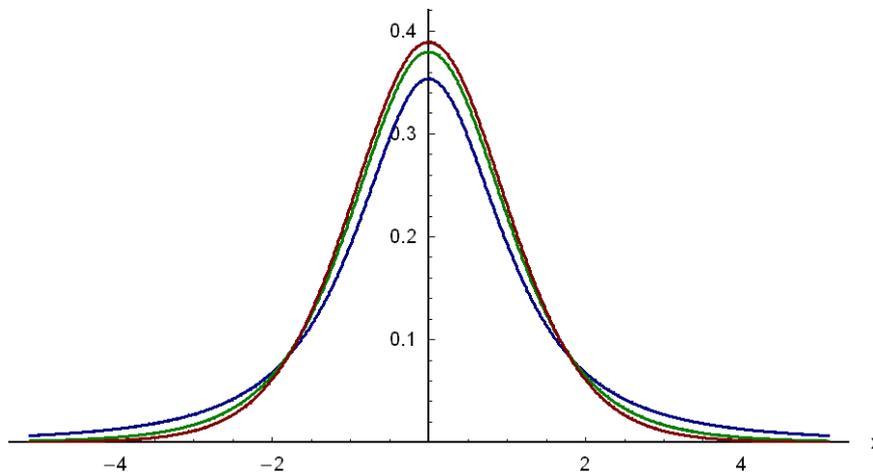


Bild 1.24: Dichtefunktionen verschiedener t-Verteilung: blaue Kurve: $n=2$, grüne Kurve: $n=5$, rote Kurve: $n=10$ ⁸³

Im abschließenden Abschnitt des Kapitels ‚Mathematische Grundlagen‘ werden nun die Grundlagen zum ‚Testen von Hypothesen‘ angeführt, die für die Berechnung der Korrelationen eine Rolle spielen. Auch dieser Abschnitt erfolgt wieder in Anlehnung an *Bortz, Schuster*⁸⁴ und an *Krempf*.⁸⁵

1.7 Testen von Hypothesen

Mit Hilfe von Hypothesentests kann die Frage, wie plausibel ein bestimmter geschätzter Wert (d. h. aus einer Stichprobe ermittelter Wert) ist, beantwortet werden.

Zu Beginn wird eine Behauptung über eine Eigenschaft einer oder mehrerer Grundgesamtheiten (Populationen) aufgestellt, um diese dann anhand von Stichproben auf ihre Brauchbarkeit zu überprüfen.

Die Aussagen oder Schlussfolgerungen, die aus den allgemeinen Theorien abgeleitet werden, werden als **Hypothesen** bezeichnet. Diese sollen mit Hilfe von statistischen Tests geprüft werden.

Wozu werden Hypothesentests verwendet?

⁸³ <http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/6/64/TVerteilung.PNG>. Datum des Zugriffs: 20.03.2012

⁸⁴ BORTZ, J.; SCHUSTER, C.: Statistik für Human- und Sozialwissenschaftler - 7. Auflage. S. 97ff

⁸⁵ KREMPF, S.: Regressionsmethoden und Anwendungen. Diplomarbeit. S. 46ff

Zur Vorgehensweise bei der Durchführung von statischen Tests:

Zuerst wird eine Aussage formuliert, die widerlegt werden soll. Diese wird als **Nullhypothese H_0** bezeichnet, z. B. $H_0: \mu = \mu_0$.

Anschließend wird die wissenschaftliche Hypothese, das ist jene, die von Interesse ist, formuliert. Diese stellt genau das Gegenteil zur Nullhypothese dar und wird als **Alternativhypothese H_1** bezeichnet.

Folgende drei Hypothesenpaare können auftreten:

- $H_0: \mu = \mu_0$ vs. $H_1: \mu > \mu_0$ linkseseitiger Test
- $H_0: \mu = \mu_0$ vs. $H_1: \mu < \mu_0$ rechtseseitiger Test
- $H_0: \mu = \mu_0$ vs. $H_1: \mu \neq \mu_0$ zweiseitiger Test

Zwar besteht wissenschaftlich nicht die Möglichkeit, die Null- und Alternativhypothese zu beweisen, aber es kann mittels statistischer Tests quantifiziert werden, wie stark die vorliegenden Daten einer Stichprobe gegen die Nullhypothese sprechen. Allerdings kann nicht ausgeschlossen werden, dass das Ergebnis des Tests aufgrund der Stichprobendaten nur zufällig die Alternativhypothese bestätigt, obwohl in Wirklichkeit für die gesamte Population die Nullhypothese gültig ist. Genauso kann auch der Fall eintreten, dass die Nullhypothese bestätigt wird, obwohl die Alternativhypothese für die Population zutreffen würde.

Dementsprechend unterscheidet man zwei Fehlerarten, die folgendermaßen definiert sind:

*„Ein **Fehler 1. Art** wird begangen, wenn eine richtige Nullhypothese zugunsten der Alternativhypothese abgelehnt wird. Ein **Fehler 2. Art** wird begangen, wenn eine falsche Nullhypothese beibehalten wird.“⁸⁶*

Für die Beurteilung, ob ein Fehler 1. Art begangen wurde, muss man zuerst ein sogenanntes **Signifikanzniveau α** festlegen. Das Signifikanzniveau bezeichnet die Wahrscheinlichkeit, die Nullhypothese abzulehnen, obwohl sie vorliegt und üblicherweise werden die Werte $\alpha = 0,05$, $\alpha = 0,01$ und $\alpha = 0,1$ verwendet. Aus diesem Grund werden statistische Tests auch **Signifikanztests** genannt.

Zur Beurteilung, ob die Alternativhypothese akzeptiert oder abgelehnt werden soll, muss außerdem die Verteilung der Prüfgröße unter der Nullhypothese, auch **Nullverteilung** genannt, bekannt sein. Ist dies der Fall, so kann nach Festlegung des Signifikanzniveaus der Wertebereich der Teststatistik in einen **Annahme-** und **Ablehnungsbereich** unterteilt werden (siehe Bild 1.25), die wiederum von der Formulierung der Alternativhypothese ($H_1: \mu > \mu_0$, $H_1: \mu < \mu_0$, $H_1: \mu \neq \mu_0$) abhängen.

Vorgehensweise bei der Durchführung von statistischen Tests

Interpretation des Testergebnisses

Fehler 1. Art und Fehler 2. Art

Signifikanzniveau und Signifikanztest

Nullverteilung
Annahme- und Ablehnungsbereich

⁸⁶ BORTZ, J.; SCHUSTER, C.: Statistik für Human- und Sozialwissenschaftler - 7. Auflage. S. 100

Der grau hinterlegte Bereich im Bild 1.25 spiegelt jeweils den Ablehnungsbereich wider.

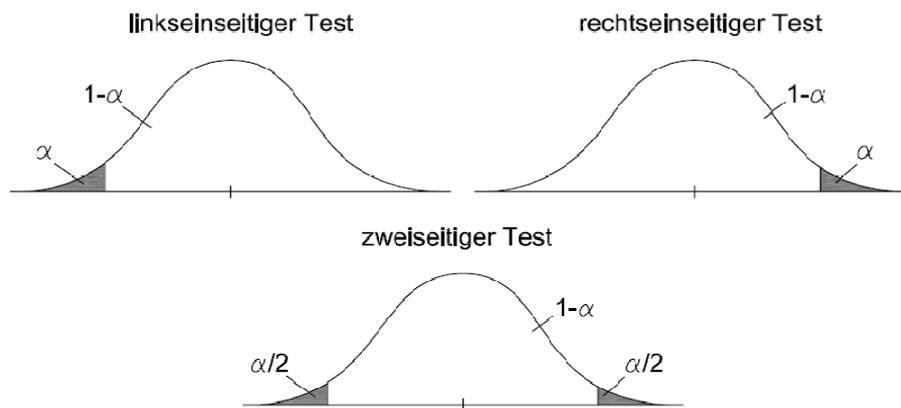


Bild 1.25: Annahme- und Ablehnungsbereich eines linkseseitigen, rechtseseitigen und zweiseitigen Tests für ein Signifikanzniveau α ⁸⁷

Der „Unterschied“ zwischen der Null- und der Alternativhypothese wird bei statistischen Tests mittels einer **Testgröße t (oder z)** quantifiziert. Je nachdem ob diese Testgröße t für ein Signifikanzniveau α im Ablehnungsbereich oder Annahmebereich liegt, spricht man von einem **signifikanten** oder **nicht signifikanten Testergebnis**. Ein Beispiel für ein signifikantes Testergebnis eines zweiseitigen Tests einer t-verteilt Testgröße ist im Bild 1.26 zu sehen. Ein Zahlenbeispiel folgt im Abschnitt 4.2.1.

Testgröße
signifikantes und nicht
signifikantes Testergebnis

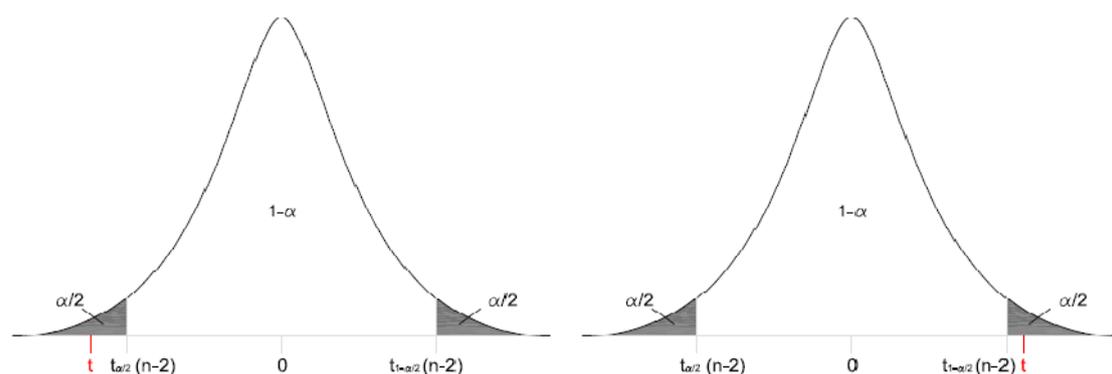


Bild 1.26: Beispielhafte Darstellung eines signifikanten Testergebnisses einer t-verteilt Testgröße⁸⁸

⁸⁷ KREMPL, S.: Regressionsmethoden und Anwendungen. Diplomarbeit. S. 48

⁸⁸ KREMPL, S.: Regressionsmethoden und Anwendungen. Diplomarbeit. S. 50

2 Korrelationen

Der Begriff der Korrelation, zu Deutsch Wechselbeziehung, spielt in vielen Bereichen wie beispielsweise in den Sozialwissenschaften, bei Kapitalanlagen, in der Softwaretechnik, in der Bild- und Tonverarbeitung und allgemein in der Wirtschaft und der Technik, eine wichtige Rolle.⁸⁹

Begriff Korrelation

Im Folgenden werden einige Definitionen des Begriffes Korrelation aus verschiedenen Lexika einiger oben genannter Bereiche angeführt.

2.1 Definitionen des Begriffes Korrelation

Duden-Fremdwörterbuch (6. Auflage):⁹⁰

Definition

Duden Fremdwörterbuch

„Korrelation („Wechselbeziehung“), die:

1. Wechselseitige Beziehung
2. Zusammenhang zwischen statistischen Ergebnissen, die durch Wahrscheinlichkeitsrechnung ermittelt werden. (Math.)
3. Wechselbeziehung zwischen verschiedenen Organen od. Organteilen (Med.)“

Lexikon der Unternehmensführung – Marketing:⁹¹

Definition

Lexikon der Unternehmensführung - Marketing

„In der Marktforschung bezeichnet Korrelation den Zusammenhang zwischen zwei oder mehr Variablen, also den sich verändernden Daten, die ermittelt werden sollen.“

Investment-Lexikon: Korrelation:⁹²

Definition

Investment-Lexikon

„Statistische Kennzahl, die den Einfluss der Schwankung einer Variablen auf eine zweite Variable anzeigt.“

Technik-Lexikon:⁹³

Definition

Technik-Lexikon

„Korrelation ist allgemein ein durch Wechselwirkung bedingter Zusammenhang zwischen physikalischen Größen, die getrennt gemessen werden.“

⁸⁹ Vgl. BORTZ, J.; SCHUSTER, C.: Statistik für Human- und Sozialwissenschaftler - 7. Auflage. S. 153 und <http://de.wikipedia.org/wiki/Korrelation>. Datum des Zugriffs: 21.01.2012

⁹⁰ DER DUDEN: Fremdwörterbuch - 6. Auflage. S. 450

⁹¹ <http://www.steuerlinks.de/marketing/lexikon/korrelation.html>. Datum des Zugriffs: 21.01.2012

⁹² http://fenjafunds.at/index.php/mid,211,/lexikon_letter,K/lexikon,310,Korrelation#. Datum des Zugriffs: 21.01.2012

⁹³ <http://www.techniklexikon.net/d/korrelation/korrelation.htm>. Datum des Zugriffs: 21.01.2012

Korrelation von Merkmalen - Berger:⁹⁴

„Die Korrelation ermittelt den Grad der Stärke der Abhängigkeit zwischen zwei Merkmalen.“

Definition von
Klaus Berger

All diese Definitionen haben die Aussage gemein, dass es sich bei der Korrelation um einen Zusammenhang bzw. um eine Beziehung zwischen verschiedenen Größen handelt.

Die Frage, die sich stellt, ist, wie die Enge bzw. die Stärke des Zusammenhangs zwischen zwei Größen (Merkmalen) charakterisiert werden kann.

Dazu schafft die Mathematik Abhilfe. Im Folgenden werden die mathematischen Maße zur Kennzeichnung des Zusammenhangs genauer erläutert.

2.2 Mathematische Betrachtung

In der Mathematik gibt es verschiedene Maße, die die Stärke des linearen Zusammenhangs zwischen Merkmalen beschreiben. Den einzelnen Merkmalen werden in der Mathematik Variablen zugeteilt.

Zusammenhang zwischen
Merkmalen

Der Zusammenhang zwischen zwei Variablen ist linear, wenn er durch eine Gerade dargestellt wird. Das bedeutet, dass die Beobachtungspaare, die als Punkte in ein Streudiagramm eingetragen werden, exakt auf einer Geraden liegen. Dies ist aber für so gut wie alle statistisch interessanten Variablenzusammenhänge nicht erfüllt.⁹⁵

Linearer Zusammenhang

Das bekannteste Zusammenhangsmaß ist der Korrelationskoeffizient oder kurz Korrelation, der sich für verschiedene Skalenniveaus der Variablen (Merkmale) berechnen lässt. Eine übliche Bezeichnung für dieses Zusammenhangsmaß ist auch ‚Produkt-Moment-Korrelation‘. Die Produkt-Moment-Korrelation gibt den linearen Zusammenhang zwischen zwei intervallskalierten Merkmalen an.⁹⁶

Zusammenhangsmaße

Für die Berechnung des Zusammenhangs zwischen Merkmalen, von denen eines der beiden Merkmale oder beide Merkmale dichotome Merkmale (d. h. Merkmale, die nur zwei Ausprägungen aufweisen, wie beispielsweise männlich-weiblich) sind, können spezielle Korrelationskoeffizienten berechnet werden.⁹⁷

⁹⁴ BERGER, K.: Die Korrelation von Merkmalen. <http://www.mathe-online.at/materialien/klaus.berger/files/regression/korrelation.pdf>. Datum des Zugriffs: 21.01.2012

⁹⁵ Vgl. BORTZ, J.; SCHUSTER, C.: Statistik für Human- und Sozialwissenschaftler - 7. Auflage. S. 153

⁹⁶ Vgl. BORTZ, J.; SCHUSTER, C.: Statistik für Human- und Sozialwissenschaftler - 7. Auflage. S. 153

⁹⁷ Vgl. BORTZ, J.; SCHUSTER, C.: Statistik für Human- und Sozialwissenschaftler - 7. Auflage. S. 171

Ebenfalls spezielle Korrelationskoeffizienten gibt es für verschiedene Möglichkeiten der Skalenkombinationen. Die Tabelle 2.1 zeigt einen allgemeinen Überblick der Korrelationskoeffizienten, die durch mögliche Skalenkombinationen berechnet werden können.⁹⁸

Spezielle Korrelationskoeffizienten

Tabelle 2.1: Übersicht der bivariaten Korrelationsarten⁹⁹

Merkmal y	Merkmal x		
	Intervallskala	dichotomes Merkmal	Ordinalskala
Intervallskala	Produkt-Moment-Korrelation	Punktbiseriale Korrelation	Rangkorrelation
dichotomes Merkmal	-	Φ -Koeffizient	Biseriale Rangkorrelation
Ordinalskala	-	-	Rangkorrelation

Der Zusammenhang zweier nominalskaliertes Merkmale wird durch den Kontingenzkoeffizienten bestimmt. Da dieser jedoch kein Korrelationsmaß im engeren Sinne ist, wurde er nicht in der Tabelle 2.1 angeführt und es wird in weiterer Folge auch nicht genauer darauf eingegangen.¹⁰⁰

Kontingenzkoeffizient

Ein nicht-standardisiertes Maß, das ebenfalls zur Beschreibung des linearen Zusammenhangs verwendet wird, ist die Kovarianz. Die Kovarianz wird auch für die Berechnung des Korrelationskoeffizienten benötigt, da die Korrelation aus der Kovarianz durch Standardisierung entsteht.¹⁰¹ Aus diesem Grund wurde ihr zu Beginn dieses Kapitels ein eigener Abschnitt gewidmet.

Kovarianz

Der letzte Abschnitt dieses Kapitels beschäftigt sich mit der partiellen Korrelation. Dabei handelt es sich um eine bivariate Korrelation zweier Variablen, die vom Einfluss einer Drittvariablen bereinigt wurde.¹⁰²

Partielle Korrelation

Die inhaltliche Grundlage für die folgenden Unterabschnitte wurde wiederum dem Buch von *Bortz, Schuster* mit dem Titel „Statistik für Human- und Sozialwissenschaftler“, Kapitel 10 und 21, entnommen.¹⁰³

⁹⁸ Vgl. BORTZ, J.; SCHUSTER, C.: Statistik für Human- und Sozialwissenschaftler - 7.Auflage. S. 171

⁹⁹ Vgl. BORTZ, J.; SCHUSTER, C.: Statistik für Human- und Sozialwissenschaftler - 7.Auflage. S. 171

¹⁰⁰ Vgl. BORTZ, J.; SCHUSTER, C.: Statistik für Human- und Sozialwissenschaftler - 7.Auflage. S. 171

¹⁰¹ Vgl. BORTZ, J.; SCHUSTER, C.: Statistik für Human- und Sozialwissenschaftler - 7.Auflage. S. 153

¹⁰² Vgl. BORTZ, J.; SCHUSTER, C.: Statistik für Human- und Sozialwissenschaftler - 7.Auflage. S. 339

2.2.1 Kovarianz

Die Kovarianz ist ein nicht standardisiertes Zusammenhangsmaß, das zur Beschreibung linearer Zusammenhänge verwendet wird.

Kovarianz

Sie wird durch folgende Formel berechnet:

$$s_{xy} = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x}) \cdot (y_i - \bar{y})}{n - 1}. \quad (56)$$

(x_i, y_i) Messdatenpaare

\bar{x} arithmetische Mittel der x-Werte

\bar{y} arithmetische Mittel der y-Werte

Die Kovarianz spiegelt wider, wie weit die Punkte von einer hypothetischen Geraden (= Gerade, die den Punkteschwarm gut repräsentiert) entfernt liegen. Ein hoher Betrag der Kovarianz bedeutet, dass die Punkte nahe an der Geraden liegen.

Entspricht ein überdurchschnittlicher Wert der Variablen x oft einem überdurchschnittlichen Wert in y bzw. ein unterdurchschnittlicher Wert in x einem unterdurchschnittlichen Wert in y, so ergibt sich ein hohes positives Abweichungsprodukt $(x_i - \bar{x}) \cdot (y_i - \bar{y})$ und damit auch eine hohe **positive Kovarianz**. Die hypothetische Gerade weist in diesem Fall eine positive Steigung auf (siehe Bild 2.1).

Positive Kovarianz

Entspricht ein überdurchschnittlicher Wert der Variablen x oft einem unterdurchschnittlichen Wert in y bzw. ein unterdurchschnittlicher Wert in x einem überdurchschnittlichen Wert in y, so ergibt sich ein hohes negatives Abweichungsprodukt $(x_i - \bar{x}) \cdot (y_i - \bar{y})$ und damit eine hohe **negative Kovarianz**. Wie im Bild 2.2 zu sehen ist, ist die Steigung der hypothetischen Geraden negativ.

Negative Kovarianz

Je höher die Kovarianz (positiv oder negativ) ist, desto größer ist die Abhängigkeit (positiv oder negativ) zwischen den Variablen und desto besser ist der lineare Zusammenhang.

Entspricht ein überdurchschnittlicher Wert der Variablen x sowohl einem unterdurchschnittlichen als auch einem unterdurchschnittlichen Wert in y und umgekehrt, so besteht **keine Kovarianz** zwischen den beiden Merkmalen (siehe Bild 2.3).

Keine Kovarianz

Ist die Kovarianz zweier Merkmale null, dann sind die beiden Merkmale voneinander unabhängig. Es herrscht kein linearer Zusammenhang.

¹⁰³ BORTZ, J.; SCHUSTER, C.: Statistik für Human- und Sozialwissenschaftler - 7. Auflage. S. 153 ff

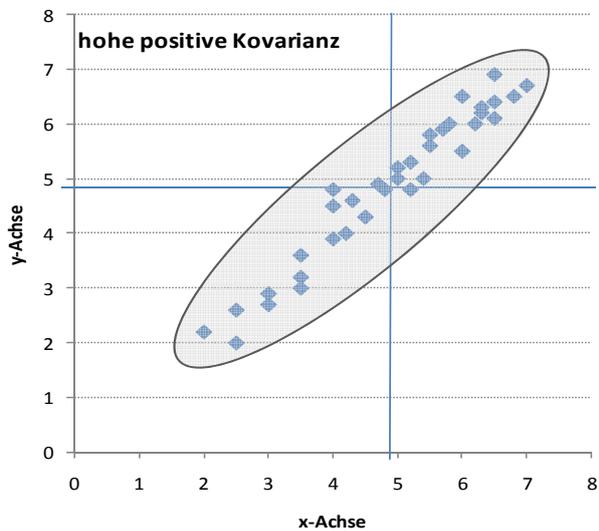


Bild 2.1: Grafische Veranschaulichung einer positiven Kovarianz¹⁰⁴

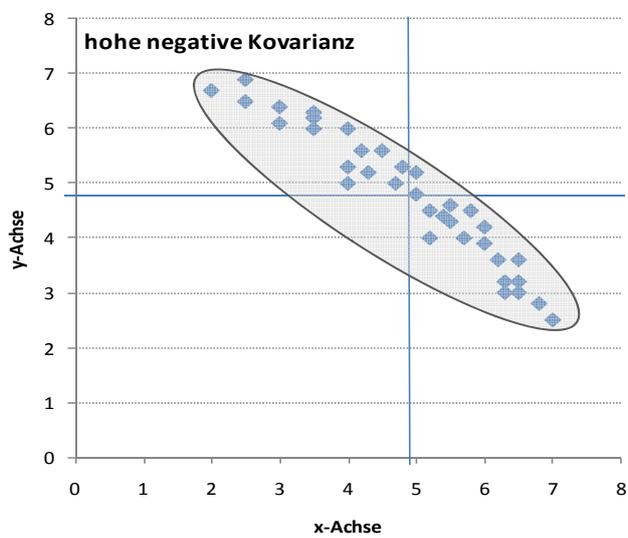
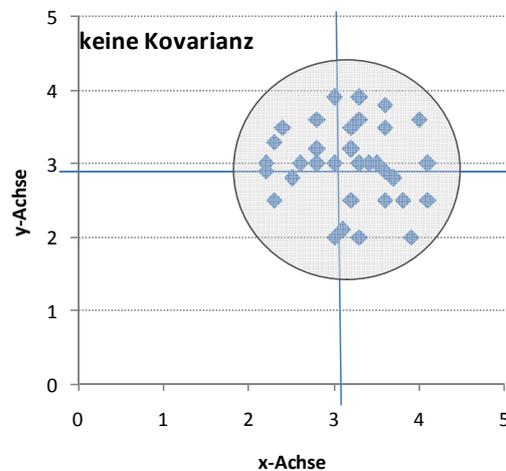


Bild 2.2: Grafische Veranschaulichung einer negativen Kovarianz¹⁰⁵

¹⁰⁴ Vgl. BORTZ, J.; SCHUSTER, C.: Statistik für Human- und Sozialwissenschaftler - 7. Auflage. S. 154

¹⁰⁵ Vgl. BORTZ, J.; SCHUSTER, C.: Statistik für Human- und Sozialwissenschaftler - 7. Auflage. S. 154



Streudiagramme zur grafischen Veranschaulichung von Kovarianzen

Bild 2.3: Grafische Veranschaulichung unabhängiger Merkmale¹⁰⁶

Die Streudiagramme im Bild 2.1 und Bild 2.2 zeigen, dass bei normalverteilten Merkmalen die Umhüllende des Punkteschwarms bei hoher Kovarianz einer Ellipse entspricht, die immer enger bzw. schmaler wird, je höher der Betrag der Kovarianz ist. Gleicht die Umhüllende eher einem Kreis, besteht keine Kovarianz (Bild 2.3).

Der Nachteil der Kovarianz ist die Abhängigkeit vom Maßstab der zugrunde liegenden Variablen. Die Kovarianz als Zusammenhangsmaß heranzuziehen, ist nur sinnvoll, wenn ein verbindlicher Maßstab, wie beispielsweise Maßeinheiten für Gewicht, Länge oder Zeit, vorgegeben ist. Da die Festlegung des Maßstabes intervallskalierter Variablen meist recht willkürlich geschieht, ist die Kovarianz als Zusammenhangsmaß zweier Merkmale nur wenig geeignet.

Nachteil der Kovarianz

Aus diesem Grund wurde ein weiteres Maß zur Kennzeichnung der Enge des linearen Zusammenhangs entwickelt, das gegenüber Maßstabsveränderungen der untersuchten Merkmale unveränderlich ist, nämlich der Korrelationskoeffizient (oder die Produkt-Moment-Korrelation).

¹⁰⁶ Vgl. BORTZ, J.; SCHUSTER, C.: Statistik für Human- und Sozialwissenschaftler - 7. Auflage. S. 154

2.2.2 Produkt-Moment-Korrelation

Galton und *Pearson* untersuchten mit dem Zusammenhangsmaß die Beziehung von Körperbaumaßen zwischen Eltern- und Kindergenerationen. Von ihnen stammen daher die ersten Anwendungen des Korrelationskoeffizienten. *Pearson* war in weiterer Folge auch entscheidend an der Weiterentwicklung des Korrelationskoeffizienten beteiligt. Allerdings nahm die Korrelationsrechnung erst mit einem Artikel von *Bravais* (1846) ihren Anfang. Aus diesem Grund wird der klassische Korrelationskoeffizient gelegentlich ‚Bravais-Pearson-Korrelation‘ genannt.

Entwicklung des
Korrelationskoeffizienten

Der Korrelationskoeffizient r berechnet sich aus der Division der Kovarianz zweier Variablen durch das Produkt der Standardabweichungen der Variablen. Die Formel lautet daher:

Berechnungsvorschrift des
Korrelationskoeffizienten

$$r_{xy} = \frac{s_{xy}}{s_x s_y} = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x}) \cdot (y_i - \bar{y})}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2} \cdot \sqrt{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2}} \quad (57)$$

Aufgrund der Division der Kovarianz durch das Produkt der Standardabweichungen werden Maßstabs- bzw. Streuungsunterschiede zwischen den Variablen kompensiert.

Eigenschaften des Korrelationskoeffizienten¹⁰⁷ (siehe auch Bild 2.4):

Eigenschaften des
Korrelationskoeffizienten

1. Der Korrelationskoeffizient r beschreibt die Enge des linearen Zusammenhangs durch eine Zahl r .
2. Der Korrelationskoeffizient nimmt nur Werte zwischen -1 und 1 an.
3. Das Vorzeichen des Korrelationskoeffizienten gibt die Richtung des Zusammenhangs an.
 - ♦ Ist $r = 1$, liegen alle Messpunkte auf einer Geraden mit positiver Steigung. Man spricht von einem **perfekt positiven Zusammenhang**.
 - ♦ Ist $r = -1$, liegen alle Messpunkte ebenfalls auf einer Geraden, jedoch mit negativer Steigung. Man spricht von einem **perfekt negativen Zusammenhang**.
4. Ist $r = 0$, besteht **kein linearer Zusammenhang**. Man spricht auch von **unkorrelierten** Variablen.
5. Je näher der Korrelationskoeffizient bei -1 oder 1 liegt, desto stärker ist die lineare Abhängigkeit.

¹⁰⁷ Vgl. BORTZ, J.; SCHUSTER, C.: Statistik für Human- und Sozialwissenschaftler - 7. Auflage. S. 156ff und KREML, S.: Regressionsmethoden und Anwendungen. Diplomarbeit. S. 31f

Wie die beiden rechten Grafiken im Bild 2.4 zeigen, bedeutet ein Korrelationskoeffizient $r = 0$ nicht unbedingt, dass kein Zusammenhang zwischen den Variablen herrscht. Es handelt sich lediglich um keinen linearen Zusammenhang. Die hier vorliegenden Punktepaaire weisen stattdessen einen perfekten quadratischen Zusammenhang auf.

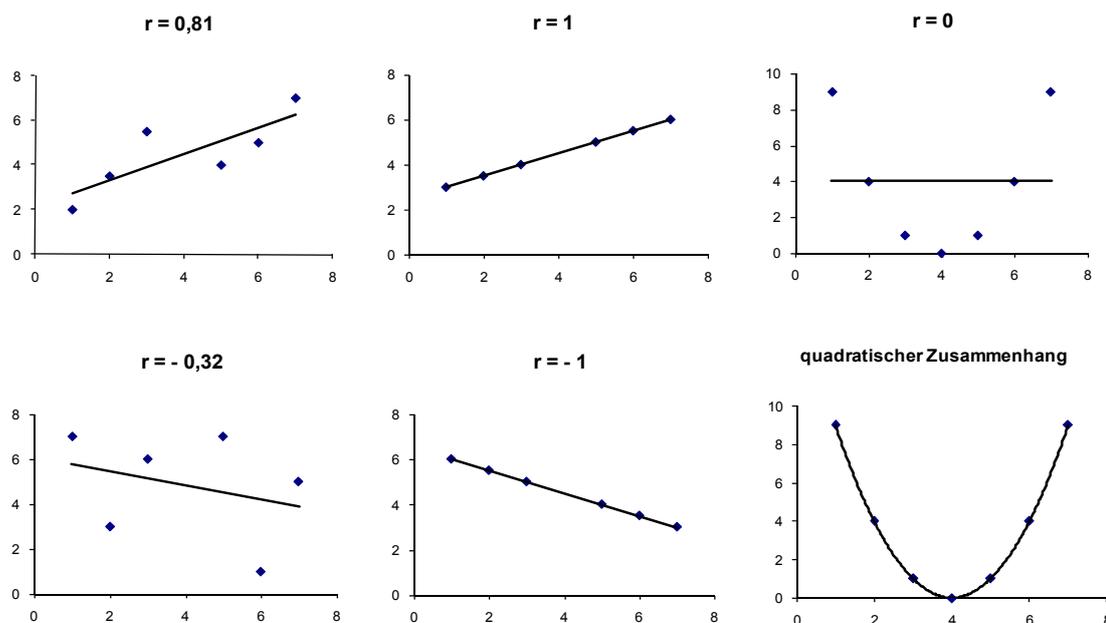


Bild 2.4: Grafische Veranschaulichung von Korrelationskoeffizienten¹⁰⁸

Liegen nicht alle Punkte auf einer Geraden, dann wird die Gerade so in den Punkteschwarm gelegt, dass die Summe der quadratischen vertikalen Abstände zwischen den Datenpunkten und der Geraden minimal wird. Diese Gerade heißt Regressionsgerade.¹⁰⁹

Regressionsgerade

Korrelation und Kausalität

Gibt es zwischen zwei Variablen eine Korrelation, so kann diese Korrelation im kausalen Sinn folgendermaßen interpretiert werden:

Zusammenhang zwischen Korrelation und Kausalität

- x beeinflusst y kausal,
- y beeinflusst x kausal,
- x und y werden von einer dritten oder weiteren Variablen kausal beeinflusst,

¹⁰⁸ KREMPL, S.: Regressionsmethoden und Anwendungen. Diplomarbeit. S. 32

¹⁰⁹ Vgl. KREMPL, S.: Regressionsmethoden und Anwendungen. Diplomarbeit. S. 18

- x und y beeinflussen sich wechselseitig kausal.

Der Korrelationskoeffizient liefert keinerlei Informationen darüber, welche dieser vier Interpretationen die richtige ist. Die meisten korrelativen Zusammenhänge dürften vom Typus 3 sein. Das bedeutet, dass der Zusammenhang der beiden Merkmale ursächlich auf andere Größen zurückzuführen ist, die auf beide Merkmale Einfluss haben.

Korrelationen dürfen daher ohne Zusatzinformationen nicht kausal interpretiert werden.

Mittelwertbildung von mehreren Korrelationskoeffizienten

Liegen mehrere verschiedene Stichproben vor, aus denen jeweils der Korrelationskoeffizient berechnet wurde, ist oftmals der durchschnittliche (gemittelte) Korrelationskoeffizient von Interesse. Allerdings liefert der Mittelwert der aus den Stichproben ermittelten Korrelationskoeffizienten kein sinnvolles Ergebnis.

Aus diesem Grund werden die einzelnen Korrelationskoeffizienten einer sogenannten ‚Fisher Z-Transformation‘¹¹⁰ unterzogen. Diese Transformation bewirkt, dass höhere Korrelationen bei der Mittelwertberechnung stärker gewichtet werden als kleinere.

Die Transformationsgleichung lautet für $r \neq -1$, $r \neq 1$:

$$Z = \frac{1}{2} \cdot \ln \left(\frac{1+r}{1-r} \right). \quad (58)$$

Das Bild 2.5 zeigt den Funktionsgraphen der Fisher Z-Werte. Die Fisher Z-Werte für die entsprechenden Korrelationskoeffizienten können auch der Tabelle im Anhang A.2 entnommen werden. Da die Fisher Z-Werte für negative Korrelationskoeffizienten bis auf das Vorzeichen jenen für positive Korrelationskoeffizienten entsprechen, sind nur die positiven Korrelationen bzw. Z-Werte tabelliert.

Die Berechnung des Mittelwertes der Korrelationskoeffizienten erfolgt durch die Bildung des Mittelwertes der Fisher Z-transformierten Korrelationskoeffizienten und anschließender Rücktransformation des gemittelten Z-Wertes. Die Gleichung der Rücktransformation ergibt sich unmittelbar durch Auflösen der Transformationsgleichung nach r und lautet:

$$r = \frac{e^{2Z} - 1}{e^{2Z} + 1}. \quad (59)$$

¹¹⁰ Die Fisher Z-Transformation ist eine von Fisher (1918) vorgeschlagene Umrechnung in Z-Werte.

Mittelwertbildung von mehreren Korrelationskoeffizienten

Fisher Z-Transformation

Transformationsgleichung und Funktionsgraph der Fisher Z-Werte

Berechnung des Mittelwertes der Korrelationskoeffizienten



Basieren Korrelationen auf sehr großen Stichprobenumfängen, kommt die folgende Transformationsgleichung zum Einsatz:

$$\bar{Z} = \frac{\sum_{j=1}^k (n_j - 3) \cdot Z_j}{\sum_{j=1}^k (n_j - 3)}. \quad (60)$$

Der \bar{Z} -Wert entspricht dem durchschnittlichen Z-Wert, Z_j sind die Fisher Z-Werte der zu mittelnden Korrelationen und n_j die entsprechenden Stichprobenumfänge.

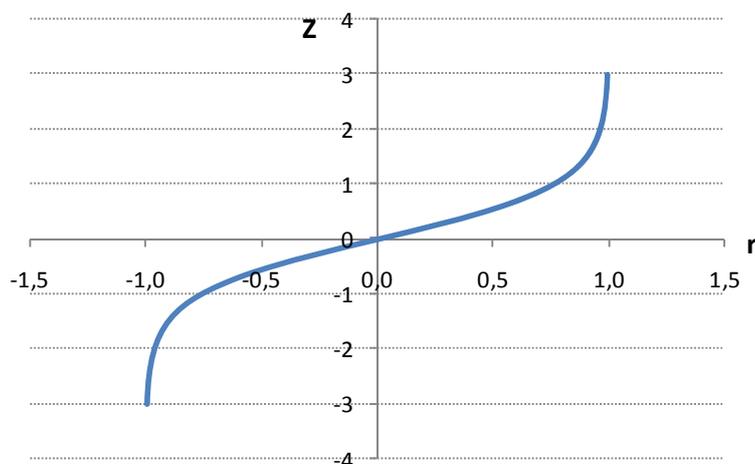


Bild 2.5: Funktionsgraph der Fisher Z-Transformation der Korrelationswerte¹¹¹

Abschließend sei noch erwähnt, dass für die Verallgemeinerung einer Korrelation auf die Grundgesamtheit unbedingt vorausgesetzt werden muss, dass die Stichprobe tatsächlich zufällig gezogen worden ist und keine irgendwie geartete systematische Selektion darstellt. Es wäre wünschenswert, wenn die Stichprobe die gesamte Variationsbreite der Merkmale enthält.

Um zu überprüfen, ob für die Population tatsächlich eine Korrelation ρ besteht, muss ein Hypothesentest mit der empirisch ermittelten Korrelation r der Stichprobe durchgeführt werden.

Die Nullhypothese lautet: $H_0: \rho = 0$

und die Alternativhypothese: $H_1: \rho \neq 0$

Signifikanzprüfung

¹¹¹ Vgl. BORTZ, J.; SCHUSTER, C.: Statistik für Human- und Sozialwissenschaftler - 7. Auflage. S. 160

Die Testgröße t ist gegeben durch die Gleichung

$$t = \frac{r \cdot \sqrt{n-2}}{\sqrt{1-r^2}} \quad (61)$$

und t -verteilt mit $n - 2$ Freiheitsgraden. Der Wert der Testgröße t muss mit dem für ein bestimmtes Signifikanzniveau α kritischen t -Wert gemäß der Tabelle im Anhang A.1.2 verglichen werden (siehe Abschnitt 4.2.1).

Auf Grund der Formulierung der Alternativhypothese, $H_1: \rho \neq 0$, handelt es sich hierbei um einen zweiseitigen Hypothesentest.

2.2.3 Punktbiseriale Korrelation

Die punktbiseriale Korrelation r_{pb} stellt eine Korrelation zwischen einem dichotomen und einem intervallskalierten Merkmal dar.

Anwendung und
Berechnungsvorschrift der
punktbiserialen Korrelation

Die Gleichung

$$r_{pb} = \frac{\bar{y}_1 - \bar{y}_0}{s_y} \cdot \sqrt{\frac{n_0 \cdot n_1}{n \cdot (n-1)}} \quad (62)$$

ergibt sich aus der Produkt-Moment-Korrelation durch Einsetzen der Werte 0 und 1 für das dichotome Merkmal. Die Variablen n_0 und n_1 der Gleichung stehen für die Anzahl der Untersuchungsobjekte in den beiden Merkmalskategorien, \bar{y}_0 sowie \bar{y}_1 für die entsprechenden durchschnittlichen Ausprägungen des intervallskalierten Merkmals y und s_y für die Standardabweichung aller y -Werte. Für die Berechnung der Standardabweichung wird die Gruppenzugehörigkeit demnach ignoriert.

Die Signifikanzprüfung der Nullhypothese $H_0: \rho = 0$ erfolgt bei der punktbiserialen Korrelation gleich wie bei der Produkt-Moment-Korrelation mittels einer t -verteilten Testgröße t mit $n - 2$ Freiheitsgraden.

Signifikanzprüfung

$$t = \frac{r_{pb} \cdot \sqrt{n-2}}{\sqrt{1-r_{pb}^2}} \quad (63)$$

Der Wert der Testgröße t muss wiederum mit dem für ein bestimmtes Signifikanzniveau α kritischen t -Wert gemäß der Tabelle im Anhang A.1.2 verglichen werden. Es handelt sich erneut um einen zweiseitigen Hypothesentest mit der Alternativhypothese $H_1: \rho \neq 0$.

Aus untersuchungstechnischen und ökonomischen Gründen kann es sein, dass ein metrisches Merkmal in zwei Kategorien eingeteilt, sprich künstlich dichotomisiert wird. Zum Beispiel die Klassifizierung aller Ein-

familienhäuser mit weniger als 150 m² Wohnfläche als „kleines Haus“ und alle Einfamilienhäuser mit mehr als 150 m² als „großes Haus“.

Der Zusammenhang zwischen einem künstlich dichotomisiertem Merkmal und einem intervallskalierten Merkmal mit der Voraussetzung, dass beide Merkmale ursprünglich normalverteilt waren, wird durch die sogenannte **biseriale Korrelation** r_{bis} berechnet. Da die biseriale Korrelation mehr voraussetzt als die punktbiseriale Korrelation und im Zweifelsfall letztere vorgezogen werden soll, wird die Berechnungsformel nicht angeführt. Es ist jedoch zu beachten, dass die punktbiseriale Korrelation zweier normalverteilter Merkmale eine Unterschätzung des Zusammenhangs widerspiegelt.

Anwendung der biserialen Korrelation

Weitere Informationen zur biserialen Korrelation findet man im Buch von *Bortz, Schuster* mit dem Titel „Statistik für Human- und Sozialwissenschaftler“¹¹².

2.2.4 Φ -Koeffizient

Mit Hilfe des Φ -Koeffizienten kann der Zusammenhang zwischen zwei dichotomen Merkmalen ermittelt werden.

Anwendung und Berechnungsvorschrift des Φ -Koeffizienten

Der Φ -Koeffizient lässt sich ebenfalls aus der Produkt-Moment-Korrelation ableiten. Die Berechnungsvorschrift lautet:

$$\Phi = \frac{a \cdot d - b \cdot c}{\sqrt{(a + c) \cdot (b + d) \cdot (a + b) \cdot (cd)}} \quad (64)$$

a, b, c, d Häufigkeiten der einzelnen Kombinationen der beiden Merkmalsalternativen (siehe Tabelle 2.2)

Tabelle 2.2: Beispielhafte Darstellungen einer 2 x 2-Tabelle zur Berechnung des Φ -Koeffizienten [in Anlehnung an *Bortz, Schuster*¹¹³]

		y		
		0	1	
x	0	a = 15	b = 35	50
	1	c = 30	d = 30	60
		45	65	110

Der Φ -Koeffizient liegt nur dann im üblichen Wertebereich -1 bis +1 einer Korrelation, wenn die Aufteilung der Stichprobe in die Alternative x der Aufteilung in die Alternative von y entspricht.

¹¹² BORTZ, J.; SCHUSTER, C.: Statistik für Human- und Sozialwissenschaftler - 7. Auflage. S. 172ff

¹¹³ Vgl. BORTZ, J.; SCHUSTER, C.: Statistik für Human- und Sozialwissenschaftler - 7. Auflage. S. 174f

Die Signifikanzprüfung der Nullhypothese $H_0: \rho = 0$ von Φ erfolgt über einen zweiseitigen Hypothesentest einer χ^2 -verteilten Testgröße mit einem Freiheitsgrad.

Signifikanzprüfung

$$\chi^2 = n \cdot \Phi \quad (65)$$

Der Wert der Testgröße χ^2 muss mit dem kritischen χ^2 -Wert gemäß der Tabelle im Anhang A.1.1 verglichen werden. Ist der Wert der Testgröße χ^2 größer als jener für ein bestimmtes Signifikanzniveau α aus der Tabelle im Anhang A.1.1 abgelesene kritische Wert, liegt ein signifikantes Ergebnis vor.

Für die Korrelation zweier künstlich dichotomisierter Merkmale kommt der tetrachorische Korrelationskoeffizient r_{tet} , dessen Entwicklung ebenfalls auf *Pearson* (1907) zurückgeht, zur Anwendung. Da die Berechnungsformel sehr kompliziert ist und in weiterer Folge für diese Masterarbeit nicht benötigt wird, wird nicht näher darauf eingegangen.

Anwendung des tetrachorischen Korrelationskoeffizienten

2.2.5 Rangkorrelation

Die Rangkorrelation wird bei der Korrelation einer Intervallskala mit einer Ordinalskala und bei der Korrelation zweier Ordinalskalen verwendet.

Anwendung und Berechnungsvorschrift der Rangkorrelation

In der Praxis wird das intervallskalierte Merkmal in eine Rangreihe gebracht und anschließend zwischen den beiden Rangreihen eine Rangkorrelation für zwei ordinalskalierte Merkmale durchgeführt. Diese wird auch Rangkorrelation nach *Spearman* r_s genannt.

Da die Rangreihen der beiden Merkmale nur die Werte 1 bis n annehmen können, ist die Rangkorrelation r_s mit der Produkt-Moment-Korrelation identisch. Anstelle der intervallskalierten Messwerte werden die Rangdaten in die Produkt-Moment-Korrelation eingesetzt. Damit ergibt sich aus der Produkt-Moment-Korrelation folgende Formel:

$$r_s = 1 - \frac{6 \cdot \sum_{i=1}^n d_i^2}{n \cdot (n^2 - 1)} \quad (66)$$

d_i Differenz der Rangplätze des i -ten Untersuchungsobjektes bzgl. der beiden Merkmale

Es ist dabei zu beachten, dass die Rangkorrelation nur dann nach der eben angeführten Gleichung berechnet werden kann, wenn die Gesamtzahl aller verbundenen Ränge maximal 20 % aller Rangplätze ausmacht. Ein verbundener Rang (Ranggruppe) liegt vor, wenn ein Rang innerhalb einer Rangreihe öfter als einmal auftritt. Verbundene Rangplätze sind demnach gleiche Rangplätze.

Macht die Gesamtzahl aller verbundenen Ränge mehr als 20 % aller Rangplätze aus, ist die Rangkorrelation r_s nach folgender Formel zu berechnen:

$$r_s = \frac{2 \cdot \left(\frac{n^3 - n}{12}\right) - T - U - \sum_{i=1}^n d_i^2}{2 \cdot \sqrt{\left(\frac{n^3 - n}{12} - T\right) \cdot \left(\frac{n^3 - n}{12} - U\right)}, \quad (67)$$

mit

$$T = \sum_{j=1}^{k(x)} (t_j^3 - t_j)/12,$$

$$U = \sum_{j=1}^{k(y)} (u_j^3 - u_j)/12,$$

$t_j =$ Anzahl der in t_j zusammengefassten Ränge in der Variablen x ,

$u_j =$ Anzahl der in u_j zusammengefassten Ränge in der Variablen y ,

$k(x), k(y) =$ Anzahl der verbundenen Ränge (Ranggruppen) in der Variablen x bzw. y

Die Signifikanzprüfung der Nullhypothese $H_0: \rho = 0$ erfolgt bei der Rangkorrelation wieder mittels eines zweiseitigen Hypothesentests einer t-verteilter Testgröße t mit $n - 2$ Freiheitsgraden.

Signifikanzprüfung

$$t = \frac{r_s \cdot \sqrt{n - 2}}{\sqrt{1 - r_s^2}} \quad (68)$$

2.2.6 Biseriale Rangkorrelation

Die biseriale Rangkorrelation r_{bisR} berechnet die Stärke des Zusammenhangs zwischen einem künstlich oder natürlich vorliegenden dichotomen Merkmal und einem rangskalierten Merkmal. Die biseriale Rangkorrelation, die von *Cureton* (1956) bzw. *Glass* (1966) entwickelt wurde, ist mit der biserialen Korrelation identisch (gezeigt von *Glass* (1966)) und daraus leitet sich folgende Berechnungsvorschrift ab:

Anwendung und Berechnungsvorschrift der biserialen Rangkorrelation

$$r_{\text{bisR}} = \frac{2}{n} \cdot (\bar{y}_1 - \bar{y}_2). \quad (69)$$

n Stichprobenumfang

\bar{y}_1 durchschnittlicher Rangplatz der zu x_1 gehörenden Untersuchungseinheit

\bar{y}_2 durchschnittlicher Rangplatz der zu x_2 gehörenden Untersuchungseinheit

Problematisch ist die Anwendung der Gleichung, wenn verbundene Rangplätze bei mehreren Untersuchungseinheiten auftreten.

Die Signifikanzprüfung der Nullhypothese $H_0: \rho_{\text{bisR}} = 0$ erfolgt weder mittels einer t-verteilter noch mittels einer χ^2 -verteilter Testgröße, sondern über einen sogenannten ‚U-Test‘. Dieser ist in der vorliegenden Masterarbeit nicht angeführt, da die biseriale Rangkorrelation in weiterer Folge nicht zur Anwendung kommt. Weitere Informationen dazu sind im Buch von *Bortz, Schuster*¹¹⁴ zu finden.

Signifikanzprüfung

2.2.7 Partielle Korrelation

Wie bereits im Abschnitt 2.2.2 Produkt-Moment-Korrelation angeführt wurde, sind die meisten Korrelationen zweier Merkmale ursächlich von einem Merkmal oder mehreren weiteren Merkmalen beeinflusst.

Anwendung und
Berechnungsvorschrift der
partiellen Korrelation

Mit Hilfe der partiellen Korrelation kann der Einfluss sogenannter Drittvariablen bei der Analyse zweier Variablenbeziehungen „kontrolliert“, das heißt, statistisch konstant gehalten werden.

*Die **partielle Korrelation** gibt somit den linearen Zusammenhang zweier Variablen an, aus dem der lineare Einfluss einer dritten Variablen eliminiert wurde.*

Die Berechnungsformel für die partielle Korrelation lautet:

$$r_{01\cdot 2} = \frac{r_{01} - r_{02} \cdot r_{12}}{\sqrt{1 - r_{02}^2} \cdot \sqrt{1 - r_{12}^2}} \quad (70)$$

$r_{01\cdot 2}$ *bivariate Korrelation zwischen den Variablen $x^{(0)}$ und $x^{(1)}$ unter Konstanthaltung der Variablen $x^{(2)}$*

r_{01} *Korrelationskoeffizient der Variablen $x^{(0)}$ und $x^{(1)}$*

r_{02} *Korrelationskoeffizient der Variablen $x^{(0)}$ und $x^{(2)}$*

r_{12} *Korrelationskoeffizient der Variablen $x^{(1)}$ und $x^{(2)}$*

Die Stärke des Zusammenhangs zweier Merkmale, die nicht nur von einem weiteren Merkmal sondern von 2 weiteren Merkmalen abhängen, kann durch die partielle Korrelation 2. Ordnung mit folgender Berechnungsgleichung bestimmt werden:

Partielle Korrelation
2. Ordnung

$$r_{01\cdot 23} = \frac{r_{01\cdot 2} - r_{03\cdot 2} \cdot r_{13\cdot 2}}{\sqrt{1 - r_{03\cdot 2}^2} \cdot \sqrt{1 - r_{13\cdot 2}^2}} \quad (71)$$

¹¹⁴ BORTZ, J.; SCHUSTER, C.: Statistik für Human- und Sozialwissenschaftler - 7. Auflage. S. 177 f

$r_{01.23}$ entspricht dabei der Korrelation der Variablen $x^{(0)}$ und $x^{(1)}$ unter der Kontrolle der Variablen $x^{(2)}$ und $x^{(3)}$.

Analog können auch partielle Korrelationen höherer Ordnungen berechnet werden. Allerdings steigt der Rechenaufwand mit zunehmender Anzahl an zu kontrollierenden Variablen rasant an, da sämtliche partielle Korrelationen niedriger Ordnungen für die Berechnung benötigt werden.

Partielle Korrelationen
höherer Ordnungen

Die partielle Korrelation gibt den Zusammenhang zweier ‚bereinigter‘ Variablen an. Dabei handelt es sich in der Praxis meist um die Korrelation zweier Ausgangsgrößen einer Zielfunktion $y(x^{(1)}, \dots, x^{(n)})$.

Soll hingegen eine ‚bereinigte‘ Größe mit einer ‚unbereinigten‘ korreliert werden, kommt die sogenannte **semipartielle Korrelation** sr_j zum Einsatz. In der Praxis bedeutet das meistens die Korrelation einer ‚bereinigten‘ Ausgangsgröße mit der ‚unbereinigten‘ Zielgröße $y(x^{(1)}, \dots, x^{(n)})$.

Anwendung und
Berechnungsvorschrift der
semipartiellen Korrelation

Die Schreibweise sr_j gibt an, dass die j -te Ausgangsgröße, welche von den restlichen Ausgangsgrößen bereinigt wurde, mit der unbereinigten Zielgröße y korreliert wird.

Für den Fall, dass die unbereinigte Größe y nur von zwei Ausgangsgrößen $x^{(1)}$ und $x^{(2)}$ abhängt, können die semipartiellen Korrelationen durch folgende Gleichungen berechnet werden:

$$\begin{aligned} sr_1 &= \frac{r_{y1} - r_{y2} \cdot r_{12}}{\sqrt{1 - r_{12}^2}}, \\ sr_2 &= \frac{r_{y2} - r_{y1} \cdot r_{12}}{\sqrt{1 - r_{12}^2}}. \end{aligned} \quad (72)$$

Die enge Verwandtschaft zwischen den Formeln der partiellen Korrelation und der semipartiellen Korrelation wird einerseits durch einen Vergleich sichtbar und andererseits gilt:

$$\begin{aligned} sr_1 &= r_{y1.2} \cdot \sqrt{1 - r_{y2}^2}, \\ sr_2 &= r_{y2.1} \cdot \sqrt{1 - r_{y1}^2}. \end{aligned} \quad (73)$$

Beispiel zur partiellen Korrelation

Als Abschluss dieses Kapitels wird die Berechnung einer partiellen Korrelation anhand eines demonstrativen Beispiels durchgeführt.

Bei dem Beispiel handelt es sich um ein Unternehmen, das für 10 seiner produzierten Produkte überprüfen möchte, wie stark der Zusammenhang zwischen dem Produktpreis und den Verkaufszahlen ist, wenn der Einfluss der Werbekosten auspartialisiert wird.¹¹⁵

Die vorliegenden Daten aus einer Erhebung sind in Tabelle 2.3 zu sehen.

Tabelle 2.3: Daten aus der Erhebung eines Monats für 10 produzierte Produkte eines Unternehmens¹¹⁶

Produkt	$X_i^{(1)}$ Preis [€]	$X_i^{(2)}$ Werbung in 10000 [€]	$X_i^{(3)}$ Verkaufszahlen in 1000 [Stk.]
1	7	8	24
2	3	9	28
3	4	4	19
4	8	6	17
5	7	0	11
6	5	2	21
7	9	7	18
8	2	6	27
9	5	3	21
10	2	1	22
Summe:	52	46	208

Für die Berechnung der partiellen Korrelation werden die Korrelationskoeffizienten zwischen den einzelnen Größen benötigt. Diese sind wiederum vom Mittelwert, der Standardabweichung und der Kovarianz der einzelnen Variablen abhängig.

Aus diesem Grund wurde die Tabelle 2.3 um einige nützliche Werte ergänzt, die in der Tabelle 2.4 dargestellt sind.

¹¹⁵ Vgl. BORTZ, J.; SCHUSTER, C.: Statistik für Human- und Sozialwissenschaftler - 7. Auflage. S. 361

¹¹⁶ Vgl. BORTZ, J.; SCHUSTER, C.: Statistik für Human- und Sozialwissenschaftler - 7. Auflage. S. 361

Tabelle 2.4: erweiterte Wertetabelle für das Produkt-Beispiel – $\bar{x}_m^{(i)}$ steht für Mittelwert $\bar{x}^{(i)}$, $i = 1$ bis 3

Produkt	$x_i^{(1)}$ Preis [€]	$x_i^{(2)}$ Werbung in 10000 [€]	$x_i^{(3)}$ Verkaufsz. in 1000 [Stk.]	$(x_i^{(1)} - \bar{x}_m^{(1)})^2$	$(x_i^{(2)} - \bar{x}_m^{(2)})^2$	$(x_i^{(3)} - \bar{x}_m^{(3)})^2$	$(x_i^{(1)} - \bar{x}_m^{(1)})(x_i^{(2)} - \bar{x}_m^{(2)})$	$(x_i^{(1)} - \bar{x}_m^{(1)})(x_i^{(3)} - \bar{x}_m^{(3)})$	$(x_i^{(2)} - \bar{x}_m^{(2)})(x_i^{(3)} - \bar{x}_m^{(3)})$
1	7	8	24	3,24	11,56	10,24	6,12	5,76	10,88
2	3	9	28	4,84	19,36	51,84	-9,68	-15,84	31,68
3	4	4	19	1,44	0,36	3,24	0,72	2,16	1,08
4	8	6	17	7,84	1,96	14,44	3,92	-10,64	-5,32
5	7	0	11	3,24	21,16	96,04	-8,28	-17,64	45,08
6	5	2	21	0,04	6,76	0,04	0,52	-0,04	-0,52
7	9	7	18	14,44	5,76	7,84	9,12	-10,64	-6,72
8	2	6	27	10,24	1,96	38,44	-4,48	-19,84	8,68
9	5	3	21	0,04	2,56	0,04	0,32	-0,04	-0,32
10	2	1	22	10,24	12,96	1,44	11,52	-3,84	-4,32
Summe:	52	46	208	55,6	84,4	223,60	9,80	-70,60	80,20

Mit Hilfe dieser Tabelle ergeben sich die Mittelwerte $\bar{x}^{(1)}$, $\bar{x}^{(2)}$, $\bar{x}^{(3)}$ zu:

$$\bar{x}^{(1)} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i^{(1)}}{n} = \frac{52}{10} = 5,2,$$

$$\bar{x}^{(2)} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i^{(2)}}{n} = \frac{46}{10} = 4,6,$$

$$\bar{x}^{(3)} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i^{(3)}}{n} = \frac{208}{10} = 20,8.$$

Die Berechnung der Standardabweichungen $s_{x^{(1)}}$, $s_{x^{(2)}}$, $s_{x^{(3)}}$ und der Kovarianzen $s_{x^{(1)}x^{(2)}}$, $s_{x^{(1)}x^{(3)}}$, $s_{x^{(2)}x^{(3)}}$ ergibt:

$$s_{x^{(1)}} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i^{(1)} - \bar{x}^{(1)})^2}{n-1}} = \sqrt{\frac{55,6}{9}} = 2,4855,$$

$$s_{x^{(2)}} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i^{(2)} - \bar{x}^{(2)})^2}{n-1}} = \sqrt{\frac{84,4}{9}} = 3,0623,$$

$$s_{x^{(3)}} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i^{(3)} - \bar{x}^{(3)})^2}{n-1}} = \sqrt{\frac{223,60}{9}} = 4,9844,$$

$$s_{x^{(1)}x^{(2)}} = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i^{(1)} - \bar{x}^{(1)}) \cdot (x_i^{(2)} - \bar{x}^{(2)})}{n-1} = \frac{9,80}{9} = 1,0889,$$

$$s_{x^{(1)}x^{(3)}} = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i^{(1)} - \bar{x}^{(1)}) \cdot (x_i^{(3)} - \bar{x}^{(3)})}{n-1} = \frac{-70,60}{9} = -7,8444,$$

$$s_{x^{(2)}x^{(3)}} = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i^{(2)} - \bar{x}^{(2)}) \cdot (x_i^{(3)} - \bar{x}^{(3)})}{n-1} = \frac{80,20}{9} = 8,9111.$$

Durch Einsetzen der Standardabweichungen und Kovarianzen in die Gleichung 57 erhält man für die Korrelationskoeffizienten r_{12} , r_{13} und r_{23} :

$$r_{12} = \frac{S_{X^{(1)}X^{(2)}}}{S_{X^{(1)}} \cdot S_{X^{(2)}}} = \frac{1,0889}{2,4855 \cdot 3,0623} = 0,1431,$$

$$r_{13} = \frac{S_{X^{(1)}X^{(3)}}}{S_{X^{(1)}} \cdot S_{X^{(3)}}} = \frac{-7,8444}{2,4855 \cdot 4,9844} = -0,6332,$$

$$r_{23} = \frac{S_{X^{(2)}X^{(3)}}}{S_{X^{(2)}} \cdot S_{X^{(3)}}} = \frac{8,9111}{3,0623 \cdot 4,9844} = 0,5838.$$

Damit kann im letzten Schritt die partielle Korrelation $r_{12.3}$ zwischen den Produktpreisen und den Verkaufszahlen durch Einsetzen in die Gleichung 70 berechnet werden.

$$r_{13.2} = \frac{r_{13} - r_{12} \cdot r_{23}}{\sqrt{1 - r_{12}^2} \cdot \sqrt{1 - r_{23}^2}} = \frac{-0,6332 - 0,1431 \cdot 0,5838}{\sqrt{1 - (0,1431)^2} \cdot \sqrt{1 - (0,5838)^2}} = -0,892$$

Der Zusammenhang zwischen den Produktpreisen und den Verkaufszahlen ist stark negativ. Das bedeutet, je billiger ein Produkt ist, desto größer ist die verkaufte Stückzahl.

3 Korrelationen bei der Ermittlung der Herstellkosten bei Stahlbetonarbeiten

In diesem Kapitel geht es um vorhandene Zusammenhänge, sprich Korrelationen, zwischen den einzelnen Komponenten, die bei der Ermittlung der Baukosten für Stahlbetonarbeiten eine Rolle spielen.

Dazu wird im ersten Abschnitt ein kurzer Überblick über Kostentoleranz und Kostenermittlungsverfahren gegeben und auf die Berechnungsgleichungen für die Baukostenermittlung, getrennt nach Grob- und Detailkalkulation, eingegangen.

Im zweiten Abschnitt werden die Zusammenhänge zwischen den einzelnen Eingangsparametern der Gleichungen und die laut Literatur bisher üblichen Korrelationen bzw. die Auswirkung der Korrelationen zwischen zwei Größen auf Berechnungen mittels der Monte-Carlo Methode angeführt.

3.1 Baukostenermittlung für Stahlbetonarbeiten

3.1.1 Allgemeines

Im Allgemeinen erfolgt die Berechnung der Baukosten wie auch die Ermittlung der Bauqualität und Bauzeit in verschiedenen Detaillierungsgraden. Diese Detaillierungsgrade sind von der Projektphase abhängig, in der sich das Projekt gerade befindet.¹¹⁷

Die ÖNORM B 1801-1:2009 sieht dazu das im Bild 3.1 dargestellte Planungssystem vor.

Eine genauere Betrachtung dieses Planungssystem zeigt, dass nicht nur die Detaillierungsgrade der Qualität, Kosten und Termine von der Projektphase abhängig sind, sondern, dass es auch unterschiedliche Gliederungsebenen für die Ermittlung der Qualität, Kosten und Termine je nach Projektphase gibt.

Da für die vorliegende Masterarbeit in erster Linie die Ermittlung der Kosten von Interesse ist, sind in der Tabelle 3.1 die Gliederung der Kosten und die Gliederungsebenen der Kostenermittlung in Abhängigkeit von der Projektphase nochmals explizit dargestellt.

Dabei ist anzumerken, dass es sich bei der Ermittlung der Kosten immer um ein Prognosemodell handelt.¹¹⁸ Das bedeutet, dass die Kosten bis

Planungssystem
lt. ÖNORM B 1801-1:2009

Prognosemodell

¹¹⁷ Vgl. LECHNER, H.; LIEBENAU, S.: PM Teil 7a - Kostenplanung. S. 16 und KUMMER, M. K.: Einsatz der Monte-Carlo Simulation zur Berechnung von Baukosten und Bauzeit. Masterarbeit. S. 15

¹¹⁸ Vgl. LECHNER, H.; LIEBENAU, S.: PM Teil 7a - Kostenplanung. S. 16

zum Zeitpunkt der Kostenfeststellung in der Abschlussphase aufgrund von Unsicherheiten nicht exakt vorhergesagt werden können.

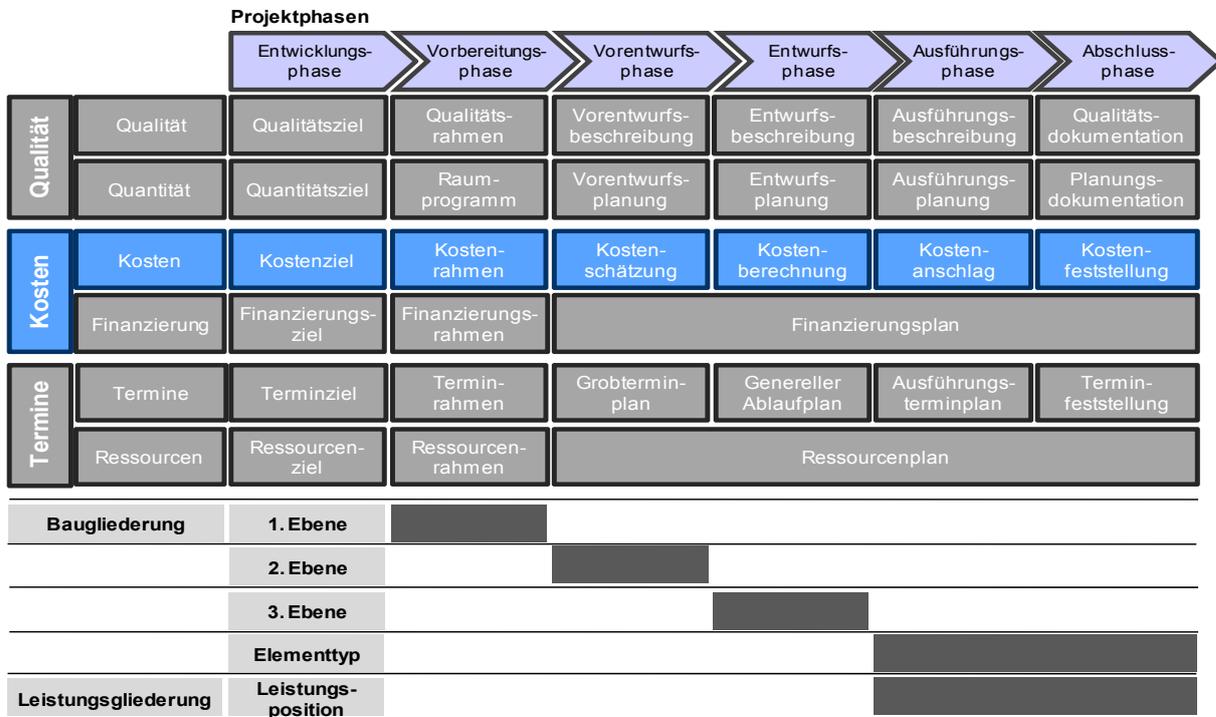


Bild 3.1: Planungssystem lt. ÖNORM B 1801-1:2009¹¹⁹

Tabelle 3.1: Projektphasen - Kosten - Gliederungsebenen

Projektphase	Kosten	Gliederungsebene
Entwicklungsphase	Kostenziel	
Vorbereitungsphase	Kostenrahmen	Baugliederung 1.Ebene
Vorentwurfsphase	Kostenschätzung	Baugliederung 2.Ebene
Entwurfsphase	Kostenberechnung	Baugliederung 3.Ebene
Ausführungsphase	Kostenanschlag	Baugliederung Elementtyp
Abschlussphase	Kostenfeststellung	Leistungsgliederung - Leistungsposition

¹¹⁹ Vgl. AUSTRIAN STANDARDS INSTITUTE: ÖNORM B 1801-1: Bauprojekt- und Objektmanagement - Teil 1: Objekterrichtung, S. 5

Die Genauigkeit der Berechnung der Kosten nimmt jedoch mit fortschreitender Projektphase zu. Diese Tatsache ist auch im Bild 3.2 zu sehen. Bei der Abbildung handelt es sich um den sogenannten ‚Kostentrichter‘. Dabei spiegelt die äußere, rot eingezeichnete Begrenzungslinie jene Kostentoleranzen wider, ab welcher ein Planer bei Überschreitung laut deutscher Judikatur Haftungskonsequenzen zu erwarten hat. Die innere, blau dargestellte Grenze gibt hingegen jenen Toleranzbereich an, der bei professioneller Kostenplanung erreicht werden sollte.¹²⁰

Kostentrichter

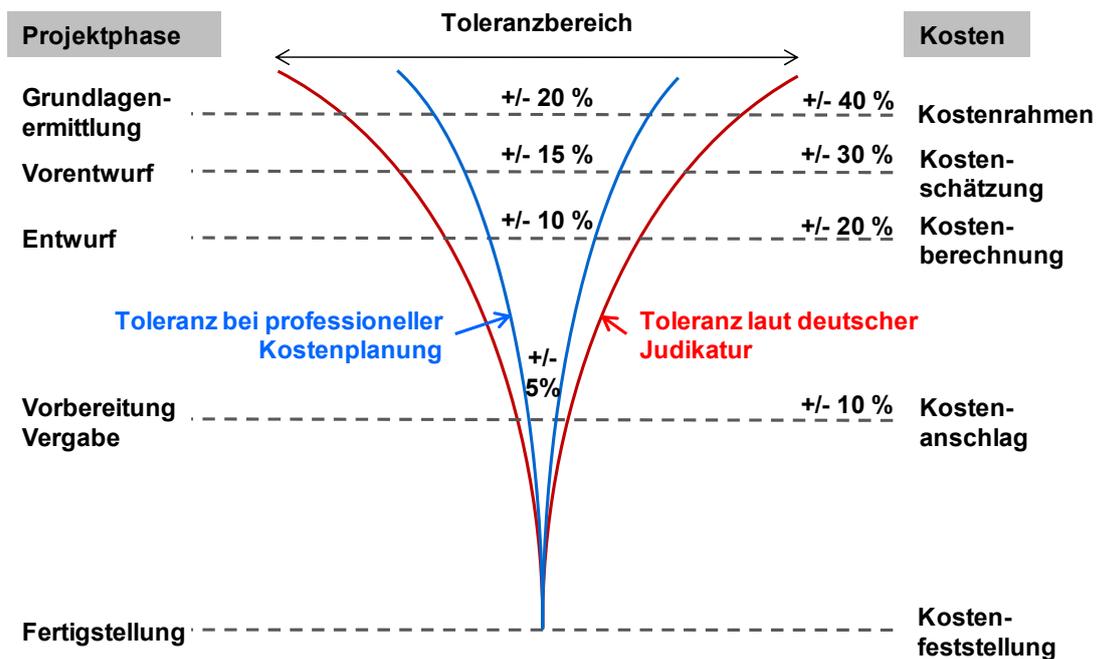


Bild 3.2: Kostentrichter – Kostentoleranzen (in Anlehnung an Lechner/Liebenau¹²¹)

Da der Detaillierungsgrad der Kostenplanung von der Planungstiefe und dem Projektfortschritt abhängig ist, stehen verschiedene Kostenermittlungsverfahren zur Verfügung. Diese sind:

Kostenermittlungsverfahren

- Nutzungsbezogene Verfahren
- Bauwerksbezogene Verfahren
- Ausführungsorientierte Verfahren
- Bauelementeverfahren
- Mischverfahren

¹²⁰ Vgl. LECHNER, H.; LIEBENAU, S.: PM Teil 7a - Kostenplanung. S. 16ff

¹²¹ Vgl. LECHNER, H.; LIEBENAU, S.: PM Teil 7a - Kostenplanung. S. 17

Nutzungsbezogene Verfahren:

Eine gute Anwendbarkeit der nutzungsbezogenen Verfahren ist nur in frühen Projektphasen gegeben. Diese Verfahren nehmen wenig Rücksicht auf konkrete Projektlösungen, rationelle oder aufwendige Entwurfslösungen usw. und orientieren sich daher an projektspezifischen Einheiten wie €/Tiefgaragenstellplatz, €/Krankenhausbett u. dgl. oder allgemein an „€ je Nutzungseinheit“.¹²²

Anwendbarkeit und Vorgangsweise von nutzungsbezogenen Verfahren

Bauwerksbezogene Verfahren:

Bei den bauwerksbezogenen Verfahren werden geometrische Größen des zu errichtenden Objektes, die aus den vorliegenden Informationen der Objektplanung entnommen werden können, herangezogen und mit Kostenkennwerten multipliziert. Geometrische Größen können beispielsweise der Brutto-Rauminhalt (BRI), die Brutto-Grundfläche (BGF) oder Nutzfläche (NF) sein. Die Kostenkennwerte können zum Beispiel aus dem BKI (Baukosteninformationszentrum Deutscher Architektenkammern GmbH) entnommen werden.¹²³

Anwendbarkeit und Vorgangsweise von bauwerksbezogenen Verfahren

Da bei diesem Verfahren Kostenkennwerte ähnlicher Projekte aus einer Datenbank herangezogen und auf das neue Projekt umgelegt werden, ist es wichtig, dass die beiden Projekte auch wirklich vergleichbar sind. Eine völlige Übereinstimmung wird auf Grund der Tatsache, dass es sich bei jedem Bauwerk um ein Unikat handelt, ohnehin nie gegeben sein.¹²⁴

Ausführungsorientierte Verfahren:

Dabei handelt es sich um Verfahren, die das Bauwerk in Leistungsgruppen (LG) oder sogar Unterleistungsgruppen (ULG) einteilen und somit die Kosten getrennt nach z. B. Beton- und Stahlbetonarbeiten, Stahlbauarbeiten, Maurerarbeiten, Zimmerer- und Holzbauarbeiten usw. ermitteln.¹²⁵

Anwendbarkeit und Vorgangsweise von ausführungsorientierten Verfahren

Bauelementeverfahren:

Beim Bauelementeverfahren wird das Bauwerk zunächst in Grobelemente wie beispielsweise Innenwände, Außenwände usw. gegliedert

Vorgangsweise bei Bauelementeverfahren

¹²² Vgl. LECHNER, H.; LIEBENAU, S.: PM Teil 7a - Kostenplanung. S. 23

¹²³ Vgl. KUMMER, M. K.: Einsatz der Monte-Carlo Simulation zur Berechnung von Baukosten und Bauzeit. Masterarbeit. S. 17

¹²⁴ Vgl. LECHNER, H.; LIEBENAU, S.: PM Teil 7a - Kostenplanung. S. 23

¹²⁵ Vgl. LECHNER, H.; LIEBENAU, S.: PM Teil 7a - Kostenplanung. S. 24 und KUMMER, M. K.: Einsatz der Monte-Carlo Simulation zur Berechnung von Baukosten und Bauzeit. Masterarbeit. S. 18

und in weiterer Folge nochmals in Bauelemente wie z. B. tragende Innenwände, nichttragende Innenwände u. dgl. unterteilt.¹²⁶

Mischverfahren:

Neben den angeführten Verfahren gibt es noch weitere Methoden zur Ermittlung der Kosten, die mit unterschiedlichsten Gliederungs- und Detaillierungsgraden arbeiten und je nach Fachgebiet beispielsweise im Tunnelbau usw. verbreitet sind.¹²⁷

Anwendbarkeit von Mischverfahren

Eine Problematik, die sich im Bezug auf die eben dargestellten Kostenermittlungsverfahren ergibt, ist der Umstand, dass teilweise eine unterschiedliche Gliederung des Bauwerks in Positionen, Bauelemente usw. gegeben ist. Dies führt zu Umgliederungen mit Fortschreiten des Projekts, wodurch sich der Arbeitsaufwand erhöht.¹²⁸

Problematik unterschiedlicher Gliederungen des Bauwerks

Für die Ermittlung der Kosten für Stahlbetonarbeiten erfolgt die Baugliederung einerseits ausführungsorientiert in Schalung, Bewehrung und Beton und andererseits nach Bauteilgruppen wie zum Beispiel Fundamente, Wände, Decken, Stützen und dergleichen.¹²⁹

Baugliederung für die Ermittlung der Kosten für Stahlbetonarbeiten

Dabei ist grundsätzlich zwischen Grob- und Detailkalkulation zu unterscheiden. Bei der Grobkalkulation wird das ganze Bauwerk betrachtet, währenddessen bei der Detailkalkulation die einzelnen Bauteilgruppen herangezogen werden. Im Bild 3.3 ist die Vorgangsweise der Kalkulation für Stahlbetonarbeiten nochmals grafisch dargestellt.¹³⁰

Grob- und Detailkalkulation

Dabei ist zu erkennen, dass auch bei der Grobkalkulation eine Betrachtung der Kosten für die Stahlbetonarbeiten auf einzelne Bauteile und Fertigungsabschnitte erfolgen kann. Ebenso kann die Detailkalkulation zunächst für das gesamte Bauwerk betrachtet werden.

Betrachtungsweise der Kosten für Stahlbetonarbeiten bei der Grob- und Detailkalkulation

In der vorliegenden Arbeit werden für die Grobkalkulation jedoch nur die Formeln zur Berechnung der Baukosten für Stahlbetonarbeiten für die Betrachtungsweise des gesamten Bauwerks und für die Detailkalkulation die Gleichungen bezogen auf die Betrachtung einzelner Bauteile angeführt.

¹²⁶ Vgl. KUMMER, M. K.: Einsatz der Monte-Carlo Simulation zur Berechnung von Baukosten und Bauzeit. Masterarbeit. S. 18

¹²⁷ Vgl. KUMMER, M. K.: Einsatz der Monte-Carlo Simulation zur Berechnung von Baukosten und Bauzeit. Masterarbeit. S. 18

¹²⁸ Vgl. LECHNER, H.; LIEBENAU, S.: PM Teil 7a - Kostenplanung. S. 25, 66

¹²⁹ Vgl. KUMMER, M. K.: Einsatz der Monte-Carlo Simulation zur Berechnung von Baukosten und Bauzeit. Masterarbeit. S. 18

¹³⁰ Vgl. KUMMER, M. K.: Einsatz der Monte-Carlo Simulation zur Berechnung von Baukosten und Bauzeit. Masterarbeit. S. 19

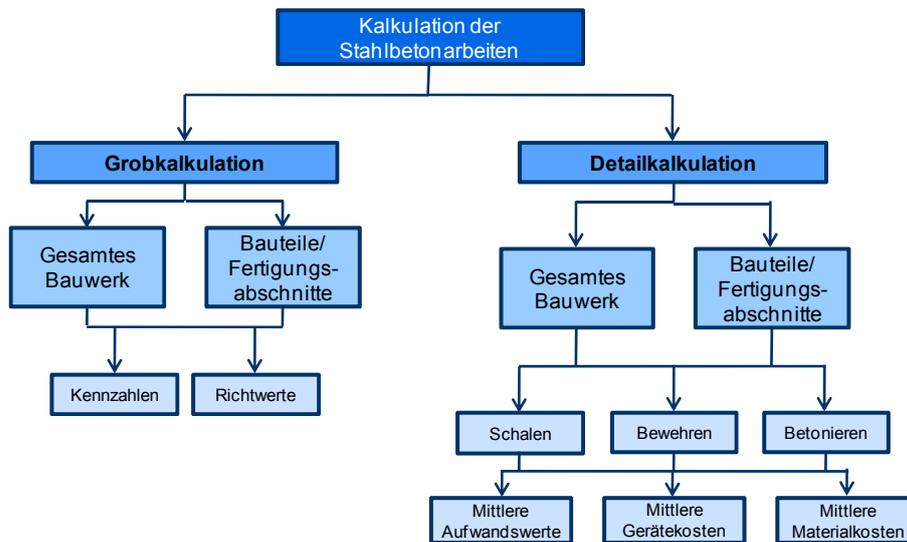


Bild 3.3: Grob- und Detailkalkulation der Stahlbetonarbeiten [in Anlehnung an Hofstadler¹³¹]

3.1.2 Grobkalkulation der Baukosten für Stahlbetonarbeiten

In diesem Abschnitt werden die Gleichungen der Grobkalkulation für Stahlbetonarbeiten angeführt und erläutert. Die Abkürzungen der Variablen und die Notationen sind den Arbeiten von Hofstadler¹³² nachempfunden.

Die Berechnung der Stahlbetoneinzelkosten $K_{STB,EK}$ [€] für das gesamte Bauwerk erfolgt mittels folgender Gleichung:

$$K_{STB,EK} = BT_{M,bwk} \cdot (AW_{STB,MW} \cdot ML_{STB,MW} + k_{STB,MW}) \quad (74)$$

mit $BT_{M,bwk}$ Betonmenge [m^3]

$AW_{STB,MW}$ Mittelwert des Aufwandswertes der Stahlbetonarbeiten [Std/m^3]

$ML_{STB,MW}$ Mittelwert für den Mittellohn [€/Std]

$k_{STB,MW}$ Mittelwert für die Geräte- und Materialkosten [€/m³]

Die Betonmenge muss bekannt sein und der Mittelwert des Aufwandswertes sowie der Mittelwert für den Mittellohn müssen entweder angenommen oder berechnet werden.

Grobkalkulation -
Berechnung der
Stahlbetoneinzelkosten

¹³¹ Vgl. HOFSTADLER, C.; FRANZL, G.: Bewehrungsarbeiten im Baubetrieb. S. 207

¹³² HOFSTADLER, C.: Schalarbeiten - Technologische Grundlagen, Sichtbeton, Systemauswahl, Ablaufplanung, Logistik und Kalkulation. S. 300ff und HOFSTADLER, C.: Bauablaufplanung und Logistik im Baubetrieb. S. 109ff und HOFSTADLER, C.; FRANZL, G.: Bewehrungsarbeiten im Baubetrieb. S. 207 ff

Der Mittelwert der Geräte- und Materialkosten lässt sich wiederum aus den mittleren Schalungskosten $k_{S,MW}$ [€/m²], und dem dazugehörigen Schalungsgrad des Bauwerks $s_{g,bwk}$ [m²/m³], den mittleren Bewehrungskosten $k_{BW,MW}$ [€/t] und dem dazugehörigen Bewehrungsgrad des Bauwerks $bw_{g,bwk}$ [t/m³] sowie den mittleren Geräte- und Materialkosten für den Beton $k_{BT,MW}$ [€/m³] durch die Gleichung

$$k_{STB,MW} = k_{S,MW} \cdot s_{g,bwk} + k_{BW,MW} \cdot bw_{g,bwk} + k_{BT,MW} \quad (75)$$

berechnen.

Zu den Gerätekosten für Stahlbetonarbeiten gehören beispielsweise die Schalung oder auch die Kosten für das benötigte Werkzeug und die Transportmittel der Baustelle. Die Materialkosten setzen sich aus Teilen und Stoffen zusammen, die nicht öfter als einmal eingesetzt werden, wie zum Beispiel Schalungselemente, Zubehörteile usw., sowie Materialien, die im Bauteil verbleiben, wie beispielsweise Hüllrohre, Kleinteile und Beton.¹³³

Die Herstellkosten für die Stahlbetonarbeiten $K_{STB,HK}$ [€] ergeben sich durch einen prozentuellen Zuschlag für die Baustellengemeinkosten ZU_{BGK} [%] auf die Stahlbetoneinzelkosten $K_{STB,EK}$ (Gleichung 74) zu:

$$K_{STB,HK} = K_{STB,EK} \cdot \left(1 + \frac{ZU_{BGK}}{100}\right). \quad (76)$$

Der prozentuelle Zuschlag für die Baustellengemeinkosten beträgt bei strikter Trennung zwischen Einzel- und Gemeinkosten etwa 15 - 30 %.¹³⁴

Neben dem Zuschlag für die Baustellengemeinkosten sollte ein Kostenpuffer $PU_{STB,K}$ [%] für Unvorhergesehenes, Fehler, Ungenauigkeiten usw. für die Stahlbetonarbeiten vorgesehen werden. Die Höhe des Kostenpuffers wird durch eine Prozentzahl angegeben, die unter anderem vom Projektstadium, der Bauzeit und der Komplexität des Bauwerks abhängt und erfahrungsgemäß zwischen 5 und 15 % liegt.¹³⁵

Die Herstellkosten inklusive des Puffers $K_{STB,HK,PF}$ [€] errechnen sich demnach aus einem prozentuellen Aufschlag des Puffers auf die Herstellkosten $K_{STB,HK}$ durch die Formel:

$$K_{STB,HK,PF} = K_{STB,HK} \cdot \left(1 + \frac{PU_{STB,K}}{100}\right). \quad (77)$$

Grobkalkulation -
Berechnung des
Mittelwertes der Geräte-
und Materialkosten

Grobkalkulation -
Berechnung der
Herstellkosten für die
Stahlbetonarbeiten

Grobkalkulation -
Berechnung der
Herstellkosten inkl. Puffer
für die Stahlbetonarbeiten

¹³³ Vgl. HOFSTADLER, C.: Schalarbeiten - Technologische Grundlagen, Sichtbeton, Systemauswahl, Ablaufplanung, Logistik und Kalkulation. S. 313ff

¹³⁴ Vgl. HOFSTADLER, C.: Bauzeit und Baukosten für Stahlbetonarbeiten - Berechnungsmethoden und Anwendung. In: Beton- und Stahlbeton 104 (2009), Heft 5 05/2009. S. 272

¹³⁵ Vgl. HOFSTADLER, C.: Bauzeit und Baukosten für Stahlbetonarbeiten - Berechnungsmethoden und Anwendung. In: Beton- und Stahlbeton 104 (2009), Heft 5 05/2009. S. 272

3.1.3 Detailkalkulation der Baukosten für Stahlbetonarbeiten

Ausgangspunkt für die Detailkalkulation der Baukosten für Stahlbetonarbeiten ist ebenfalls die Gleichung 74

$$K_{STB,EK} = BT_{M,bwk} \cdot (AW_{STB,MW} \cdot ML_{STB,MW} + k_{STB,MW}).$$

Der Unterschied zur Grobkalkulation besteht nun darin, dass bei der Detailkalkulation das gesamte Bauwerk in seine Bauelemente bzw. Bauteilgruppen untergliedert wird und daher jeder Eingangswert der o. a. Gleichung gesondert berechnet werden muss.

Detailkalkulation -
Berechnung der Baukosten
für Stahlbetonarbeiten

3.1.3.1 Betonmenge $BT_{M,bwk}$

Die Betonmenge $BT_{M,bwk}$ [m³] setzt sich aus der Summe der einzelnen Betonmengen für die unterschiedlichen Bauteile – Betonmengen der Fundamente $BT_{M,FU,i}$ [m³], der Stützen $BT_{M,ST,i}$ [m³], der Wände $BT_{M,WD,i}$ [m³], der Decken $BT_{M,D,i}$ [m³] und der sonstigen Bauteile $BT_{M,SO,i}$ [m³] – zusammen.

Detailkalkulation -
Berechnung der
Betonmenge

$$BT_{M,bwk} = \sum BT_{M,FU,i} + \sum BT_{M,ST,i} + \sum BT_{M,WD,i} + \sum BT_{M,D,i} + \sum BT_{M,SO,i} \quad (78)$$

3.1.3.2 Gesamt-Aufwandswert AW_{STB}

Aufwandswerte stellen ein zentrales Glied für die Kalkulation von arbeitsintensiven Tätigkeiten dar. Im Allgemeinen beschreibt der Aufwandswert den Aufwand an Lohnstunden je Einheit. Speziell für die Stahlbetonarbeiten gibt der Aufwandswert den Aufwand an Lohnstunden für den Kubikmeter eingebauten Beton an.¹³⁶

Bedeutung von
Aufwandswerten

Die Aufwandswerte werden von zahlreichen Einflussfaktoren bestimmt, die im Bild 3.4 beispielhaft für Aufwandswerte bei Schalarbeiten dargestellt sind. Außerdem nimmt die Genauigkeit der Aufwandswerte mit zunehmender Betrachtungstiefe zu. Im Bild 3.5 ist die Differenzierung der Aufwandswerte in Abhängigkeit der Betrachtungstiefe dargestellt.

¹³⁶ Vgl. HOFSTADLER, C.: Schalarbeiten - Technologische Grundlagen, Sichtbeton, Systemauswahl, Ablaufplanung, Logistik und Kalkulation. S. 301f

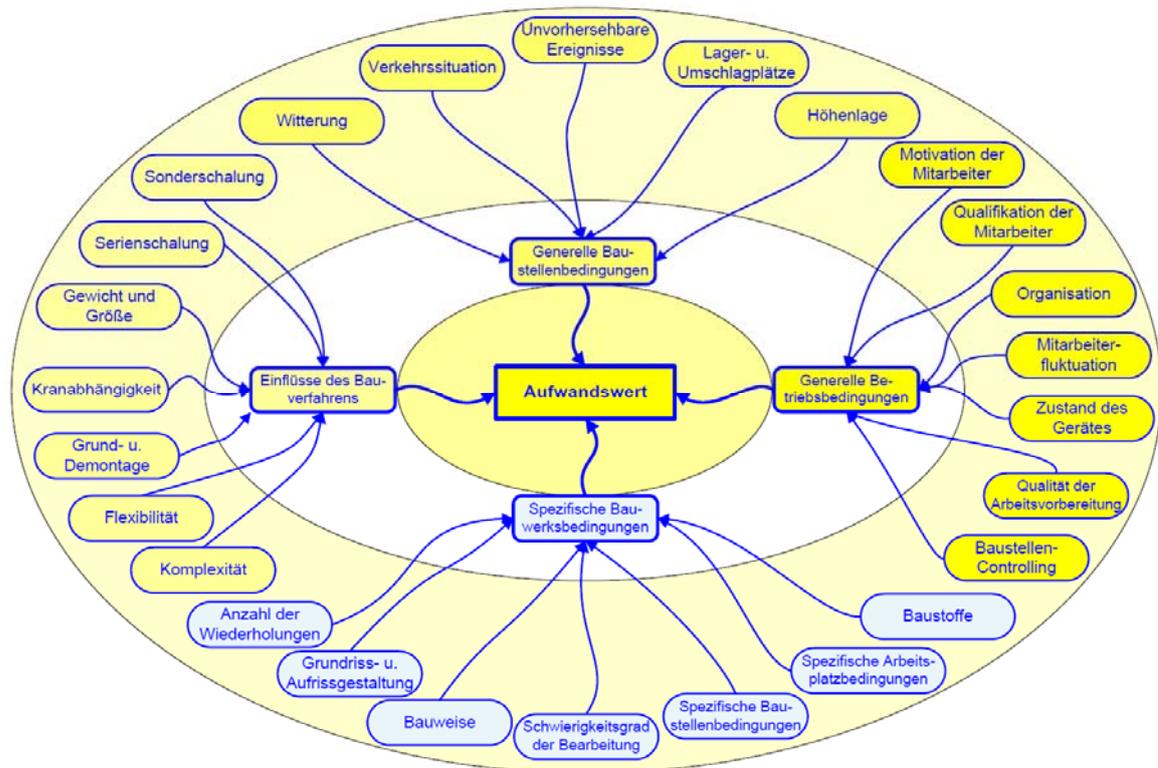


Bild 3.4: Darstellung der Einflussfaktoren auf Aufwandswerte - Beispiel Schalarbeiten [Hofstadler¹³⁷]

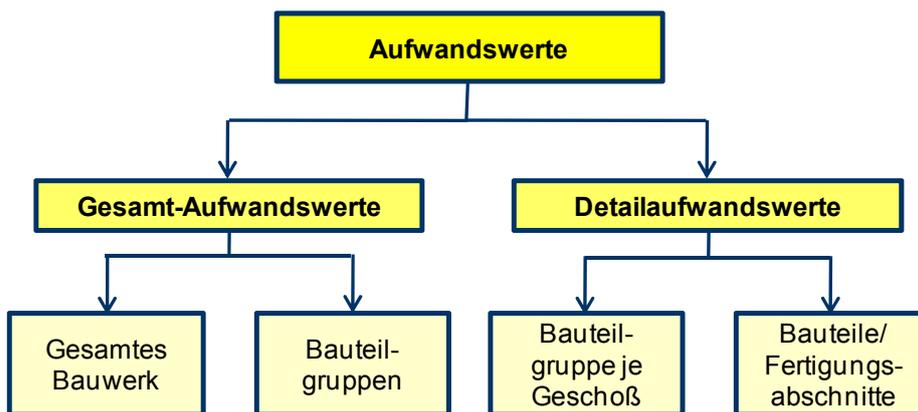


Bild 3.5: Aufwandswerte - Differenzierungen [in Anlehnung an Hofstadler¹³⁸]

¹³⁷ HOFSTADLER, C.: Bauablaufplanung und Logistik im Baubetrieb. S. 20

¹³⁸ HOFSTADLER, C.: Schalarbeiten - Technologische Grundlagen, Sichtbeton, Systemauswahl, Ablaufplanung, Logistik und Kalkulation. S. 301

Der Gesamt-Aufandswert für Stahlbetonarbeiten AW_{STB} [Std/m³] setzt sich aus der Summe des Produktes mittlerer Aufandswert für die Schalarbeiten $AW_{S,MW}$ [Std/m²] mit dem Schalungsgrad $s_{g,bwk}$ [m²/m³], des Produktes mittlerer Aufandswert für die Bewehrungsarbeiten $AW_{BW,MW}$ [Std/t] mit dem Bewehrungsgrad $bw_{g,bwk}$ [t/m³] und dem mittleren Aufandswert für die Betonarbeiten $AW_{BT,MW}$ [Std/m³] zusammen.

Detailkalkulation -
Berechnung des Gesamt-
Aufandswertes

$$AW_{STB} = AW_{S,MW} \cdot s_{g,bwk} + AW_{BW,MW} \cdot bw_{g,bwk} + AW_{BT,MW} \quad (79)$$

Im Folgenden werden die Berechnungsgleichungen für den Schalungsgrad, den Bewehrungsgrad und für die mittleren Aufandswerte für die Schalarbeiten, die Bewehrungsarbeiten und die Betonarbeiten angeführt.

Schalungsgrad $s_{g,bwk}$

Der Schalungsgrad $s_{g,bwk}$ [m²/m³] des Gebäudes ergibt sich durch Division der Gesamt-Schalungsfläche $S_{F,bwk}$ [m²] durch die Betonmenge $BT_{M,bwk}$ [m³] des Bauwerks.

Detailkalkulation -
Berechnung des
Schalungsgrades

$$s_{g,bwk} = \frac{S_{F,bwk}}{BT_{M,bwk}} \quad (80)$$

Die Gesamt-Schalungsfläche des Bauwerks $S_{F,bwk}$ [m²] stellt die Summe der Einzelschalfläche der einzelnen Bauteile – Schalungsflächen der Fundamente $S_{F,FU,i}$ [m²], der Stützen $S_{F,ST,i}$ [m²], der Wände $S_{F,WD,i}$ [m²], der Decken $S_{F,D,i}$ [m²] und der sonstigen Bauteile $S_{F,SO,i}$ [m²] – dar.

Detailkalkulation -
Berechnung der Gesamt-
Schalungsfläche

$$S_{F,bwk} = \sum S_{F,FU,i} + \sum S_{F,ST,i} + \sum S_{F,WD,i} + \sum S_{F,D,i} + \sum S_{F,SO,i} \quad (81)$$

Bewehrungsgrad $bw_{g,bwk}$

Der Bewehrungsgrad $bw_{g,bwk}$ [t/m³] des Gebäudes stellt den Quotienten aus der Gesamt-Bewehrungsmenge $BW_{M,bwk}$ [t] und der Betonmenge $BT_{M,bwk}$ [m³] des Bauwerks dar.

Detailkalkulation -
Berechnung des
Bewehrungsgrades

$$bw_{g,bwk} = \frac{BW_{M,bwk}}{BT_{M,bwk}} \quad (82)$$

Die Gesamt-Bewehrungsmenge $BW_{M,bwk}$ [t] ergibt sich durch Aufsummieren der einzelnen Bewehrungsmengen der verschiedenen Bauteile – Bewehrungsmenge der Fundamente $BW_{M,FU,i}$ [t], der Stützen $BW_{M,ST,i}$ [t], der Wände $BW_{M,WD,i}$ [t], der Decken $BW_{M,D,i}$ [t] und der sonstigen Bauteile $BW_{M,SO,i}$ [t].

$$BW_{M,bwk} = \sum BW_{M,FU,i} + \sum BW_{M,ST,i} + \sum BW_{M,WD,i} + \sum BW_{M,D,i} + \sum BW_{M,SO,i} \quad (83)$$

Detailkalkulation -
Berechnung der Gesamt-Bewehrungsmenge

Aufwandswert für Schalarbeiten $AW_{S,MW}$

Den mittleren Aufwandswert für die Schalarbeiten $AW_{S,MW}$ [Std/m²] erhält man, indem die Gesamtsumme aus den jeweiligen Produkten der Aufwandswerte [Std/m²] mit den Schalungsflächen der einzelnen Bauteile [m²] gebildet wird und diese durch die Gesamt-Schalungsfläche $S_{F,bwk}$ [m²] dividiert wird.

$$AW_{S,MW} = \frac{\sum(S_{F,FU,i} \cdot AW_{S,FU,i}) + \sum(S_{F,ST,i} \cdot AW_{S,ST,i})}{S_{F,bwk}} + \frac{\sum(S_{F,WD,i} \cdot AW_{S,WD,i}) + \sum(S_{F,D,i} \cdot AW_{S,D,i})}{S_{F,bwk}} + \frac{\sum(S_{F,SO,i} \cdot AW_{S,SO,i})}{S_{F,bwk}} \quad (84)$$

Detailkalkulation -
Berechnung des mittleren Aufwandswertes für die Schalarbeiten

Aufwandswert für Bewehrungsarbeiten $AW_{BW,MW}$

Der mittlere Aufwandswert für die Bewehrungsarbeiten $AW_{BW,MW}$ [Std/t] stellt den Quotienten aus der Gesamtsumme der Produkte der Aufwandswerte [Std/t] mit den Bewehrungsmengen der einzelnen Bauteile [t] und der Gesamt-Bewehrungsfläche $BW_{M,bwk}$ [t] dar.

$$AW_{BW,MW} = \frac{\sum(BW_{M,FU,i} \cdot AW_{BW,FU,i}) + \sum(BW_{M,ST,i} \cdot AW_{BW,ST,i})}{BW_{M,bwk}} + \frac{\sum(BW_{M,WD,i} \cdot AW_{BW,WD,i})}{BW_{M,bwk}} + \frac{\sum(BW_{M,D,i} \cdot AW_{BW,D,i}) + \sum(BW_{M,SO,i} \cdot AW_{BW,SO,i})}{BW_{M,bwk}} \quad (85)$$

Detailkalkulation -
Berechnung des mittleren Aufwandswertes für die Bewehrungsarbeiten

Aufwandswert für Betonarbeiten $AW_{BT,MW}$

Auch der mittlere Aufwandswert für die Betonarbeiten $AW_{BT,MW}$ [Std/m³] wird durch Division der Gesamtsumme der Produkte der Aufwandswerte [Std/m³] mit den Betonmengen der einzelnen Bauteile [m³] durch die Betonmenge des Gebäudes $BT_{M,bwk}$ [m³] berechnet.

Detailkalkulation -
Berechnung des mittleren Aufwandswertes für die Betonarbeiten

$$AW_{BT,MW} = \frac{\sum(BT_{M,FU,i} \cdot AW_{BT,FU,i}) + \sum(BT_{M,ST,i} \cdot AW_{BT,ST,i})}{BT_{M,bwk}} + \frac{\sum(BT_{M,WD,i} \cdot AW_{BT,WD,i})}{BT_{M,bwk}} + \frac{\sum(BT_{M,D,i} \cdot AW_{BT,D,i}) + \sum(BT_{M,SO,i} \cdot AW_{BT,SO,i})}{BT_{M,bwk}} \quad (86)$$

3.1.3.3 Mittellohnkosten $ML_{STB,MW}$

Die Mittellohnkosten $ML_{STB,MW}$ können entweder mit Hilfe des Formblattes K3 lt. ÖNORM B 2061:1999 oder aus den Mittellohnkosten für das Schalen ML_S [€/Std], Bewehren ML_{BW} [€/Std] und Betonieren ML_{BT} [€/Std] bezogen auf die jeweiligen Lohnstunden LS_S , LS_{BW} und LS_{BT} nach folgender Gleichung berechnet werden¹³⁹

Detailkalkulation -
Berechnung der Mittellohnkosten

$$ML_{STB,MW} = \frac{ML_S \cdot LS_S + ML_{BW} \cdot LS_{BW} + ML_{BT} \cdot LS_{BT}}{LS_S + LS_{BW} + LS_{BT}}, \quad (87)$$

mit:

$$\begin{aligned} LS_S &= AW_{S,MW} \cdot S_{F,bwk} \\ LS_{BW} &= AW_{BW,MW} \cdot BW_{M,bwk} \\ LS_{BT} &= AW_{BT,MW} \cdot BT_{M,bwk} \end{aligned}$$

3.1.3.4 Geräte- und Materialkosten $k_{STB,MW}$

Die Geräte- und Materialkosten für Stahlbetonarbeiten $k_{STB,MW}$ setzen sich ebenfalls aus den Geräte- und Materialkosten für Schalung, Bewehrung und Beton zusammen und können in einem vertiefenden Schritt ermittelt werden.¹⁴⁰

Detailkalkulation -
Berechnung der Geräte- und Materialkosten

¹³⁹ Vgl. KUMMER, M. K.: Einsatz der Monte-Carlo Simulation zur Berechnung von Baukosten und Bauzeit. Masterarbeit. S. 24

¹⁴⁰ Vgl. KUMMER, M. K.: Einsatz der Monte-Carlo Simulation zur Berechnung von Baukosten und Bauzeit. Masterarbeit. S. 25

Es ist jedoch auch eine Ermittlung mittels einer Geräte- bzw. Materialkostenmatrix möglich. Als Grundlage dienen dazu Erfahrungen aus abgeschlossenen Projekten, die auch nur dann herangezogen werden können, wenn diese unter Angabe der wesentlichsten Bauwerks-, Baustellen- und Betriebsbedingungen systematisch erfasst wurden.¹⁴¹

Im Bild 3.6 ist eine Gerätekostenmatrix für Schalarbeiten im Hochbau als Beispiel abgebildet.

Bauteil	Menge	Anteil der Menge	Gerätekosten - Schalarbeiten													Gerätekosten - Minimum			Gerätekosten - Maximum					
			[€/m ²]													5	6	7	8	9	10			
1	2	3	4													5	6	7	8	9	10			
	[m ²]	[%]														[€/m ²]	[€/m ²]	[%]	[€/m ²]	[€/m ²]	[%]			
			<	2,00	2,25	2,50	2,75	3,00	3,25	3,50	3,75	4,00	4,25	4,50	4,75	5,00	5,25	>						
Einzelfundamente, Streifenfundamente	50	0,55					2,75												2,75	0,015	0,52	3,00	0,016	0,53
Fundamentplatten	650	7,11			2,50		2,75												2,50	0,178	6,20	2,75	0,196	6,27
Stützen	160	1,75					3,00												3,00	0,053	1,83	3,25	0,057	1,82
Wände	5.550	60,72					3,00												3,00	1,822	63,55	3,25	1,973	63,30
Decken	2.400	26,26			2,50		2,75												2,50	0,656	22,90	2,75	0,722	23,16
Unterzüge, Überzüge	0	0,00																	0,00	0,000	0,00	0,00	0,000	0,00
Träger, Binder	250	2,74									3,75								3,75	0,103	3,58	4,00	0,109	3,51
Treppen, Podeste	40	0,44																	5,25	0,023	0,80	5,75	0,025	0,81
Sonstige Bauteile	40	0,44											4,00						4,00	0,018	0,61	4,25	0,019	0,60
Sonstige Bauteile	0	0,00																	0,00	0,000	0,00	0,00	0,000	0,00
Summe	9.140	100,00	Mittlere Gerätekosten													2,87		100			3,12		100	
Mittlerer Schalungsgrad: 3,39 [m ² /m ³]			Ansatz für die mittleren Gerätekosten:													3,05 €/m ²								

Bild 3.6: Schalarbeiten - Beispiel einer Gerätekostenmatrix [Hofstadler¹⁴²]

In der Kostenmatrix wird für jede Bauteilgruppe eine Bandbreite für die Kosten angegeben. Diese werden dann entsprechend dem Mengenanteil der Bauteilgruppe gewichtet aufsummiert.¹⁴³

Kostenmatrix

Die Gerätekosten können auch detailliert mit dem Formblatt K6 lt. ÖNORM B 2061:1999 berechnet werden.¹⁴⁴

¹⁴¹ Vgl. HOFSTADLER, C.: Schalarbeiten - Technologische Grundlagen, Sichtbeton, Systemauswahl, Ablaufplanung, Logistik und Kalkulation. S. 313

¹⁴² HOFSTADLER, C.: Schalarbeiten - Technologische Grundlagen, Sichtbeton, Systemauswahl, Ablaufplanung, Logistik und Kalkulation. S. 314

¹⁴³ Vgl. KUMMER, M. K.: Einsatz der Monte-Carlo Simulation zur Berechnung von Baukosten und Bauzeit. Masterarbeit. S. 25

Damit sind alle Eingangsparameter für die Detailkalkulation der Einzelbaukosten für Stahlbetonarbeiten und deren Berechnungsformeln bekannt.

Im nächsten Abschnitt wird nun auf Korrelationen zwischen einzelnen Berechnungsgrößen eingegangen.

3.2 Korrelationen zwischen den Eingangsparametern zur Ermittlung der Baukosten bei Stahlbetonarbeiten

Die zentralen Fragen, die im Folgenden behandelt werden, sind:

- Zwischen welchen Eingangsparametern herrschen Zusammenhänge?
- Sind diese positiv und/oder negativ korreliert?
- Werden die einzelnen Zusammenhänge zwischen zwei Größen noch von weiteren Parametern beeinflusst?

Dazu werden Einschätzungen über Abhängigkeiten zwischen den Ausgangsgrößen bei der Ermittlung der Baukosten getrennt nach Grob- und Detailkalkulation, über den Einfluss der Komplexität des Bauwerks auf die Ausgangsgrößen bei der Ermittlung der Baukosten (ebenfalls getrennt nach Grob- und Detailkalkulation) sowie für die Zusammenhänge zwischen den Berechnungsgrößen bei der Ermittlung des Gesamt-Aufwandswertes der Detailkalkulation angegeben.

Im Anschluss daran folgen sowohl Angaben über die bisher lt. Literatur üblichen Zusammenhangsstärken (Korrelationen) als auch über die Auswirkungen von Korrelationen auf mathematische Berechnungen.

Die rechnerische Überprüfung der Zusammenhangsstärke zwischen einzelnen der im Folgenden angeführten Abhängigkeiten ist Inhalt des nächsten Kapitels.

3.2.1 Einschätzung der Abhängigkeiten zwischen den Ausgangsgrößen bei der Grobkalkulation der Baukosten für Stahlbetonarbeiten

Bevor eine Einschätzung über die Abhängigkeiten vorgenommen werden kann, müssen zunächst die Ausgangsgrößen, die für die Ermittlung der

¹⁴⁴ Vgl. KUMMER, M. K.: Einsatz der Monte-Carlo Simulation zur Berechnung von Baukosten und Bauzeit. Masterarbeit. S. 25

Grobkalkulation der Baukosten für Stahlbetonarbeiten gebraucht werden, bekannt sein.

Diese ergeben sich durch Einsetzen der Gleichung 75 für den Mittelwert der Geräte- und Materialkosten $k_{STB,MW}$ in die Berechnungsformel 74 der Stahlbetoneinzelkosten $K_{STB,EK}$:

$$K_{STB,EK} = BT_{M,bwk} \cdot (AW_{STB,MW} \cdot ML_{STB,MW} + k_{STB,MW})$$

$$K_{STB, EK} = BT_{M,bwk} \cdot [AW_{STB,MW} \cdot ML_{STB,MW} + (k_{S,MW} \cdot s_{g,bwk} + k_{BW,MW} \cdot bw_{g,bwk} + k_{BT,MW})]$$

Die Berechnung der Stahlbetoneinzelkosten ist somit von folgenden Ausgangsgrößen abhängig:

- $BT_{M,bwk}$ Betonmenge
- $AW_{STB,MW}$ Mittelwert des Aufwandswertes der Stahlbetonarbeiten
- $ML_{STB,MW}$ Mittelwert für den Mittellohn
- $k_{S,MW}$ Mittlere Geräte- und Materialkosten der Schalung
- $s_{g,bwk}$ Schalungsgrad des Bauwerks
- $k_{BW,MW}$ Mittlere Geräte- und Materialkosten der Bewehrung
- $bw_{g,bwk}$ Bewehrungsgrad des Bauwerks
- $k_{BT,MW}$ Mittlere Geräte- und Materialkosten für den Beton

Grobkalkulation –
Ausgangsgrößen für die
Berechnung der
Stahlbetoneinzelkosten

Dabei ist zu beachten, dass bei der Grobkalkulation eine Betrachtung des gesamten Bauwerks erfolgt und die Mittelwerte für den Aufwandswert und den Mittellohn angenommen oder berechnet werden müssen. Außerdem unterliegen die Aufwands- und Leistungswerte in dem Stadium, in dem eine Grobkalkulation vorgenommen wird, einer größeren Schwankungsbreite als bei der Detailkalkulation.¹⁴⁵

Grobkalkulation –
Abhängigkeiten zwischen
den Ausgangsgrößen

Dieser Umstand darf bei der Betrachtung der Abhängigkeiten zwischen den Ausgangsgrößen zur Ermittlung der Baukosten nicht außer Acht gelassen werden.

In der Tabelle 3.2 sind Abhängigkeiten angeführt, die möglicherweise zwischen den Ausgangsgrößen vorherrschen könnten. Im Folgenden werden einige Überlegungen beschrieben, die zu diesen Zusammenhängen geführt haben.

¹⁴⁵ Vgl. HOFSTADLER, C.: Bauablaufplanung und Logistik im Baubetrieb. S. 55

Die Betonmenge könnte die mittleren Geräte- und Materialkosten für Stahlbetonarbeiten sowohl positiv als auch negativ beeinflussen. Handelt es sich um ein feingliedriges, komplexes Bauwerk, werden einerseits wahrscheinlich mehr Bewehrung, Schalung usw. und andererseits mehr und leistungsstärkere Geräte benötigt werden.

Grobkalkulation –
Einfluss der Betonmenge

Tabelle 3.2: Abhängigkeiten zwischen den Ausgangsgrößen bei der Grobkalkulation der Baukosten für Stahlbetonarbeiten

Ausgangsgröße		Einfluss auf die Ausgangsgrößen		Korrelation		Bemerkungen
				positiv	negativ	
$BT_{M,bwk}$	Betonmenge	$k_{STB,MW}$	Mittlere Geräte- und Materialkosten für Stahlbetonarbeiten	x	(x)	abhängig von der Komplexität des Gebäudes
$AW_{STB,MW}$	Mittelwert des Aufwandswertes der Stahlbetonarbeiten	$ML_{STB,MW}$	Mittelwert für den Mittellohn	x	-	komplexeres Bauwerk - besser qualifizierte Arbeitskräfte
		$k_{STB,MW}$	Mittlere Geräte- und Materialkosten für Stahlbetonarbeiten	x	-	komplexeres Bauwerk - mehr Passflächen, mehr und engere Bewehrung, mehr Verschnitt ...
$ML_{STB,MW}$	Mittelwert für den Mittellohn	$AW_{STB,MW}$	Mittelwert des Aufwandswertes der Stahlbetonarbeiten	x	(x)	komplexeres, feingliedriges Bauwerk
		$k_{STB,MW}$	Mittlere Geräte- und Materialkosten für Stahlbetonarbeiten	x	-	komplexeres Bauwerk - mehr Passflächen, mehr und engere Bewehrung, mehr Verschnitt ...
$k_{S,MW}$	Mittlere Geräte- und Materialkosten der Schalung	$s_{g,bwk}$	Schalungsgrad des Bauwerks	x	-	mehr Passflächen, Verschnitt
		$bw_{g,bwk}$	Bewehrungsgrad des Bauwerks	x	-	engere Bewehrung
		$AW_{STB,MW}$	Mittelwert des Aufwandswertes der Stahlbetonarbeiten	x	-	komplexeres, feingliedriges Bauwerk
$k_{BW,MW}$	Mittlere Geräte- und Materialkosten der Bewehrung	$bw_{g,bwk}$	Bewehrungsgrad des Bauwerks	x	-	mehr und engere Bewehrung
		$AW_{STB,MW}$	Mittelwert des Aufwandswertes der Stahlbetonarbeiten	x	-	komplexeres, feingliedriges Bauwerk
$k_{BT,MW}$	Mittlere Geräte- und Materialkosten für den Beton	$AW_{STB,MW}$	Mittelwert des Aufwandswertes der Stahlbetonarbeiten	x	-	komplexeres Bauwerk
$s_{g,bwk}$	Schalungsgrad des Bauwerks	$k_{S,MW}$	Mittlere Geräte- und Materialkosten der Schalung	x	-	mehr Passflächen
		$bw_{g,bwk}$	Bewehrungsgrad des Bauwerks	x	-	feingliedriges Bauwerk - mehr und engere Bewehrung
		$AW_{STB,MW}$	Mittelwert des Aufwandswertes der Stahlbetonarbeiten	x	-	komplexeres, feingliedriges Bauwerk
$bw_{g,bwk}$	Bewehrungsgrad des Bauwerks	$k_{BW,MW}$	Mittlere Geräte- und Materialkosten der Bewehrung	x	-	mehr Bewehrung
		$s_{g,bwk}$	Schalungsgrad des Bauwerks	x	-	komplexeres Bauwerk - mehr Passflächen
		$AW_{STB,MW}$	Mittelwert des Aufwandswertes der Stahlbetonarbeiten	x	-	komplexeres, feingliedriges Bauwerk

Bei einfacheren Objekten könnte auch der Fall eintreten, dass eine Erhöhung der Betonmenge gleichzeitig eine Reduktion der Bewehrungs-

menge und keine deutliche Zunahme an Schalungsflächen zur Folge hat. Außerdem könnten beispielsweise weniger leistungsstarke Geräte zum Einsatz kommen, da ein einfacheres Einbringen des Betons möglich wäre.

Der Aufwandswert der Stahlbetonarbeiten könnte auf den Mittelwert für den Mittellohn Einfluss nehmen, da ein erhöhter Aufwandswert meist auf ein komplexeres Bauwerk schließen lässt und daher auch besser qualifizierte Arbeitskräfte zum Einsatz kommen müssen. Je besser die Qualifikation der Arbeitskräfte ist, desto höher ist auch der Mittelwert für den Mittellohn und desto geringer wird möglicherweise der Aufwandswert. Umgekehrt lässt ein höherer Mittelwert für den Mittellohn meist auf ein komplexeres Bauwerk schließen und daher auf feingliedrigere Bauteile mit mehr Passflächen, mehr und engerer Bewehrung und erschwerte Bedingungen beim Einbringen des Betons. Dies hätte wiederum einen höheren Aufwandswert und höhere mittlere Geräte- und Materialkosten zur Folge.

Grobkalkulation –
Einfluss des mittleren Aufwandswertes der Stahlbetonarbeiten bzw. des mittleren Mittellohns

Auf Grund des Zusammenhangs zwischen dem Aufwandswert und der Komplexität des Bauwerks wird eine Erhöhung des Aufwandswertes vermutlich auch einen positiven Einfluss auf die mittleren Geräte- und Materialkosten für Stahlbetonarbeiten haben.

Erhöhte mittlere Schalungskosten könnten mehr Schalung (mehr Passflächen und Verschnitt) und mehr Bewehrung bedeuten, wodurch der Schalungs- und Bewehrungsgrad sowie der mittlere Aufwandswert steigen würden.

Grobkalkulation –
Einfluss der mittleren Schalungskosten

Zunehmende mittlere Bewehrungskosten deuten oft darauf hin, dass mehr und engere Bewehrung notwendig ist und es sich daher um ein komplexeres feingliedrigeres Bauwerk handelt. Diese Umstände bewirken eine Erhöhung des Bewehrungsgrades und des mittleren Aufwandswertes.

Grobkalkulation –
Einfluss der mittleren Bewehrungskosten

Steigende mittlere Geräte- und Materialkosten für den Beton lassen meist darauf schließen, dass eine Erhöhung des Bauvolumens stattfindet oder erschwerte Bedingungen beim Einbringen des Betons vorherrschen (z. B. Pumpen über große Höhen), da ein komplexes Bauwerk vorliegt. Dies führt wiederum zu einer Erhöhung des mittleren Aufwandswertes der Stahlbetonarbeiten.

Grobkalkulation –
Einfluss der mittleren Geräte- und Materialkosten für den Beton

Der Schalungsgrad hat vermutlich Einfluss auf die mittleren Schalungskosten und den mittleren Aufwandswert der Stahlbetonarbeiten, da ein hoher Schalungsgrad auf ein feingliedrigeres Bauwerk hinweist, welches mehr Passflächen und wahrscheinlich auch mehr Bewehrung besitzt. Somit dürfte auch ein Zusammenhang zwischen Schalungs- und Bewehrungsgrad bestehen.

Grobkalkulation –
Einfluss des Schalungsgrades

Auch die Höhe des Bewehrungsgrades lässt meistens auf die Komplexität des Objektes schließen und damit auf die Feingliedrigkeit sowie

Grobkalkulation –
Einfluss des Bewehrungsgrades

die benötigte Bewehrungsmenge. Diese beiden Faktoren werden wiederum durch die Bewehrungskosten und den Aufwandswert widerspiegelt.

Abschließend sind die Abhängigkeiten auch noch in Matrixform dargestellt.

Tabelle 3.3: Darstellung der Abhängigkeiten zwischen den Ausgangsgrößen bei der Grobkalkulation der Baukosten für Stahlbetonarbeiten in Matrixform

		beeinflusste Größen							
		BT _{M,bwk}	AW _{STB,MW}	ML _{STB,MW}	k _{S,MW}	k _{BW,MW}	k _{BT,MW}	S _{g,bwk}	bw _{g,bwk}
Ausgangsgröße	BT _{M,bwk}	1	k. A.	k. A.	+	+	+	k. A.	k. A.
	AW _{STB,MW}	k. A.	1	+	+	+	+	k. A.	k. A.
	ML _{STB,MW}	k. A.	+	1	+	+	+	k. A.	k. A.
	k _{S,MW}	k. A.	+	k. A.	1	k. A.	k. A.	+	+
	k _{BW,MW}	k. A.	+	k. A.	k. A.	1	k. A.	k. A.	+
	k _{BT,MW}	k. A.	+	k. A.	k. A.	k. A.	1	k. A.	k. A.
	S _{g,bwk}	k. A.	+	k. A.	+	k. A.	k. A.	1	+
	bw _{g,bwk}	k. A.	+	k. A.	k. A.	+	k. A.	+	1

k. A. keine Abhängigkeit

Bei genauerer Betrachtung der Tabelle 3.3 ist sehr gut zu erkennen, dass eine Ausgangsgröße zumeist von zwei und mehr Ausgangsgrößen beeinflusst wird. Das bedeutet, dass für die Bestimmung der Korrelation zwischen zwei Ausgangsgrößen die partielle Korrelation zur Anwendung gelangen muss, um die tatsächliche Abhängigkeit zwischen den beiden Größen zu erhalten. Es handelt sich dabei um partielle Korrelationen 1. oder höherer Ordnungen.

Grobkalkulation –
Korrelationen zwischen
zwei Ausgangsgrößen

3.2.2 Ausgangsgrößen x_i bei der Detailkalkulation der Baukosten für Stahlbetonarbeiten

Auch für die Detailkalkulation werden zunächst jene Größen angeführt, die für die Berechnung der Stahlbetoneinzelkosten benötigt werden. Im Anschluss daran werden wieder vermutete Abhängigkeiten zwischen den einzelnen Ausgangsgrößen der Detailkalkulation aufgelistet.

Die Stahlbetoneinzelkosten $K_{STB,EK}$ für die Detailkalkulation ergeben sich durch Einsetzen der Gleichungen 78, 79, 80, 81, 82, 83, 84, 85, 86 und 87 in die Gleichung 74

$$K_{STB,EK} = \left(\sum BT_{M,FU,i} + \sum BT_{M,ST,i} + \sum BT_{M,WD,i} + \sum BT_{M,D,i} + \sum BT_{M,SO,i} \right) \cdot \left[\left(AW_{S,MW} \cdot s_{g,bwk} + AW_{BW,MW} \cdot bw_{g,bwk} + AW_{BT,MW} \right) \cdot \left(\frac{ML_S \cdot LS_S + ML_{BW} \cdot LS_{BW} + ML_{BT} \cdot LS_{BT}}{LS_S + LS_{BW} + LS_{BT}} \right) + k_{STB,MW} \right]$$

$$K_{STB,EK} = \left(\sum BT_{M,FU,i} + \sum BT_{M,ST,i} + \sum BT_{M,WD,i} + \sum BT_{M,D,i} + \sum BT_{M,SO,i} \right) \cdot \left[\left(\frac{\sum (S_{F,FU,i} \cdot AW_{S,FU,i}) + \sum (S_{F,ST,i} \cdot AW_{S,ST,i}) + \sum (S_{F,WD,i} \cdot AW_{S,WD,i}) + \sum (S_{F,D,i} \cdot AW_{S,D,i}) + \sum (S_{F,SO,i} \cdot AW_{S,SO,i})}{\sum S_{F,FU,i} + \sum S_{F,ST,i} + \sum S_{F,WD,i} + \sum S_{F,D,i} + \sum S_{F,SO,i}} \right) \cdot \frac{\sum S_{F,FU,i} + \sum S_{F,ST,i} + \sum S_{F,WD,i} + \sum S_{F,D,i} + \sum S_{F,SO,i}}{\sum BT_{M,FU,i} + \sum BT_{M,ST,i} + \sum BT_{M,WD,i} + \sum BT_{M,D,i} + \sum BT_{M,SO,i}} + \frac{\sum (BW_{M,FU,i} \cdot AW_{BW,FU,i}) + \sum (BW_{M,ST,i} \cdot AW_{BW,ST,i}) + \sum (BW_{M,WD,i} \cdot AW_{BW,WD,i}) + \sum (BW_{M,D,i} \cdot AW_{BW,D,i}) + \sum (BW_{M,SO,i} \cdot AW_{BW,SO,i})}{\sum BW_{M,FU,i} + \sum BW_{M,ST,i} + \sum BW_{M,WD,i} + \sum BW_{M,D,i} + \sum BW_{F,SO,i}} \cdot \frac{\sum BW_{M,FU,i} + \sum BW_{M,ST,i} + \sum BW_{M,WD,i} + \sum BW_{M,D,i} + \sum BW_{F,SO,i}}{\sum BT_{M,FU,i} + \sum BT_{M,ST,i} + \sum BT_{M,WD,i} + \sum BT_{M,D,i} + \sum BT_{M,SO,i}} + \frac{\sum (BT_{M,FU,i} \cdot AW_{BT,FU,i}) + \sum (BT_{M,ST,i} \cdot AW_{BT,ST,i}) + \sum (BT_{M,WD,i} \cdot AW_{BT,WD,i}) + \sum (BT_{M,D,i} \cdot AW_{BT,D,i}) + \sum (BT_{M,SO,i} \cdot AW_{BT,SO,i})}{BT_{M,bwk}} \right] \cdot \left(\frac{ML_S \cdot AW_{S,MW} \cdot S_{F,bwk} + ML_{BW} \cdot AW_{BW,MW} \cdot BW_{M,bwk} + ML_{BT} \cdot AW_{BT,MW} \cdot BT_{M,bwk}}{LS_S + LS_{BW} + LS_{BT}} \right) + k_{STB,MW}]$$

Bei genauerer Betrachtung der Berechnungsgleichung der Stahlbetoneinzelkosten im Rahmen der Detailkalkulation ist zu erkennen, dass folgende Ausgangsgrößen für die Ermittlung benötigt werden:

- $BT_{M,FU,i}$, $BT_{M,ST,i}$, $BT_{M,WD,i}$, $BT_{M,D,i}$, $BT_{M,SO,i}$
Betonmengen der Fundamente, Stützen, Wände, Decken und sonstigen Bauteile
- $S_{F,FU,i}$, $S_{F,ST,i}$, $S_{F,WD,i}$, $S_{F,D,i}$, $S_{F,SO,i}$
Schalungsflächen der Fundamente, Stützen, Wände, Decken und sonstigen Bauteile

Detailkalkulation –
Ausgangsgrößen für die
Berechnung der
Stahlbetoneinzelkosten

- $BW_{M,FU,i}$, $BW_{M,ST,i}$, $BW_{M,WD,i}$, $BW_{M,D,i}$, $BW_{M,SO,i}$
Bewehrungsmengen der Fundamente, Stützen, Wände, Decken und sonstigen Bauteile
- $AW_{S,FU,i}$, $AW_{S,ST,i}$, $AW_{S,WD,i}$, $AW_{S,D,i}$, $AW_{S,SO,i}$
Aufandswerte für das Schalen der Fundamente, Stützen, Wände, Decken und sonstigen Bauteile
- $AW_{BW,FU,i}$, $AW_{BW,ST,i}$, $AW_{BW,WD,i}$, $AW_{BW,D,i}$, $AW_{BW,SO,i}$
Aufandswerte für das Bewehren der Fundamente, Stützen, Wände, Decken und sonstigen Bauteile
- $AW_{BT,FU,i}$, $AW_{BT,ST,i}$, $AW_{BT,WD,i}$, $AW_{BT,D,i}$, $AW_{BT,SO,i}$
Aufandswerte für das Betonieren der Fundamente, Stützen, Wände, Decken und sonstigen Bauteile
- ML_S , ML_{BW} , ML_{BT}
Mittellohnkosten für das Schalen, Bewehren und Betonieren
- LS_S , LS_{BW} , LS_{BT}
Lohnstunden für das Schalen, Bewehren und Betonieren
- $k_{STB,MW}$ - $k_{S,MW}$, $k_{BW,MW}$, $k_{BT,MW}$
Mittlere Geräte- und Materialkosten für Stahlbetonarbeiten – diese setzen sich wiederum aus den Geräte- und Materialkosten der Schalung, der Bewehrung und des Betons zusammen

Die Tabelle 3.4 stellt wiederum eine Einschätzung über Abhängigkeiten zwischen den einzelnen Ausgangsgrößen dar.

Da sich der Schalungs- bzw. Bewehrungsgrad aus den Schalungsflächen bzw. Bewehrungsmengen und den Betonmengen zusammensetzt und der mittlere Aufwandswert der Stahlbetonarbeiten die Summe der Aufwandswerte für das Schalen, Bewehren und Betonieren darstellt, gelten für die Einflüsse der folgenden Ausgangsgrößen auf andere Größen dieselben Vermutungen und Begründungen wie zuvor bei der Grobkalkulation.

Detailkalkulation –
Abhängigkeiten zwischen
den Ausgangsgrößen

Detailkalkulation –
Einfluss der Betonmengen,
der Mittellöhne und der
mittleren Geräte- und
Materialkosten für
Stahlbetonarbeiten

Tabelle 3.4: Abhängigkeiten zwischen den Ausgangsgrößen bei der Detailkalkulation der Baukosten für Stahlbetonarbeiten

Ausgangsgröße		Einfluss auf die Ausgangsgrößen		Korrelation		Bemerkungen	
				pos.	neg.		
BT _{M,FU,i}	BT _{M,bwk}	Betonmengen	k _{STB,MW}	Mittlere Geräte- und Materialkosten für Stahlbetonarbeiten	x	(x)	abhängig von der Komplexität des Gebäudes
BT _{M,ST,i}							
BT _{M,WD,i}							
BT _{M,D,i}							
BT _{M,SO,i}							
S _{F,FU,i}	S _{F,bwk}	Schalungsflächen	AW _{S,MW}	AW Schalen	x	-	mehr Passflächen
S _{F,ST,i}			AW _{BW,MW}	AW Bewehren	x	-	mehr und engere Bewehrung
S _{F,WD,i}			AW _{BT,MW}	AW Betonieren	x	-	kompl. feingliedrigeres Bauwerk
S _{F,D,i}			ML _{STB,MW}	Mittelwert Mittellohn	x	-	besser qualifizierte Arbeitskräfte
S _{F,SO,i}			k _{S,MW}	G-+M-Kosten Schalung	x	-	mehr Passflächen, Kranbelegung
BW _{M,FU,i}	BW _{M,bwk}	Bewehrungsmengen	AW _{BW,MW}	AW Bewehren	x	-	mehr und engere Bewehrung
BW _{M,ST,i}			ML _{BW}	Mittelohn Bewehren	x	-	besser qualifizierte Arbeitskräfte
BW _{M,WD,i}			k _{BW,MW}	G-+M-Kosten Bewehrung	x	-	mehr und engere Bewehrung
BW _{M,D,i}			AW _{BT,MW}	AW Betonieren	x	-	erschwertes Einbringen d. Betons
BW _{M,SO,i}							
AW _{S,FU,i}	AW _{S,MW}	Aufandswert Schalen	S _{F,bwk}	Schalungsflächen	x	-	mehr Passflächen
AW _{S,ST,i}			AW _{BW,MW}	AW Bewehren	x	-	enger verlegte Bewehrung
AW _{S,WD,i}			AW _{BT,MW}	AW Betonieren	x	-	erschwertes Einbringen d. Betons
AW _{S,D,i}			ML _{STB,MW}	Mittelwert Mittellohn	x	-	besser qualifizierte Arbeitskräfte
AW _{S,SO,i}			k _{STB,MW}	Mittlere G-+ M-Kosten für Stahlbetonarbeiten	x	-	kompl. Bauwerk - mehr Passflächen, engere Bewehrung
AW _{BW,FU,i}	AW _{BW,MW}	Aufandswert Bewehren	BW _{M,bwk}	Bewehrungsmengen	x	-	mehr und engere Bewehrung
AW _{BW,ST,i}			ML _{BW}	Mittelohn Bewehren	x	-	besser qualifizierte Arbeitskräfte
AW _{BW,WD,i}			AW _{S,MW}	AW Schalen	x	-	kompl. feingliedrigeres Bauwerk
AW _{BW,D,i}			AW _{BT,MW}	AW Betonieren	x	-	erschwertes Einbringen d. Betons
AW _{BW,SO,i}			ML _{BT}	Mittelohn Bewehren	x	-	besser qualifizierte Arbeitskräfte
			k _{STB,MW}	Mittlere G-+ M-Kosten für Stahlbetonarbeiten	x	-	kompl. Bauwerk - mehr Passflächen, engere Bewehrung
AW _{BT,FU,i}	AW _{BT,MW}	Aufandswert Betonieren	ML _{BT}	Mittelohn Bewehren	x	-	besser qualifizierte Arbeitskräfte
AW _{BT,ST,i}			AW _{S,MW}	AW Schalen	x	-	kompl. feingliedrigeres Bauwerk
AW _{BT,WD,i}			AW _{BW,MW}	AW Bewehren	x	-	mehr und engere Bewehrung
AW _{BT,D,i}			k _{STB,MW}	Mittlere G-+ M-Kosten für Stahlbetonarbeiten	x	-	kompl. Bauwerk - mehr Passflächen, engere Bewehrung
AW _{BT,SO,i}							
ML _S	ML _{STB,MW}	Mittelwerte Mittellohn	AW _{S,MW}	AW Schalen	x	-	kompl. feingliedrigeres Bauwerk
ML _{BW}			AW _{BW,MW}	AW Bewehren	x	-	kompl. feingliedrigeres Bauwerk
ML _{BT}			AW _{BT,MW}	AW Betonieren	x	-	kompl. feingliedrigeres Bauwerk
			k _{STB,MW}	Mittlere G-+ M-Kosten für Stahlbetonarbeiten	x	-	kompl. Bauwerk - mehr Passflächen, engere Bewehrung
k _{STB,MW}		Mittlere Geräte- und Materialkosten für Stahlbetonarbeiten	S _{F,bwk}	Schalungsflächen	x	-	kompl. feingliedrigeres Bauwerk
			BW _{M,bwk}	Bewehrungsmengen	x	-	kompl. feingliedrigeres Bauwerk
			BT _{M,bwk}	Betonmengen	x	-	kompl. feingliedrigeres Bauwerk
			AW _{S,MW}	AW Schalen	x	-	kompl. feingliedrigeres Bauwerk
			AW _{BW,MW}	AW Bewehren	x	-	kompl. feingliedrigeres Bauwerk
			AW _{BT,MW}	AW Betonieren	x	-	kompl. feingliedrigeres Bauwerk

Dabei handelt es sich um den Einfluss

- der Betonmengen auf die mittleren Geräte- und Materialkosten für Stahlbetonarbeiten,
- der einzelnen Mittellöhne auf die Aufwandswerte und die mittleren Geräte- und Materialkosten für Stahlbetonarbeiten und
- der mittleren Geräte- und Materialkosten für Stahlbetonarbeiten auf die Schalungsflächen, Bewehrungsmengen, Betonmengen sowie auf die einzelnen Aufwandswerte.

Die übrigen Einschätzungen der Zusammenhänge werden folgendermaßen begründet:

Die Schalungsflächen haben wahrscheinlich Einfluss auf die Aufwandswerte für das Schalen, Bewehren und Betonieren, da sie unter anderem mit der Komplexität und der damit verbundenen Feingliedrigkeit des Bauwerks zusammenhängen. Je feingliedriger das Objekt ist, desto mehr Passflächen liegen meist vor, desto mehr und enger verlegte Bewehrung ist notwendig und umso schwieriger gestaltet sich das Einbringen des Betons. Daraus resultierend würden die Aufwandswerte für das Schalen, Bewehren und Betonieren sowie die mittleren Geräte- und Materialkosten für Stahlbetonarbeiten steigen und besser qualifizierte Arbeitskräfte benötigt werden. Besser qualifizierte Arbeitskräfte schlagen sich wiederum in einem erhöhten Mittelwert für den Mittellohn nieder.

Detailkalkulation –
Einfluss der
Schalungsflächen

Ähnliche Überlegungen gelten auch für die Einflussnahme der Bewehrungsmengen. Eine Erhöhung ist meist auf eine engere Verlegung der Bewehrung zurückzuführen, was eine Erhöhung des Aufwandswertes für das Bewehren bewirkt. Eine engere Anordnung der Bewehrung ist hauptsächlich dann notwendig, wenn es sich um ein feingliedriges Bauwerk handelt. Dadurch erschwert sich das Einbringen des Betons und der Aufwandswert für das Betonieren steigt. Außerdem ist anzunehmen, dass bei steigenden Bewehrungsmengen auch eine Zunahme bei den Geräte- und Materialkosten für das Bewehren erfolgt. Die Bewehrungsmenge muss allerdings keinen Einfluss auf die Schalungsflächen, den Aufwandswert und den Mittellohn für das Schalen haben, da diese Faktoren auch von der Geometrie des Gebäudes abhängig sind und sich diese nicht notwendigerweise verändern muss.

Detailkalkulation –
Einfluss der
Bewehrungsmengen

Zwischen den Betonmengen und den Schalungsflächen bzw. Bewehrungsmengen kann ein Zusammenhang bestehen, es wird aber davon ausgegangen, dass dies nicht immer zutreffend ist. Es könnte beispielsweise vorkommen, dass die Betonmenge aufgrund einer veränderten Geometrie (quadratische statt rechteckige Stützen) und der damit einhergehenden Veränderung des Volumens zunimmt, die Schalungsfläche jedoch unverändert bleibt oder sogar kleiner wird.

Detailkalkulation –
Zusammenhang zwischen
den Betonmengen und den
Schalungsflächen bzw.
Bewehrungsmengen

Nur wenn an der Geometrie des Bauteils nichts verändert wird, bewirkt eine Vergrößerung bzw. Verkleinerung des Bauteils auch eine Zu- bzw. Abnahme des Betonvolumens und der Schalungsflächen. Da sowohl das Volumen als auch die Oberfläche von der Grundform und der Höhe der Stütze abhängig sind, besteht zwischen der Betonmenge und der Schalungsfläche ein direkter mathematischer Zusammenhang und deshalb kann der Korrelationskoeffizient in diesem Fall zwischen den beiden Größen mit $r = 1$ angesetzt werden.

Zwischen der Betonmenge und der Bewehrungsmenge wird kein direkter Zusammenhang vermutet, da die Bewehrungsmenge einerseits vom statischen Konzept abhängig ist und sich andererseits beispielsweise eine Vergrößerung des Stützenquerschnitts auch positiv auf die Bewehrungsmenge auswirken könnte.

Aus diesen Gründen wurde eine Abhängigkeit zwischen den Betonmengen und den Schalungsflächen bzw. Bewehrungsflächen in der Tabelle 3.4 nicht angeführt.

Der Ausgangspunkt für die folgenden Überlegungen zu den Aufwandswerten für das Schalen, Bewehren und Betonieren ist die Komplexität des Objektes. Je komplexer ein Bauwerk ist, desto größer sind in der Regel auch die einzelnen Aufwandswerte. Daher wird davon ausgegangen, dass sich die Aufwandswerte für das Schalen, Bewehren und Betonieren gegenseitig beeinflussen. Weiters wird vermutet, dass die Aufwandswerte sich auch auf die Mittellohnkosten sowie die Geräte- und Materialkosten für Stahlbetonarbeiten auswirken, da diese ebenfalls von der Komplexität des Bauwerks abhängig sind.

Allerdings müssen aufgrund eines höheren Aufwandswertes für das Bewehren nicht unbedingt mehr Passflächen für die Schalung vorliegen, weshalb auch kein Einsatz qualifizierterer Arbeitskräfte für die Schalarbeiten notwendig ist und damit auch keine Steigerung des Mittellohns für das Schalen. Außerdem muss eine Erhöhung des Aufwandswerts für das Betonieren nicht zwingendermaßen ein „komplizierteres“ Verlegen der Bewehrung zur Folge haben. Somit ist auch an dieser Stelle der Einsatz von qualifizierteren Arbeitskräften, die einen höheren Mittellohn für das Bewehren ergeben würden, nicht notwendig.

Es wird jedoch vermutet, dass der Aufwandswert für das Schalen bzw. das Bewehren Einfluss auf die Schalungsflächen bzw. Bewehrungsmengen hat, da zum Einen mehr Passflächen benötigt werden könnten und zum Anderen das Verlegen der Bewehrung „komplizierter“ sein könnte, wenn es sich um ein komplexeres Bauwerk handelt.

Detailkalkulation –
Einfluss der Aufwandswerte
für das Schalen, Bewehren
und Betonieren

Wie den in der Tabelle 3.5 aufgelisteten Einflüssen entnommen werden kann, wird auch bei der Detailkalkulation jede Ausgangsgröße von zwei oder mehr anderen Parametern beeinflusst. Dafür ist unter anderem die Gliederung des Bauwerks in seine Bauteile verantwortlich, da gegenseitige Abhängigkeiten zwischen diesen bestehen, wie z. B. zwischen den Betonmengen der Fundamente, der Stützen, der Wände, der Decken und der sonstigen Bauteile.

Detailkalkulation –
Korrelationen zwischen
zwei Ausgangsgrößen

Für die Bestimmung der Korrelationen zweier Ausgangsgrößen muss daher wieder die partielle Korrelation zur Anwendung kommen, um kein verfälschtes Ergebnis über die Zusammenhängsstärken zu erhalten.

Allerdings ist die Bestimmung der partiellen Korrelationen zwischen den einzelnen Ausgangsgrößen sehr aufwändig, da es sich in allen Fällen um partielle Korrelationen großer Ordnungen handelt. Aus diesem Grund sollte man sich überlegen, ob bei der Berechnung der partiellen Korrelationen auf die Aufgliederung der Ausgangsgrößen in seine Bauteile nicht verzichtet werden kann. Die Betrachtung der Aufgliederung einer Ausgangsgröße in seine Bauteile macht nur Sinn, wenn die Zusammenhängsstärken zwischen diesen von Interesse sind.

Im folgenden Unterabschnitt wird der Einfluss der Komplexität eines Bauwerks auf die Ausgangsgrößen der Grob- und Detailkalkulation der Baukosten für Stahlbetonarbeiten nochmals explizit dargestellt.

3.2.3 Abhängigkeit zwischen der Komplexität des Bauwerks und den Ausgangsgrößen für die Berechnung der Baukosten für Stahlbetonarbeiten

In den Begründungen der vorigen beiden Unterabschnitte über den Einfluss einer Ausgangsgröße auf andere spielte zumeist die Komplexität des Bauwerks eine wichtige Rolle. Demnach ist davon auszugehen, dass es auch Abhängigkeiten zwischen den Ausgangsgrößen bei der Berechnung der Baukosten für Stahlbetonarbeiten und der Komplexität des Bauwerks gibt. Eine Ausnahme dürften dabei nur die Betonmengen darstellen, da diese nicht zwingendermaßen mit der Komplexität in Verbindung stehen müssen. Für alle anderen Größen wurden bereits ausreichende Argumente über den Zusammenhang mit der Komplexität geliefert.

Einfluss der Komplexität
des Bauwerks auf die
Ausgangsgrößen

Aus diesem Grund sollte die Komplexität des Objektes bei der Berechnung der partiellen Korrelationen nicht außer Acht gelassen werden.

In der Tabelle 3.5 bzw. Tabelle 3.6 sind die Ausgangsgrößen, die von der Komplexität beeinflusst werden könnten, nochmals getrennt für die Grob- bzw. Detailkalkulation dargestellt.

Tabelle 3.5: Einfluss der Komplexität des Bauwerks auf die Ausgangsgrößen der Grobkalkulation der Baukosten für Stahlbetonarbeiten

Grobkalkulation				
Ausgangsgröße	Einfluss auf die Ausgangsgrößen		Korrelation	
			positiv	negativ
Komplexität des Bauwerks	$AW_{STB,MW}$	Mittelwert des Aufwandswertes der Stahlbetonarbeiten	x	-
	$ML_{STB,MW}$	Mittelwert für den Mittellohn	x	-
	$k_{S,MW}$	Mittlere Geräte- und Materialkosten der Schalung	x	-
	$S_{g,bwk}$	Schalungsgrad des Bauwerks	x	-
	$k_{BW,MW}$	Mittlere Geräte- und Materialkosten der Bewehrung	x	-
	$bw_{g,bwk}$	Bewehrungsgrad des Bauwerks	x	-
	$k_{BT,MW}$	Mittlere Geräte- und Materialkosten für den Beton	x	-

Tabelle 3.6: Einfluss der Komplexität des Bauwerks auf die Ausgangsgrößen der Detailkalkulation der Baukosten für Stahlbetonarbeiten

Detailkalkulation				
Ausgangsgröße	Einfluss auf die Ausgangsgrößen		Korrelation	
			positiv	negativ
Komplexität des Bauwerks	$S_{F,bwk}$	Schalungsflächen	x	-
	$BW_{M,bwk}$	Bewehrungsmengen	x	-
	$AW_{S,MW}$	AW Schalen	x	-
	$AW_{BW,MW}$	AW Bewehren	x	-
	$AW_{BT,MW}$	AW Betonieren	x	-
	ML_S	Mittelohn Schalen	x	-
	ML_{BW}	Mittelohn Bewehren	x	-
	ML_{BT}	Mittelohn Bewehren	x	-
	$k_{STB,MW}$	Mittlere Geräte- und Materialkosten für Stahlbetonarbeiten	x	-

Im nächsten Unterabschnitt werden vermutete Abhängigkeiten zwischen den aus den Ausgangsgrößen der Detailkalkulation hervorgehenden Berechnungsgrößen, wie z. B. Schalungs- und Bewehrungsgrad, genauer betrachtet. Diese werden für die Berechnung des Gesamt-Aufwandswertes benötigt.

3.2.4 Abhängigkeiten bei Berechnung des Gesamt-Aufwandswertes AW_{STB}

Die Berechnung des Gesamt-Aufwandswertes im Rahmen der Detailkalkulation erfolgt bekanntlich nach der Gleichung 79:

$$AW_{STB} = AW_{S,MW} \cdot s_{g,bwk} + AW_{BW,MW} \cdot bw_{g,bwk} + AW_{BT,MW}$$

Abhängigkeiten zwischen den Größen zur Berechnung des Gesamt-Aufwandswertes

Es kann davon ausgegangen werden, dass auch hier Zusammenhänge zwischen einzelnen Berechnungsgrößen bestehen werden. Diese sind in der Tabelle 3.7 dargestellt.

Tabelle 3.7: Abhängigkeiten zwischen den Berechnungsgrößen des Gesamt-Aufwandswertes¹⁴⁶

Berechnungsgröße		Einfluss auf die Größen		Korrelation		Bemerkungen
				positiv	negativ	
$AW_{S,MW}$	Aufwandswert Schalen	$AW_{BW,MW}$	Aufwandswert Bewehren	x	-	komplexeres Bauwerk - engere Bewehrung
		$AW_{BT,MW}$	Aufwandswert Betonieren	x	-	komplexeres Bauwerk - erschwertes Einbringen d. Betons aufgrund engerer Bewehrung
		$s_{g,bwk}$	Schalungsgrad des Bauwerks	x	-	komplexeres Bauwerk - mehr Passflächen
$s_{g,bwk}$	Schalungsgrad des Bauwerks	$AW_{S,MW}$	Aufwandswert Schalen	x	-	komplexeres Bauwerk - mehr Passflächen
		$AW_{BW,MW}$	Aufwandswert Bewehren	x	-	komplexeres Bauwerk - engere Bewehrung
		$AW_{BT,MW}$	Aufwandswert Betonieren	x	-	komplexeres Bauwerk - erschwertes Einbringen des Betons aufgrund engerer Bewehrung
		$bw_{g,bwk}$	Bewehrungsgrad des Bauwerks	x	-	feingliedrigeres Bauwerk - mehr und engere Bewehrung
$AW_{BW,MW}$	Aufwandswert Bewehren	$AW_{S,MW}$	Aufwandswert Schalen	x	-	komplexeres Bauwerk - mehr Passflächen
		$AW_{BT,MW}$	Aufwandswert Betonieren	x	-	komplexeres Bauwerk - erschwertes Einbringen d. Betons aufgrund engerer Bewehrung
		$bw_{g,bwk}$	Bewehrungsgrad des Bauwerks	x	-	komplexeres Bauwerk - engere Bewehrung
$bw_{g,bwk}$	Bewehrungsgrad des Bauwerks	$AW_{BW,MW}$	Aufwandswert Bewehren	x	-	komplexeres Bauwerk - engere Bewehrung
		$s_{g,bwk}$	Schalungsgrad des Bauwerks	x	-	komplexeres Bauwerk - mehr Passflächen
$AW_{BT,MW}$	Aufwandswert Betonieren	$AW_{S,MW}$	Aufwandswert Schalen	x	-	komplexeres Bauwerk - mehr Passflächen
		$AW_{BW,MW}$	Aufwandswert Bewehren	x	-	komplexeres Bauwerk - engere Bewehrung

¹⁴⁶ Vgl. KUMMER, M. K.: Einsatz der Monte-Carlo Simulation zur Berechnung von Baukosten und Bauzeit. Masterarbeit. S. 61

Der Tabelle 3.7 kann entnommen werden, dass der Schalungs- und Bewehrungsgrad von keiner weiteren gemeinsamen Ausgangsgröße beeinflusst wird. Demnach kann die Berechnung der Zusammenhangsstärke zwischen diesen beiden Größen z. B. mittels der Produkt-Moment-Korrelation oder der Rangkorrelation erfolgen. Das Gleiche gilt auch für die Korrelation zwischen dem Schalungsgrad und dem Aufwandswert für das Schalen sowie dem Bewehrungsgrad und dem Aufwandswert für das Bewehren.

Einfache Korrelationen zwischen den Berechnungsgrößen

Alle anderen möglichen Kombinationen zweier Berechnungsgrößen, wie beispielsweise Schalungsgrad mit Aufwandswert fürs Bewehren, führen zu partiellen Korrelationen, da diese mindestens von einer weiteren gemeinsamen Ausgangsgröße beeinflusst werden. Im Falle des Schalungsgrades und des Aufwandswertes für das Bewehren ist dies der Aufwandswert für das Schalen. Allerdings handelt es sich dabei höchstens um partielle Korrelationen 2. Ordnung, wodurch sich der Rechenaufwand in Grenzen hält.

Partielle Korrelationen zwischen den Berechnungsgrößen

Allerdings ist zu beachten, dass auch die Komplexität des Bauwerks einen Einfluss auf die einzelnen Parameter hat. So sind beispielsweise die Aufwandswerte für Schalungsarbeiten bei einem einfachen Bauwerk in der Regel niedriger als bei einem komplexen Bauwerk gleicher Größe. Analoge Überlegungen gelten auch für die Aufwandswerte für Bewehrungs- und Betonarbeiten sowie für den Schalungs- und den Bewehrungsgrad.

Einfluss der Komplexität des Bauwerks auf die Berechnungsgrößen

Abschließend wird auf die lt. Literatur üblichen Korrelationen bei Stahlbetonarbeiten und die Auswirkung einer Korrelation zwischen zwei Größen auf Berechnungen mittels der Monte-Carlo Methode eingegangen.

3.2.5 Korrelationen bei Stahlbetonarbeiten lt. Literatur und deren Auswirkungen auf Berechnungen

In der Literatur ist nur sehr wenig über Korrelationen bei Stahlbetonarbeiten zu finden.

Korrelationen bei Stahlbetonarbeiten lt. Literatur

Chau ist einer von wenigen Autoren, der auf Korrelationen eingeht. Er berechnete z. B. Rangkorrelationen für die Kostenkomponenten von Elektroarbeiten. Als Grund für die Ermittlung von Rangkorrelationen gibt er an, dass die Rangkorrelation besser für die Berechnung von Zusammenhängen bei Baukosten geeignet wäre als der klassische Korrelationskoeffizient. Dies sei wiederum der Fall, da Baukosten zu meist keine Normalverteilung aufweisen würden, was für die Berechnung des klassischen Korrelationskoeffizienten Voraussetzung sei. Weiters ist er der Auffassung, dass ein Auftreten von Korrelationen wahrscheinlicher ist, je detaillierter ein System (Bauwerk) betrachtet wird und äußert den

Korrelationen lt. *Chau*

Vorschlag, die Korrelationen in verschiedene Kategorien einzuteilen, die in der Tabelle 3.8 dargestellt sind. Die Verwendung dieser Kategorien liefert seiner Meinung nach ähnliche Ergebnisse, wie Berechnungen mit „genaueren“ Korrelationen aus bereits abgeschlossenen Projekten. Dies sei allerdings nur der Fall, wenn die Experten mit ihrer Einschätzung der Korrelationen zwischen den einzelnen Parametern nicht zu weit von der Realität entfernt liegen.¹⁴⁷

Tabelle 3.8: Einteilung der Korrelationen in Kategorien nach *Chau*¹⁴⁸

Koeffizienten-Intervall	Kategorie	Mittelwert des Koeffizienten-Intervalls
(-1,0 - -0,7]	stark negativ	-0,85
(-0,7 - -0,4]	mittel negativ	-0,55
(-0,4 - -0,1]	schwach negativ	-0,25
(-0,1 - +0,1)	unabhängig	0
[+0,1 - +0,4)	schwach positiv	+0,25
[+0,4 - +0,7)	mittel positiv	+0,55
[+0,7 - +1,0)	stark positiv	+0,85

Die „genauen“ (tatsächlichen) Korrelationen können aus alten, bereits abgeschlossenen Projekten berechnet werden.¹⁴⁹

Da die Daten aus abgeschlossenen Projekten nicht immer vorliegen oder nur mittels einer strengen Datenanalyse und damit einhergehendem großem Aufwand ermittelt werden können, schlagen auch *Touran* und *Wiser* eine Kategorisierung der Korrelationen nach logischen Hierarchien vor – unabhängig, mittel und stark korrelierend.¹⁵⁰

Korrelationen lt. *Touran* und *Wiser*

Eine Angabe über Korrelationen liefern auch *Chapman* und *Ward*. Sie sind der Meinung, dass ein Korrelationskoeffizient von 0,8 ein sinnvoller Wert für Kostenkomponenten und 0,5 ein geeigneter Wert für die Berechnung von Zeiten ist.¹⁵¹

Korrelationen lt. *Chapman* und *Ward*

¹⁴⁷ Vgl. CHAU, K. W.: Monte Carlo simulation of construction costs using subjective data. In: Construction Management and Economics 09/1995. S. 370 ff

¹⁴⁸ Vgl. CHAU, K. W.: Monte Carlo simulation of construction costs using subjective data. In: Construction Management and Economics 09/1995. S. 381

¹⁴⁹ Vgl. CHAU, K. W.: Monte Carlo simulation of construction costs using subjective data. In: Construction Management and Economics 09/1995. S. 369ff und TOURAN, A.; WISER, E. P.: Monte Carlo Technique with Correlated Random Variables. In: Journal of Construction Engineering and Management 05-06/1992. S. 270

¹⁵⁰ Vgl. TOURAN, A.; WISER, E. P.: Monte Carlo Technique with Correlated Random Variables. In: Journal of Construction Engineering and Management 05-06/1992. S. 270

¹⁵¹ Vgl. CHAPMAN, C.; WARD, S.: Project Risk Management - Processes, Techniques and Insights. S. 211

Chau, *Chapman* und *Ward* sowie auch *Kummer* beschäftigen sich mit den Auswirkungen von Korrelationen auf Berechnungen mittels der Monte-Carlo Methode.

Auswirkungen von Korrelationen auf Berechnungen mittels der Monte-Carlo Methode

Während *Chau* bzw. *Chapman* und *Ward* nur den Einfluss von Korrelationen zwischen Systemgrößen auf die Addition untersuchten, studierte *Kummer* auch die Auswirkungen auf die Subtraktion, Multiplikation und Division von korrelierten Größen.¹⁵²

Kummer stellte im Zuge seiner Untersuchungen, die er mit dem Programm @RISK durchführte, fest,¹⁵³

- dass die Mittelwerte der einzelnen simulierten Verteilungsfunktionen von unterschiedlich stark korrelierten Größen bei der Addition und Subtraktion weniger variieren als bei der Multiplikation und Division (siehe Bild 3.7, Bild 3.8, Bild 3.9 und Bild 3.10) und
- dass die Streuung der Ergebnisse (Standardabweichungen) wesentlich davon abhängt, wie stark die Korrelation ist und ob es sich um eine positive oder negative Korrelation handelt (siehe Bild 3.7, Bild 3.8, Bild 3.9 und Bild 3.10).

Die Auswirkungen der unterschiedlichen Korrelationen auf die Streuung der Ergebnisse der addierten, subtrahierten, multiplizierten oder dividierten Größen hat *Kummer* in einer Tabelle zusammengefasst (siehe Tabelle 3.9).

Tabelle 3.9: Einfluss von Korrelationen auf die Streuung von mittels Rechenoperationen gekoppelten Größen¹⁵⁴

Rechenoperation		Addition		Subtraktion		Multiplikation		Division	
		positiv	negativ	positiv	negativ	positiv	negativ	positiv	negativ
Die Streuung der Ergebnisse wird	größer	X			X	X			X
	kleiner		X	X			X	X	

Auch *Chau* bzw. *Chapman* und *Ward* gelangten bei den von ihnen durchgeführten Additionen unterschiedlich stark korrelierter Werte zu denselben Erkenntnissen wie *Kummer*.

¹⁵² Vgl. CHAU, K. W.: Monte Carlo simulation of construction costs using subjective data. In: Construction Management and Economics 09/1995. S. 371ff und CHAPMAN, C.; WARD, S.: Project Risk Management - Processes, Techniques and Insights. S. 209ff und KUMMER, M. K.: Einsatz der Monte-Carlo Simulation zur Berechnung von Baukosten und Bauzeit. Masterarbeit. S. 51ff

¹⁵³ Vgl. KUMMER, M. K.: Einsatz der Monte-Carlo Simulation zur Berechnung von Baukosten und Bauzeit. Masterarbeit. S. 58

¹⁵⁴ KUMMER, M. K.: Einsatz der Monte-Carlo Simulation zur Berechnung von Baukosten und Bauzeit. Masterarbeit. S. 58

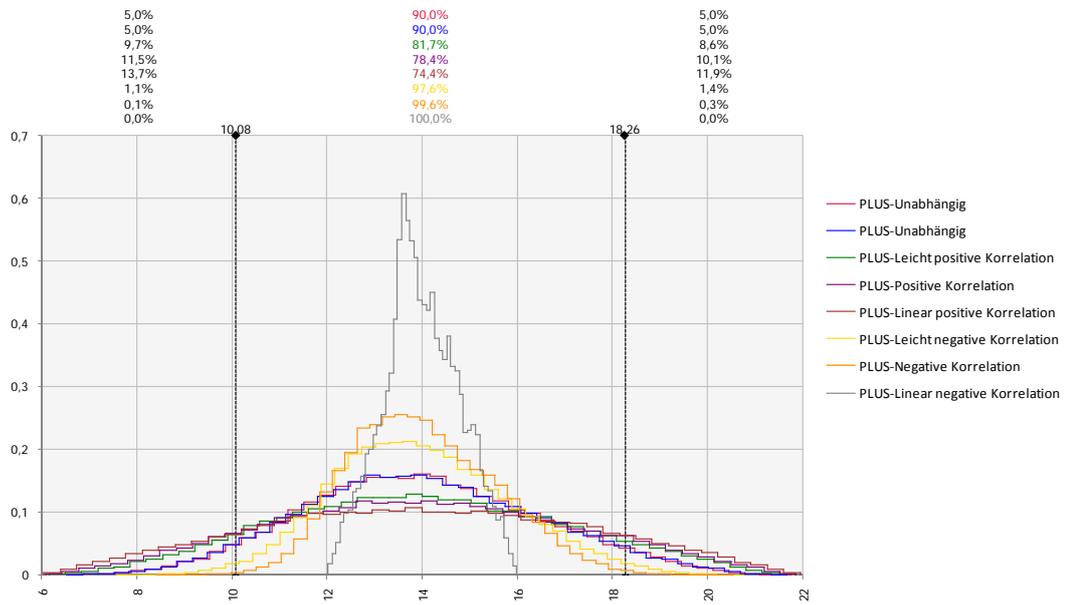


Bild 3.7: Verteilungsfunktionen der Addition zweier Größen in Abhängigkeit von verschiedenen Korrelationen¹⁵⁵

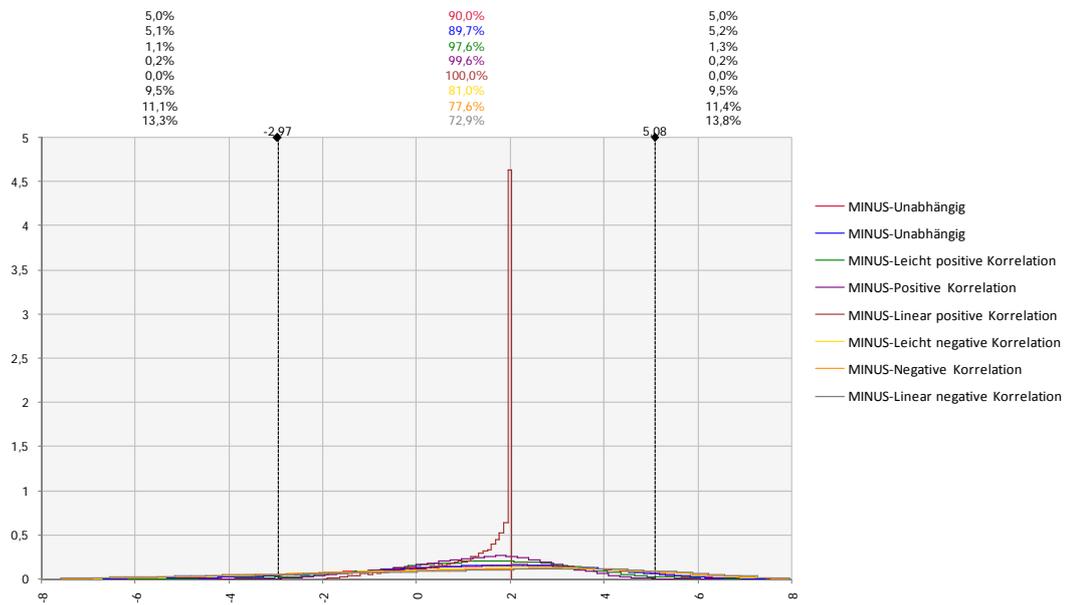


Bild 3.8: Verteilungsfunktionen der Subtraktion zweier Größen in Abhängigkeit von verschiedenen Korrelationen¹⁵⁶

¹⁵⁵ KUMMER, M. K.: Einsatz der Monte-Carlo Simulation zur Berechnung von Baukosten und Bauzeit. Masterarbeit. S. 53

¹⁵⁶ KUMMER, M. K.: Einsatz der Monte-Carlo Simulation zur Berechnung von Baukosten und Bauzeit. Masterarbeit. S. 54

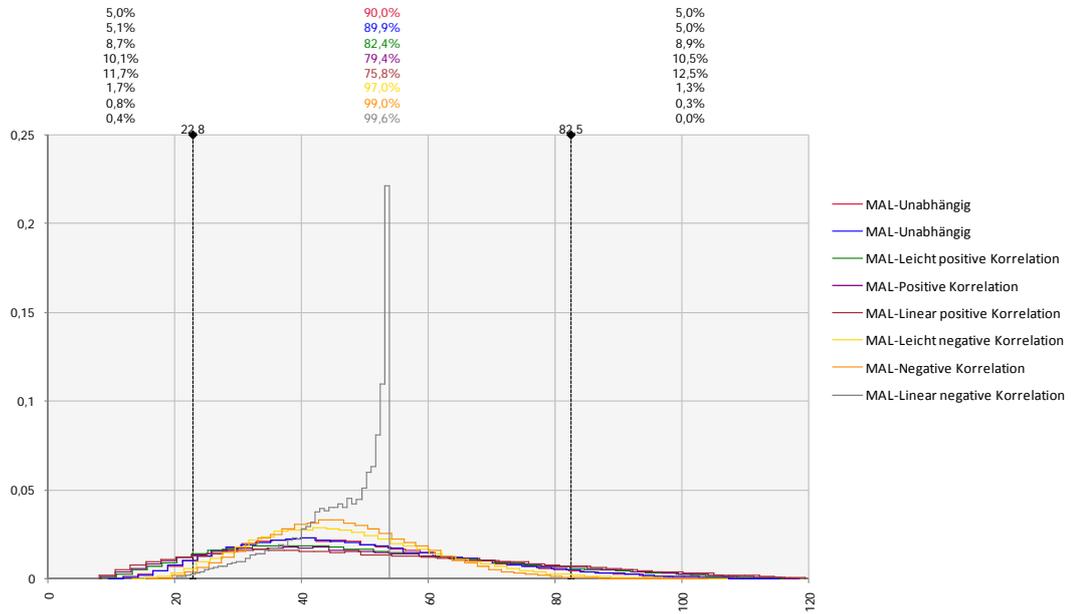


Bild 3.9: Verteilungsfunktionen der Multiplikation zweier Größen in Abhängigkeit von verschiedenen Korrelationen¹⁵⁷

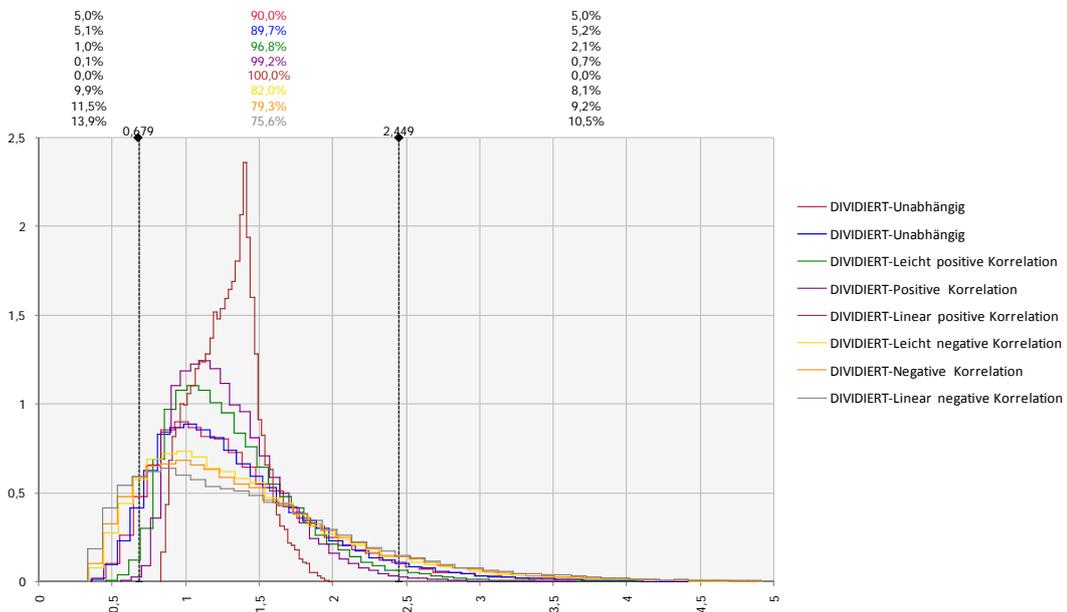


Bild 3.10: Verteilungsfunktionen der Division zweier Größen in Abhängigkeit von verschiedenen Korrelationen¹⁵⁸

¹⁵⁷ KUMMER, M. K.: Einsatz der Monte-Carlo Simulation zur Berechnung von Baukosten und Bauzeit. Masterarbeit. S. 56

¹⁵⁸ KUMMER, M. K.: Einsatz der Monte-Carlo Simulation zur Berechnung von Baukosten und Bauzeit. Masterarbeit. S. 58

4 Berechnungen von Korrelationen zwischen aus Expertenbefragungen vorliegenden Daten zu Deckenschal- und Bewehrungsarbeiten

In diesem Kapitel werden Korrelationen zwischen einzelnen aus Expertenbefragungen vorliegenden Daten berechnet.

Die Expertenbefragungen wurden von *Hofstadler* an der Technischen Universität Graz durchgeführt und werden im Folgenden genauer erläutert.

4.1 Expertenbefragung zu Deckenschal- und Bewehrungsarbeiten

Ziel der von *Hofstadler* durchgeführten Expertenbefragungen ist unter anderem die Herleitung einer Verteilungsfunktion für Aufwandswerte für Schal- bzw. Bewehrungsarbeiten. Er befragte dazu persönlich in einem strukturierten Interview Experten von Baufirmen sowie Bewehrungsverlegebetrieben. Die Experten wurden dabei über die Abmessungen und Beschaffenheit der Bauteile – Stützen, Wände, Decken – informiert. Im Anschluss daran mussten sie für verschiedene Grundrissformen u. a. ihre Schätzungen über Aufwandswerte abgeben.¹⁵⁹

Expertenbefragung zu Deckenschal- und Bewehrungsarbeiten

4.1.1 Expertenbefragung zu Deckenschalarbeiten

Im Falle der Expertenbefragung zu Deckenschalarbeiten gaben 19 Experten ihre Einschätzungen über Aufwandswerte für das Ein- und Ausschalen der im Bild 4.1 abgebildeten Deckengrundrisse an. Einerseits mussten sie Aufwandswerte für die Deckenschalarbeiten angeben, wenn die Decke von rechteckigen Stützen und andererseits, wenn sie von runden Stützen getragen wird. Die Deckengrundrissformen spiegeln die Bandbreite von sehr einfach bis komplex wider. Es besitzen jedoch alle denselben Flächeninhalt.¹⁶⁰

Expertenbefragung zu Deckenschalarbeiten – Anzahl der befragten Experten und Deckengrundrissformen

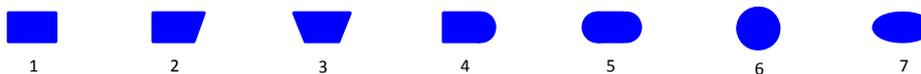


Bild 4.1: Grundrissformen der Expertenbefragung für Deckenschalarbeiten

¹⁵⁹ Vgl. HOFSTADLER, C.: Fitting with @RISK - The Distribution Function for Labour Consumption in Shuttering Works. http://www.palisade.com/downloads/UserConf/EU12/2012PalisadeLondonConf_ChristianHofstadler.pdf. Datum des Zugriffs: 16.05.2012

¹⁶⁰ Vgl. HOFSTADLER, C.: Fitting with @RISK - The Distribution Function for Labour Consumption in Shuttering Works. http://www.palisade.com/downloads/UserConf/EU12/2012PalisadeLondonConf_ChristianHofstadler.pdf. Datum des Zugriffs: 16.05.2012

Dr. Christian Hofstadler

Fragebogen

Angaben	Für den dargestellten Grundriss sollen Angaben zu Aufwandswerten für die Schalarbeiten der Decke gemacht werden. Geben Sie bitte an, welches Schalungssystem Sie verwenden würden. Wählen Sie jeweils einen der vorgegeben Aufwandswerte oder fügen Sie einen eigenen hinzu. Die Stützen u. Wände sind bereits hergestellt und ausgeschalt.																																																																																													
		<p>Fläche: 1.000 m² Anzahl der Aussparungen: 3 Fläche je Aussparung: 0,50 m² Deckenuntersicht: eben Geschoßhöhe: 2,5 m Deckenstärke: 0,25 m Anzahl der Geschosse: 1 Wandstärke: 0,25 m Stützen: eckig: k=35 cm / rund: d=35cm</p> <p>Baustellenorganisation: gut Baustellenbedingungen: gut</p>																																																																																												
Frage 1	Reihen Sie bitte die angeführten Deckenschalungssysteme nach deren Eignung für den angegebenen Grundriss.																																																																																													
	<input type="checkbox"/> Trägerschalung (z.B. Dokaflex) <input type="checkbox"/> Deckentische <input type="checkbox"/> Fallkopfschalung (z.B. PERI-Skydeck)	<input type="checkbox"/> Brettschalung																																																																																												
Frage 2	Welchen Aufandswert setzen Sie für die Schalarbeiten der Decken - Einschalen, Ausschalen, Umsetzen - an (bei Verwendung des erstgereihten Schalungssystems)? Gehen Sie bei der Annahme des Aufwandswertes für die gesamten Schalarbeiten der Passflächen einma																																																																																													
	<p style="text-align: center;">m² bezogen auf die gesamte Deckenfläche</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="background-color: #fff9c4;">Einschalen [Std/m²]</th> <th style="background-color: #e0f7fa;">Ausschalen [Std/m²]</th> <th style="background-color: #fff9c4;">Einschalen [Std/m²]</th> <th style="background-color: #e0f7fa;">Ausschalen [Std/m²]</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td colspan="2" style="text-align: center; background-color: #ffe0b2;">rechteckige Stützen</td> <td colspan="2" style="text-align: center; background-color: #ffe0b2;">runde Stützen</td> </tr> <tr><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td></tr> <tr><td><input type="checkbox"/> 0,050</td><td><input type="checkbox"/> 0,050</td><td><input type="checkbox"/> 0,050</td><td><input type="checkbox"/> 0,050</td></tr> <tr><td><input type="checkbox"/> 0,100</td><td><input type="checkbox"/> 0,100</td><td><input type="checkbox"/> 0,100</td><td><input type="checkbox"/> 0,100</td></tr> <tr><td><input type="checkbox"/> 0,150</td><td><input type="checkbox"/> 0,150</td><td><input type="checkbox"/> 0,150</td><td><input type="checkbox"/> 0,150</td></tr> <tr><td><input type="checkbox"/> 0,200</td><td><input type="checkbox"/> 0,200</td><td><input type="checkbox"/> 0,200</td><td><input type="checkbox"/> 0,200</td></tr> <tr><td><input type="checkbox"/> 0,250</td><td><input type="checkbox"/> 0,250</td><td><input type="checkbox"/> 0,250</td><td><input type="checkbox"/> 0,250</td></tr> <tr><td><input type="checkbox"/> 0,300</td><td><input type="checkbox"/> 0,300</td><td><input type="checkbox"/> 0,300</td><td><input type="checkbox"/> 0,300</td></tr> <tr><td><input type="checkbox"/> 0,350</td><td><input type="checkbox"/> 0,350</td><td><input type="checkbox"/> 0,350</td><td><input type="checkbox"/> 0,350</td></tr> <tr><td><input type="checkbox"/> 0,400</td><td><input type="checkbox"/> 0,400</td><td><input type="checkbox"/> 0,400</td><td><input type="checkbox"/> 0,400</td></tr> <tr><td><input type="checkbox"/> 0,450</td><td><input type="checkbox"/> 0,450</td><td><input type="checkbox"/> 0,450</td><td><input type="checkbox"/> 0,450</td></tr> <tr><td><input type="checkbox"/> 0,500</td><td><input type="checkbox"/> 0,500</td><td><input type="checkbox"/> 0,500</td><td><input type="checkbox"/> 0,500</td></tr> <tr><td><input type="checkbox"/> 0,550</td><td><input type="checkbox"/> 0,550</td><td><input type="checkbox"/> 0,550</td><td><input type="checkbox"/> 0,550</td></tr> <tr><td><input type="checkbox"/> 0,600</td><td><input type="checkbox"/> 0,600</td><td><input type="checkbox"/> 0,600</td><td><input type="checkbox"/> 0,600</td></tr> <tr><td><input type="checkbox"/> 0,650</td><td><input type="checkbox"/> 0,650</td><td><input type="checkbox"/> 0,650</td><td><input type="checkbox"/> 0,650</td></tr> <tr><td><input type="checkbox"/> 0,700</td><td><input type="checkbox"/> 0,700</td><td><input type="checkbox"/> 0,700</td><td><input type="checkbox"/> 0,700</td></tr> <tr><td><input type="checkbox"/> 0,750</td><td><input type="checkbox"/> 0,750</td><td><input type="checkbox"/> 0,750</td><td><input type="checkbox"/> 0,750</td></tr> <tr><td><input type="checkbox"/> 0,800</td><td><input type="checkbox"/> 0,800</td><td><input type="checkbox"/> 0,800</td><td><input type="checkbox"/> 0,800</td></tr> <tr><td><input type="checkbox"/> 0,850</td><td><input type="checkbox"/> 0,850</td><td><input type="checkbox"/> 0,850</td><td><input type="checkbox"/> 0,850</td></tr> <tr><td><input type="checkbox"/> 0,900</td><td><input type="checkbox"/> 0,900</td><td><input type="checkbox"/> 0,900</td><td><input type="checkbox"/> 0,900</td></tr> <tr><td><input type="checkbox"/> 0,950</td><td><input type="checkbox"/> 0,950</td><td><input type="checkbox"/> 0,950</td><td><input type="checkbox"/> 0,950</td></tr> <tr><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td></tr> </tbody> </table>		Einschalen [Std/m ²]	Ausschalen [Std/m ²]	Einschalen [Std/m ²]	Ausschalen [Std/m ²]	rechteckige Stützen		runde Stützen		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> 0,050	<input type="checkbox"/> 0,050	<input type="checkbox"/> 0,050	<input type="checkbox"/> 0,050	<input type="checkbox"/> 0,100	<input type="checkbox"/> 0,100	<input type="checkbox"/> 0,100	<input type="checkbox"/> 0,100	<input type="checkbox"/> 0,150	<input type="checkbox"/> 0,150	<input type="checkbox"/> 0,150	<input type="checkbox"/> 0,150	<input type="checkbox"/> 0,200	<input type="checkbox"/> 0,200	<input type="checkbox"/> 0,200	<input type="checkbox"/> 0,200	<input type="checkbox"/> 0,250	<input type="checkbox"/> 0,250	<input type="checkbox"/> 0,250	<input type="checkbox"/> 0,250	<input type="checkbox"/> 0,300	<input type="checkbox"/> 0,300	<input type="checkbox"/> 0,300	<input type="checkbox"/> 0,300	<input type="checkbox"/> 0,350	<input type="checkbox"/> 0,350	<input type="checkbox"/> 0,350	<input type="checkbox"/> 0,350	<input type="checkbox"/> 0,400	<input type="checkbox"/> 0,400	<input type="checkbox"/> 0,400	<input type="checkbox"/> 0,400	<input type="checkbox"/> 0,450	<input type="checkbox"/> 0,450	<input type="checkbox"/> 0,450	<input type="checkbox"/> 0,450	<input type="checkbox"/> 0,500	<input type="checkbox"/> 0,500	<input type="checkbox"/> 0,500	<input type="checkbox"/> 0,500	<input type="checkbox"/> 0,550	<input type="checkbox"/> 0,550	<input type="checkbox"/> 0,550	<input type="checkbox"/> 0,550	<input type="checkbox"/> 0,600	<input type="checkbox"/> 0,600	<input type="checkbox"/> 0,600	<input type="checkbox"/> 0,600	<input type="checkbox"/> 0,650	<input type="checkbox"/> 0,650	<input type="checkbox"/> 0,650	<input type="checkbox"/> 0,650	<input type="checkbox"/> 0,700	<input type="checkbox"/> 0,700	<input type="checkbox"/> 0,700	<input type="checkbox"/> 0,700	<input type="checkbox"/> 0,750	<input type="checkbox"/> 0,750	<input type="checkbox"/> 0,750	<input type="checkbox"/> 0,750	<input type="checkbox"/> 0,800	<input type="checkbox"/> 0,800	<input type="checkbox"/> 0,800	<input type="checkbox"/> 0,800	<input type="checkbox"/> 0,850	<input type="checkbox"/> 0,850	<input type="checkbox"/> 0,850	<input type="checkbox"/> 0,850	<input type="checkbox"/> 0,900	<input type="checkbox"/> 0,900	<input type="checkbox"/> 0,900	<input type="checkbox"/> 0,900	<input type="checkbox"/> 0,950	<input type="checkbox"/> 0,950	<input type="checkbox"/> 0,950	<input type="checkbox"/> 0,950	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Einschalen [Std/m ²]	Ausschalen [Std/m ²]	Einschalen [Std/m ²]	Ausschalen [Std/m ²]																																																																																											
rechteckige Stützen		runde Stützen																																																																																												
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																																																																																											
<input type="checkbox"/> 0,050	<input type="checkbox"/> 0,050	<input type="checkbox"/> 0,050	<input type="checkbox"/> 0,050																																																																																											
<input type="checkbox"/> 0,100	<input type="checkbox"/> 0,100	<input type="checkbox"/> 0,100	<input type="checkbox"/> 0,100																																																																																											
<input type="checkbox"/> 0,150	<input type="checkbox"/> 0,150	<input type="checkbox"/> 0,150	<input type="checkbox"/> 0,150																																																																																											
<input type="checkbox"/> 0,200	<input type="checkbox"/> 0,200	<input type="checkbox"/> 0,200	<input type="checkbox"/> 0,200																																																																																											
<input type="checkbox"/> 0,250	<input type="checkbox"/> 0,250	<input type="checkbox"/> 0,250	<input type="checkbox"/> 0,250																																																																																											
<input type="checkbox"/> 0,300	<input type="checkbox"/> 0,300	<input type="checkbox"/> 0,300	<input type="checkbox"/> 0,300																																																																																											
<input type="checkbox"/> 0,350	<input type="checkbox"/> 0,350	<input type="checkbox"/> 0,350	<input type="checkbox"/> 0,350																																																																																											
<input type="checkbox"/> 0,400	<input type="checkbox"/> 0,400	<input type="checkbox"/> 0,400	<input type="checkbox"/> 0,400																																																																																											
<input type="checkbox"/> 0,450	<input type="checkbox"/> 0,450	<input type="checkbox"/> 0,450	<input type="checkbox"/> 0,450																																																																																											
<input type="checkbox"/> 0,500	<input type="checkbox"/> 0,500	<input type="checkbox"/> 0,500	<input type="checkbox"/> 0,500																																																																																											
<input type="checkbox"/> 0,550	<input type="checkbox"/> 0,550	<input type="checkbox"/> 0,550	<input type="checkbox"/> 0,550																																																																																											
<input type="checkbox"/> 0,600	<input type="checkbox"/> 0,600	<input type="checkbox"/> 0,600	<input type="checkbox"/> 0,600																																																																																											
<input type="checkbox"/> 0,650	<input type="checkbox"/> 0,650	<input type="checkbox"/> 0,650	<input type="checkbox"/> 0,650																																																																																											
<input type="checkbox"/> 0,700	<input type="checkbox"/> 0,700	<input type="checkbox"/> 0,700	<input type="checkbox"/> 0,700																																																																																											
<input type="checkbox"/> 0,750	<input type="checkbox"/> 0,750	<input type="checkbox"/> 0,750	<input type="checkbox"/> 0,750																																																																																											
<input type="checkbox"/> 0,800	<input type="checkbox"/> 0,800	<input type="checkbox"/> 0,800	<input type="checkbox"/> 0,800																																																																																											
<input type="checkbox"/> 0,850	<input type="checkbox"/> 0,850	<input type="checkbox"/> 0,850	<input type="checkbox"/> 0,850																																																																																											
<input type="checkbox"/> 0,900	<input type="checkbox"/> 0,900	<input type="checkbox"/> 0,900	<input type="checkbox"/> 0,900																																																																																											
<input type="checkbox"/> 0,950	<input type="checkbox"/> 0,950	<input type="checkbox"/> 0,950	<input type="checkbox"/> 0,950																																																																																											
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																																																																																											
Frage 3	In wieviel Fertigungsabschnitte würden Sie die Decke unterteilen?	<input type="text"/>																																																																																												

Bild 4.2: Auszug aus dem Fragebogen zu Deckenschalarbeiten von Hofstadler

Im Zuge der Auswertung der Datensätze wurden von Hofstadler für jeden Experten der Aufwandswert für das Ein- und Ausschalen (=Summe aus Aufwandswert für das Einschalen und das Ausschalen) sowie für jede Grundrissform der mittlere, minimale und maximale Aufwandswert, die Standardabweichung und die Varianz getrennt nach Einschalen, Ausschalen bzw. Ein- und Ausschalen für rechteckige und runde Stützen berechnet (siehe Tabelle 4.1 und Tabelle 4.2).

Auswertung der Expertenbefragung zu Deckenschalarbeiten

Tabelle 4.1: Auswertung der Expertenbefragung zu Deckenschalarbeiten - Grundrissform 1, rechteckige Stützen

G1	rechteckige Stützen	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9	E10	E11	E12	E13	E14	E15	E16	E17	E18	E19	Mittelwert	Min	Max	StAbW	Varianz
Einschalen	Aufwandswert [Std/m ²]	0,35	0,30	0,33	0,40	0,30	0,35	0,40	0,30	0,35	0,20	0,35	0,30	0,35	0,25	0,30	0,30	0,50	0,65	0,20	0,341	0,20	0,65	0,099	0,010
Ausschalen	Aufwandswert [Std/m ²]	0,15	0,30	0,22	0,15	0,20	0,20	0,15	0,20	0,20	0,25	0,10	0,15	0,15	0,15	0,30	0,20	0,10	0,25	0,15	0,188	0,10	0,30	0,056	0,003
Ein- und Ausschalen	Aufwandswert [Std/m ²]	0,50	0,60	0,55	0,55	0,50	0,55	0,55	0,50	0,55	0,45	0,45	0,45	0,50	0,40	0,60	0,50	0,60	0,90	0,35	0,529	0,35	0,90	0,109	0,012

Tabelle 4.2: Auswertung der Expertenbefragung zu Deckenschalarbeiten - Grundrissform 1, runde Stützen

G1	runde Stützen	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9	E10	E11	E12	E13	E14	E15	E16	E17	E18	E19	Mittelwert	Min	Max	StAbW	Varianz
Einschalen	Aufwandswert [Std/m ²]	0,40	0,30	0,34	0,50	0,35	0,40	0,40	0,40	0,40	0,20	0,38	0,30	0,35	0,30	0,35	0,35	0,55	0,70	0,25	0,380	0,20	0,70	0,108	0,012
Ausschalen	Aufwandswert [Std/m ²]	0,15	0,30	0,22	0,20	0,20	0,20	0,15	0,20	0,20	0,25	0,10	0,15	0,15	0,15	0,30	0,20	0,10	0,25	0,20	0,193	0,10	0,30	0,055	0,003
Ein- und Ausschalen	Aufwandswert [Std/m ²]	0,55	0,60	0,56	0,70	0,55	0,60	0,55	0,60	0,60	0,45	0,48	0,45	0,50	0,45	0,65	0,55	0,65	0,95	0,45	0,573	0,45	0,95	0,115	0,013

Außerdem wurden die 7 Grundrisse in drei Kategorien eingeteilt:

Expertenbefragung zu Deckenschalarbeiten – Grundrissklassen

- Einfache Grundrissklasse K₀ Grundrisse 1 + 2
- Mittlere Grundrissklasse K₁ Grundrisse 3 + 4 + 5
- Komplexe Grundrissklasse K₂ Grundrisse 6 + 7

Diese Einteilung wird für die in Kürze folgenden Berechnungen von Belang sein.

4.1.2 Expertenbefragung zu Bewehrungsarbeiten

Ähnlich wie bei der Expertenbefragung für Schalarbeiten wurden 15 Experten dazu aufgefordert, ihre Einschätzungen über Aufwandswerte für das Verlegen von Deckenbewehrung anzugeben. Im Gegensatz zu den Schalarbeiten galt es diesmal, für 8 verschiedene Deckengrundrissformen Werte anzuführen (siehe Bild 4.3).

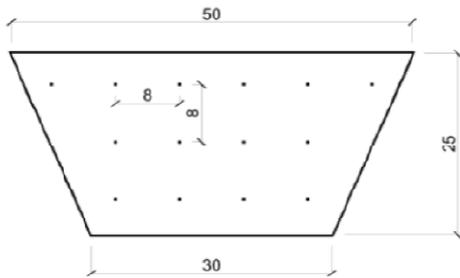
Expertenbefragung zu Bewehrungsarbeiten – Anzahl der befragten Experten und Deckengrundrissformen



Bild 4.3: Grundrissformen der Expertenbefragung für Bewehrungsarbeiten

Einerseits sollten die Experten für jede Grundrissform Aufwandswerte für das Bewehren in Abhängigkeit vom Bewehrungsgrad und Stabstahl und andererseits Aufwandswerte für das Bewehren in Abhängigkeit vom Bewehrungsgrad und Mattenstahl angeben.

Univ.-Doz.Dipl.-Ing.Dr.techn. Christian Hofstadler



- Fläche: 1.000 m²
- Anzahl der Aussparungen: 3
- Fläche je Aussparung: 0,50 m²
- Deckenuntersicht: eben
- Geschoßhöhe: 2,5 m
- Deckenstärke: 0,25 m
- Anzahl der Geschosse: 1
- Wandstärke: 0,25 m
- Stützenraster: 8 m * 8 m
- Baustellenorganisation: gut
- Baustellenbedingungen: gut
- Mittlere Tagestemperatur: 16 °C

I. Geben Sie bitte für die angeführten Randbedingungen jeweils Aufwandswerte für das Verlegen der Deckenbewehrung an (Vorfertigungsgrad = 0 %)!

		Mittlerer Stabdurchmesser											
		6	8	10	12	14	16	20	26	30	32	36	40
Nur Stabstahl:													
BW _g	50 kg/m ³												
BW _g	100 kg/m ³												
BW _g	150 kg/m ³												
BW _g	200 kg/m ³												
BW _g	250 kg/m ³												
BW _g	300 kg/m ³												

		Mittleres Mattengewicht:									
		AQ 42	AQ 50	AQ 55	AQ 60	AQ 65	AQ 70	AQ 76	AQ 82	AQ 90	AQ 100
Nur Mattenstahl:		2,18	3,08	3,74	4,44	5,20	6,04	7,12	8,30	9,98	12,34
BW _g	50 kg/m ³										
BW _g	100 kg/m ³										
BW _g	150 kg/m ³										
BW _g	200 kg/m ³										
BW _g	250 kg/m ³										
BW _g	300 kg/m ³										

II. Wie würden sich die Aufwandswerte in Abhängigkeit vom Vorfertigungsgrad verändern?

Vorfertigungsgrad:	0	10	20	30	40	50	60	70					
Reduktions des Aufwandswertes:	0												

III. Geben Sie an, um wie viel Prozent sich der Aufwandswert bei steigender Anzahl an Geschossen reduzieren würde (bezogen auf den gesamten Aufwandswert)!

Anzahl der Geschosse:	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Mattenstahl	0										
Stabstahl	0										

IV. Geben Sie an, um wie viel Prozent sich der Aufwandswert bei steigender/sinkender Geschossfläche verändern würde!

Geschossfläche	250	500	750	1000	1250	1500	1750	2000	2250	2500	2750	3000
Mattenstahl				0								
Stabstahl				0								

V. Geben Sie an, um wie viel Prozent sich in Abhängigkeit von der optimalen täglichen Verlegeleistung die Produktivität verändern würde!

Verlegeleistung	Reduktion der Leistung												opt	t/d	Erhöhung der Leistung					
Mattenstahl	-60	-50	-40	-30	-20	-10	100	10	20	30	40	50	60							
Stabstahl																				

Bild 4.4: Auszug aus dem Fragebogen zu Bewehrungsarbeiten von Hofstadler

Im Zuge der Auswertung der Datensätze wurden für jeden Stab- bzw. Mattenstahl sowie getrennt nach Grundrissform und jeweiligen Bewehrungsgrad die Anzahl der von den Experten abgegebenen Aufwandswerte n_E sowie deren Mittelwert MW und Standardabweichung StabW berechnet (siehe Tabelle 4.3 und Tabelle 4.4).

Auswertung der
Expertenbefragung zu
Bewehrungsarbeiten

Die Auswertungen erfolgten für die Stabstähle:

∅ 6, 8, 10, 12, 14, 16, 20, 26, 30, 32, 36 und 40

und Mattenstähle:

AQ 42, 50, 55, 60, 65, 70, 76, 82, 90 und 100.

Die 8 Grundrissformen wurden außerdem wieder in drei Kategorien eingeteilt. Diese sind:

Expertenbefragung zu
Bewehrungsarbeiten -
Grundrissklassen

- Einfache Grundrissklasse K_{0B} Grundrisse 1 + 2
- Mittlere Grundrissklasse K_{1B} Grundrisse 3 + 4 + 5
- Komplexe Grundrissklasse K_{2B} Grundrisse 6 + 7 + 8

Diese Einteilung wird wiederum für die folgenden Berechnungen von Bedeutung sein.

Tabelle 4.3: Beispielhafte Darstellung der Datenauswertung der Expertenbefragung zu Bewehrungsarbeiten – Stabstahl ø 10

Stabdurchmesser 10

Grundrissform 1

		%														n _e	MW	StabW
		1,04	1,08	x	1,03	1,05	1,15	1,05	x	x	x	x	1,02	1,02	1,02			
kg/m ³ -E	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9	E10	E11	E12	E13	E14	E15			
BWg	50	17,21	25,00	21,00	17,20	17,00	30,00	18,00	14,00	11,00	15,00	15,00	9,00	9,00	9,00	14	16,244	6,121
BWg	100	16,14	17,00	21,00	16,10	16,00	17,00	17,00	13,80	x	15,00	15,00	8,00	8,00	8,00	13	14,465	4,044
BWg	150	16,59	15,00	22,00	16,60	17,00	15,00	16,00	13,60	x	15,00	15,00	x	x	x	10	16,179	2,289
BWg	200	20,74	x	25,00	20,80	21,00	x	x	13,40	x	15,00	15,00	x	x	x	7	18,706	4,263
BWg	250	28,59	x	27,00	28,60	29,00	x	x	13,20	x	x	x	x	x	x	5	25,278	6,795
BWg	300	36,17	x	x	36,10	36,00	x	x	13,00	x	x	x	x	x	x	4	30,318	11,545

Grundrissform 2

		%														n _e	MW	StabW
		1,04	1,08	x	1,03	1,05	1,15	1,05	x	x	x	x	1,02	1,02	1,02			
kg/m ³ -E	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9	E10	E11	E12	E13	E14	E15			
BWg	50	17,90	27,00	23,00	17,72	17,85	34,50	18,90	14,40	12,00	15,00	15,00	9,18	9,18	9,18	14	17,200	7,182
BWg	100	16,79	18,36	23,00	16,58	16,80	19,55	17,85	14,20	x	15,00	15,00	8,16	8,16	8,16	13	15,201	4,596
BWg	150	17,25	16,20	24,00	17,10	17,85	17,25	16,80	14,00	x	15,00	15,00	x	x	x	10	17,045	2,739
BWg	200	21,57	x	27,00	21,42	22,05	x	x	13,80	x	15,00	15,00	x	x	x	7	19,406	4,893
BWg	250	29,73	x	29,00	29,46	30,45	x	x	13,60	x	x	x	x	x	x	5	26,448	7,202
BWg	300	37,62	x	x	37,18	37,80	x	x	13,40	x	x	x	x	x	x	4	31,500	12,069

Grundrissform 3

		%														n _e	MW	StabW
		1,08	1,15	x	1,07	1,08	1,25	1,10	x	x	x	x	1,03	1,03	1,03			
kg/m ³ -E	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9	E10	E11	E12	E13	E14	E15			
BWg	50	18,59	28,75	22,00	18,40	18,36	37,50	19,80	14,20	13,00	16,00	16,00	9,27	9,27	9,27	14	17,886	7,803
BWg	100	17,43	19,55	22,00	17,23	17,28	21,25	18,70	14,00	x	16,00	16,00	8,24	8,24	8,24	13	15,704	4,762
BWg	150	17,92	17,25	23,00	17,76	18,36	18,75	17,60	13,80	x	16,00	16,00	x	x	x	10	17,644	2,377
BWg	200	22,40	x	26,00	22,26	22,68	x	x	13,60	x	16,00	16,00	x	x	x	7	19,848	4,598
BWg	250	30,88	x	28,00	30,60	31,32	x	x	13,40	x	x	x	x	x	x	5	26,840	7,624
BWg	300	39,06	x	x	38,63	38,88	x	x	13,20	x	x	x	x	x	x	4	32,443	12,830

Grundrissform 4

		%														n _e	MW	StabW
		1,10	1,15	x	1,09	1,11	1,30	1,10	x	x	x	x	1,08	1,08	1,08			
kg/m ³ -E	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9	E10	E11	E12	E13	E14	E15			
BWg	50	18,93	28,75	22,00	18,75	18,87	39,00	19,80	14,30	14,00	15,00	15,00	9,72	9,72	9,72	14	18,111	7,996
BWg	100	17,75	19,55	22,00	17,55	17,76	22,10	18,70	14,10	x	15,00	15,00	8,64	8,64	8,64	13	15,803	4,737
BWg	150	18,25	17,25	23,00	18,09	18,87	19,50	17,60	13,90	x	15,00	15,00	x	x	x	10	17,646	2,632
BWg	200	22,81	x	26,00	22,67	23,31	x	x	13,70	x	15,00	15,00	x	x	x	7	19,785	5,023
BWg	250	31,45	x	28,00	31,17	32,19	x	x	13,50	x	x	x	x	x	x	5	27,263	7,859
BWg	300	39,79	x	x	39,35	39,96	x	x	13,30	x	x	x	x	x	x	4	33,099	13,202

Grundrissform 5

		%														n _e	MW	StabW
		1,20	1,25	x	1,10	1,22	1,50	1,20	x	x	x	x	1,12	1,12	1,12			
kg/m ³ -E	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9	E10	E11	E12	E13	E14	E15			
BWg	50	20,65	31,25	23,00	18,92	20,74	45,00	21,60	14,60	16,00	16,00	16,00	10,08	10,08	10,08	14	19,572	9,344
BWg	100	19,37	21,25	23,00	17,71	19,52	25,50	20,40	14,40	x	16,00	16,00	8,96	8,96	8,96	13	16,925	5,423
BWg	150	19,91	18,75	24,00	18,26	20,74	22,50	19,20	14,20	x	16,00	16,00	x	x	x	10	18,956	3,033
BWg	200	24,89	x	27,00	22,88	25,62	x	x	14,00	x	16,00	16,00	x	x	x	7	20,913	5,400
BWg	250	34,31	x	29,00	31,46	35,38	x	x	13,80	x	x	x	x	x	x	5	28,790	8,743
BWg	300	43,40	x	x	39,71	43,92	x	x	13,60	x	x	x	x	x	x	4	35,159	14,494

Grundrissform 6

		%														n _e	MW	StabW
		1,20	1,28	x	1,20	1,24	1,70	1,30	x	x	x	x	1,15	1,15	1,15			
kg/m ³ -E	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9	E10	E11	E12	E13	E14	E15			
BWg	50	20,65	32,00	24,00	20,64	21,08	51,00	23,40	15,60	16,00	18,00	18,00	10,35	10,35	10,35	14	20,812	10,554
BWg	100	19,37	21,76	24,00	19,32	19,84	28,90	22,10	15,40	x	18,00	18,00	9,20	9,20	9,20	13	18,026	5,999
BWg	150	19,91	19,20	25,00	19,92	21,08	25,50	20,80	15,20	x	18,00	18,00	x	x	x	10	20,261	3,128
BWg	200	24,89	x	28,00	24,96	26,04	x	x	15,00	x	18,00	18,00	x	x	x	7	22,127	5,005
BWg	250	34,31	x	30,00	34,32	35,96	x	x	14,80	x	x	x	x	x	x	5	29,878	8,714
BWg	300	43,40	x	x	43,32	44,64	x	x	14,60	x	x	x	x	x	x	4	36,491	14,606

Grundrissform 7

		%														n _e	MW	StabW
		1,25	1,28	x	1,30	1,24	1,90	1,40	x	x	x	x	1,18	1,18	1,18			
kg/m ³ -E	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9	E10	E11	E12	E13	E14	E15			
BWg	50	21,51	32,00	24,00	22,36	21,08	57,00	25,20	15,70	16,00	18,00	18,00	10,62	10,62	10,62	14	21,622	11,880
BWg	100	20,18	21,76	24,00	20,93	19,84	32,30	23,80	15,50	x	18,00	18,00	9,44	9,44	9,44	13	18,663	6,616
BWg	150	20,74	19,20	25,00	21,58	21,08	28,50	22,40	15,30	x	18,00	18,00	x	x	x	10	20,980	3,776
BWg	200	25,93	x	28,00	27,04	26,04	x	x	15,10	x	18,00	18,00	x	x	x	7	22,586	5,328
BWg	250	35,74	x	30,00	37,18	35,96	x	x	14,90	x	x	x	x	x	x	5	30,756	9,289
BWg	300	45,21	x	x	46,93	44,64	x	x	14,70	x	x	x	x	x	x	4	37,871	15,478

Grundrissform 8

		%														n _e	MW	StabW
		1,30	1,32	x	1,30	1,25	1,80	1,50	x	x	x	x	1,22	1,22	1,22			
kg/m ³ -E	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9	E10	E11	E12	E13	E14	E15			
BWg	50	22,37	33,00	23,00	22,36	21,25	54,00	27,00	15,90	17,00	17,00	17,00	10,98	10,98	10,98	14	21,630	11,254
BWg	100	20,98	22,44	23,00	20,93	20,00	30,60	25,50	15,70	x	17,00	17,00	9,76	9,76	9,76	13	18,649	6,369
BWg	150	21,57	19,80	24,00	21,58	21,25	27,00	24,00	15,60	x	17,00	17,00	x	x	x	10	20,880	3,608
BWg	200	26,96	x	27,00	27,04	26,25	x	x	15,30	x	17,00	17,00	x	x	x	7	22,365	5,583
BWg	250	37,17	x	29,00	37,18	36,25	x	x	15,10	x	x	x	x	x	x	5	30,939	9,494
BWg	300	47,02	x	x	46,93	45,00	x	x	14,90	x	x	x	x	x	x	4	38,463	15,736

Tabelle 4.4: Beispielhafte Darstellung der Datenauswertung der Expertenbefragung zu Bewehrungsarbeiten – Mattenstahl AQ 55

Mattenstahl AQ 55

Grundrissform 1

kg/m ³ -E	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9	E10	E11	E12	E13	E14	E15	n _E	MW	StabW
BWg	50	7,04	9,50	19,00	7,00	7,00	9,00	10,00	14,00	7,00	x	x	x	x	x	9	9,949	4,092
BWg	100	5,85	9,50	19,00	5,90	6,00	x	10,00	13,50	x	x	x	x	x	x	7	9,964	4,891
BWg	150	6,27	x	20,00	6,30	6,00	x	9,00	13,00	x	x	x	x	x	x	6	10,095	5,542
BWg	200	8,28	x	21,00	8,30	8,00	x	x	12,50	x	x	x	x	x	x	5	11,616	5,569
BWg	250	10,19	x	23,00	10,20	10,00	x	x	12,00	x	x	x	x	x	x	5	13,078	5,606
BWg	300	13,49	x	26,00	13,50	13,00	x	x	11,50	x	x	x	x	x	x	5	15,498	5,927

Grundrissform 2

																			%		
kg/m ³ -E	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9	E10	E11	E12	E13	E14	E15	n _E	MW	StabW			
BWg	50	7,32	10,26	20,00	7,21	7,35	10,35	10,50	14,40	8,00	x	x	x	x	x	9	10,599	4,221			
BWg	100	6,08	10,26	20,00	6,08	6,30	x	10,50	13,90	x	x	x	x	x	x	7	10,446	5,141			
BWg	150	6,52	x	21,00	6,49	6,30	x	9,45	13,50	x	x	x	x	x	x	6	10,543	5,829			
BWg	200	8,61	x	21,00	8,55	8,40	x	x	12,90	x	x	x	x	x	x	5	11,892	5,434			
BWg	250	10,60	x	23,00	10,51	10,50	x	x	12,70	x	x	x	x	x	x	5	13,461	5,415			
BWg	300	14,03	x	26,00	13,91	13,65	x	x	11,90	x	x	x	x	x	x	5	15,897	5,713			

Grundrissform 3

																			%		
kg/m ³ -E	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9	E10	E11	E12	E13	E14	E15	n _E	MW	StabW			
BWg	50	7,60	10,93	20,00	7,49	7,56	11,25	11,00	14,20	7,00	x	x	x	x	x	9	10,781	4,221			
BWg	100	6,32	10,93	20,00	6,31	6,48	x	11,00	13,70	x	x	x	x	x	x	7	10,677	5,031			
BWg	150	6,77	x	21,00	6,74	6,48	x	9,90	13,20	x	x	x	x	x	x	6	10,682	5,690			
BWg	200	8,94	x	21,00	8,88	8,64	x	x	12,70	x	x	x	x	x	x	5	12,033	5,288			
BWg	250	11,01	x	23,00	10,91	10,80	x	x	12,50	x	x	x	x	x	x	5	13,644	5,276			
BWg	300	14,57	x	26,00	14,45	14,04	x	x	11,70	x	x	x	x	x	x	5	16,151	5,628			

Grundrissform 4

																			%		
kg/m ³ -E	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9	E10	E11	E12	E13	E14	E15	n _E	MW	StabW			
BWg	50	7,74	10,93	20,00	7,63	7,77	11,70	11,00	14,30	8,00	x	x	x	x	x	9	11,008	4,089			
BWg	100	6,44	10,93	20,00	6,43	6,66	x	11,00	13,80	x	x	x	x	x	x	7	10,750	4,983			
BWg	150	6,90	x	21,00	6,87	6,66	x	9,90	13,40	x	x	x	x	x	x	6	10,787	5,647			
BWg	200	9,11	x	21,00	9,05	8,88	x	x	12,80	x	x	x	x	x	x	5	12,167	5,204			
BWg	250	11,21	x	23,00	11,12	11,10	x	x	12,60	x	x	x	x	x	x	5	13,805	5,179			
BWg	300	14,84	x	26,00	14,72	14,43	x	x	11,80	x	x	x	x	x	x	5	16,357	5,533			

Grundrissform 5

																			%		
kg/m ³ -E	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9	E10	E11	E12	E13	E14	E15	n _E	MW	StabW			
BWg	50	8,45	11,88	20,00	7,70	8,54	13,50	12,00	14,60	9,00	x	x	x	x	x	9	11,740	3,945			
BWg	100	7,02	11,88	20,00	6,49	7,32	x	12,00	19,20	x	x	x	x	x	x	7	11,986	5,670			
BWg	150	7,52	x	21,00	6,93	7,32	x	10,80	13,70	x	x	x	x	x	x	6	11,212	5,464			
BWg	200	9,94	x	21,00	9,13	9,76	x	x	13,10	x	x	x	x	x	x	5	12,585	4,950			
BWg	250	12,23	x	23,00	11,22	12,20	x	x	12,90	x	x	x	x	x	x	5	14,310	4,895			
BWg	300	16,19	x	26,00	14,85	15,86	x	x	12,10	x	x	x	x	x	x	5	17,000	5,282			

Grundrissform 6

																			%		
kg/m ³ -E	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9	E10	E11	E12	E13	E14	E15	n _E	MW	StabW			
BWg	50	8,45	12,16	21,00	8,40	8,68	15,30	13,00	15,60	9,00	x	x	x	x	x	9	12,399	4,331			
BWg	100	7,02	12,16	21,00	7,08	7,44	x	13,00	15,20	x	x	x	x	x	x	7	11,843	5,194			
BWg	150	7,52	x	22,00	7,56	7,44	x	11,70	14,70	x	x	x	x	x	x	6	11,821	5,792			
BWg	200	9,94	x	22,00	9,96	9,92	x	x	14,90	x	x	x	x	x	x	5	13,343	5,295			
BWg	250	12,23	x	24,00	12,24	12,40	x	x	13,90	x	x	x	x	x	x	5	14,954	5,105			
BWg	300	16,19	x	27,00	16,20	16,12	x	x	13,10	x	x	x	x	x	x	5	17,722	5,354			

Grundrissform 7

																			%		
kg/m ³ -E	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9	E10	E11	E12	E13	E14	E15	n _E	MW	StabW			
BWg	50	8,80	12,16	21,00	9,10	8,68	17,10	14,00	15,70	9,00	x	x	x	x	x	9	12,838	4,431			
BWg	100	7,31	12,16	21,00	7,67	7,44	x	14,00	15,30	x	x	x	x	x	x	7	12,126	5,121			
BWg	150	7,84	x	22,00	8,19	7,44	x	12,60	14,80	x	x	x	x	x	x	6	12,145	5,669			
BWg	200	10,35	x	22,00	10,79	9,92	x	x	14,30	x	x	x	x	x	x	5	13,472	5,074			
BWg	250	12,74	x	24,00	13,26	12,40	x	x	14,00	x	x	x	x	x	x	5	15,280	4,912			
BWg	300	16,86	x	27,00	17,55	16,12	x	x	13,20	x	x	x	x	x	x	5	18,147	5,219			

Grundrissform 8

																			%		
kg/m ³ -E	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9	E10	E11	E12	E13	E14	E15	n _E	MW	StabW			
BWg	50	9,15	12,54	21,00	9,10	8,75	16,20	15,00	15,90	10,00	x	x	x	x	x	9	13,071	4,241			
BWg	100	7,61	12,54	21,00	7,67	7,50	x	15,00	15,50	x	x	x	x	x	x	7	12,402	5,160			
BWg	150	8,15	x	22,00	8,19	7,50	x	13,50	15,00	x	x	x	x	x	x	6	12,390	5,655			
BWg	200	10,76	x	22,00	10,79	10,00	x	x	14,50	x	x	x	x	x	x	5	13,611	5,007			
BWg	250	13,25	x	24,00	13,26	12,50	x	x	14,00	x	x	x	x	x	x	5	15,401	4,836			
BWg	300	17,54	x	27,00	17,55	16,25	x	x	13,50	x	x	x	x	x	x	5	18,367	5,100			

4.2 Korrelationen zwischen den Aufwandswerten für Deckenschalarbeiten der unterschiedlichen Grundrissklassen

In diesem Abschnitt werden die Zusammenhänge zwischen den Aufwandswerten für Deckenschalarbeiten der einfachen, mittleren und komplexen Grundrissklasse untersucht. Das Ziel ist, festzustellen, ob zwischen den Aufwandswerten für das Ein- und Ausschalen der einfachen Grundrissklasse und den Aufwandswerten für das Ein- und Ausschalen der mittleren Grundrissklasse (bzw. den Aufwandswerten der einfachen und der komplexen sowie der mittleren und der komplexen Grundrissklasse) ein Zusammenhang besteht und wie stark dieser ist.

Dies geschieht unter Verwendung der von *Hofstadler* ausgewerteten Datensätze (siehe Tabelle 4.5 und Tabelle 4.6).

Im ersten Schritt werden den im vorigen Abschnitt angeführten drei Grundrissklassen folgende Zahlenwerte zugeteilt:

- „0“ einfache Grundrissklasse
- „1“ mittlere Grundrissklasse
- „2“ komplexe Grundrissklasse

Die Berechnung der Zusammenhangsstärke zwischen den Aufwandswerten jeweils zweier Grundrissklassen erfolgt mittels der punktbiserialen Korrelation nach Gleichung 62

$$r_{pb} = \frac{\bar{y}_1 - \bar{y}_0}{s_y} \cdot \sqrt{\frac{n_0 \cdot n_1}{n \cdot (n - 1)}}$$

und der dazugehörigen Testgröße nach Gleichung 63

$$t = \frac{r_{pb} \cdot \sqrt{n - 2}}{\sqrt{1 - r_{pb}^2}}$$

Die Berechnungen der für die punktbiserialen Korrelation erforderlichen Größen wurden mit Excel durchgeführt. Daher kann es zu Rundungsfehlern kommen, wenn man die Rechnungen händisch kontrolliert.

Korrelationen zwischen den Aufwandswerten für Deckenschalarbeiten der unterschiedlichen Grundrissklassen

Berechnung mittels punktbiserialer Korrelation

Tabelle 4.5: Ausgewertete Daten der Expertenbefragung – Aufwandswerte bei Deckenschalarbeiten – rechteckige Stützen

G1	rechteckige Stützen	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9	E10	E11	E12	E13	E14	E15	E16	E17	E18	E19	Mittelwert	Min	Max	StAbW	Varianz
Einschalen	Aufwandswert [Std/m ²]	0,35	0,30	0,33	0,40	0,30	0,35	0,40	0,30	0,35	0,20	0,35	0,30	0,35	0,25	0,30	0,30	0,50	0,65	0,20	0,341	0,20	0,65	0,099	0,010
Ausschalen	Aufwandswert [Std/m ²]	0,15	0,30	0,22	0,15	0,20	0,20	0,15	0,20	0,20	0,25	0,10	0,15	0,15	0,15	0,30	0,20	0,10	0,25	0,15	0,188	0,10	0,30	0,056	0,003
Ein- und Ausschalen	Aufwandswert [Std/m ²]	0,50	0,60	0,55	0,55	0,50	0,55	0,55	0,50	0,55	0,45	0,45	0,45	0,50	0,40	0,60	0,50	0,60	0,90	0,35	0,529	0,35	0,90	0,109	0,012
G2	rechteckige Stützen	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9	E10	E11	E12	E13	E14	E15	E16	E17	E18	E19	Mittelwert	Min	Max	StAbW	Varianz
Einschalen	Aufwandswert [Std/m ²]	0,35	0,35	0,33	0,45	0,35	0,35	0,45	0,30	0,35	0,25	0,37	0,35	0,35	0,30	0,35	0,30	0,65	0,70	0,20	0,374	0,20	0,70	0,118	0,014
Ausschalen	Aufwandswert [Std/m ²]	0,15	0,30	0,22	0,15	0,20	0,20	0,15	0,20	0,20	0,25	0,10	0,15	0,15	0,15	0,30	0,20	0,10	0,30	0,15	0,191	0,10	0,30	0,060	0,004
Ein- und Ausschalen	Aufwandswert [Std/m ²]	0,50	0,65	0,55	0,60	0,55	0,55	0,60	0,50	0,55	0,50	0,47	0,50	0,50	0,45	0,65	0,50	0,75	1,00	0,35	0,564	0,35	1,00	0,133	0,018
G3	rechteckige Stützen	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9	E10	E11	E12	E13	E14	E15	E16	E17	E18	E19	Mittelwert	Min	Max	StAbW	Varianz
Einschalen	Aufwandswert [Std/m ²]	0,35	0,35	0,34	0,45	0,45	0,40	0,45	0,35	0,35	0,25	0,42	0,40	0,40	0,40	0,35	0,35	0,80	0,75	0,20	0,411	0,20	0,80	0,139	0,019
Ausschalen	Aufwandswert [Std/m ²]	0,15	0,30	0,23	0,20	0,25	0,20	0,15	0,20	0,20	0,25	0,10	0,15	0,15	0,15	0,30	0,20	0,15	0,30	0,15	0,199	0,10	0,30	0,058	0,003
Ein- und Ausschalen	Aufwandswert [Std/m ²]	0,50	0,65	0,57	0,65	0,70	0,60	0,60	0,55	0,55	0,50	0,52	0,55	0,55	0,55	0,65	0,55	0,95	1,05	0,35	0,610	0,35	1,05	0,153	0,023
G4	rechteckige Stützen	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9	E10	E11	E12	E13	E14	E15	E16	E17	E18	E19	Mittelwert	Min	Max	StAbW	Varianz
Einschalen	Aufwandswert [Std/m ²]	0,45	0,40	0,38	0,45	0,40	0,45	0,50	0,40	0,35	0,35	0,50	0,45	0,45	0,45	0,40	0,45	0,80	0,75	0,25	0,454	0,25	0,80	0,124	0,015
Ausschalen	Aufwandswert [Std/m ²]	0,15	0,30	0,27	0,20	0,25	0,25	0,20	0,20	0,20	0,25	0,10	0,15	0,15	0,15	0,30	0,20	0,15	0,30	0,15	0,206	0,10	0,30	0,059	0,004
Ein- und Ausschalen	Aufwandswert [Std/m ²]	0,60	0,70	0,65	0,65	0,65	0,70	0,70	0,60	0,55	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,70	0,65	0,95	1,05	0,40	0,661	0,40	1,05	0,135	0,018
G5	rechteckige Stützen	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9	E10	E11	E12	E13	E14	E15	E16	E17	E18	E19	Mittelwert	Min	Max	StAbW	Varianz
Einschalen	Aufwandswert [Std/m ²]	0,45	0,40	0,38	0,55	0,45	0,50	0,55	0,45	0,40	0,40	0,55	0,55	0,55	0,50	0,40	0,50	0,90	0,90	0,25	0,507	0,25	0,90	0,155	0,024
Ausschalen	Aufwandswert [Std/m ²]	0,15	0,30	0,27	0,25	0,30	0,30	0,25	0,25	0,20	0,30	0,10	0,15	0,15	0,15	0,30	0,20	0,20	0,35	0,15	0,227	0,10	0,35	0,070	0,005
Ein- und Ausschalen	Aufwandswert [Std/m ²]	0,60	0,70	0,65	0,80	0,75	0,80	0,80	0,70	0,60	0,70	0,65	0,70	0,70	0,65	0,70	0,70	1,10	1,25	0,40	0,734	0,40	1,25	0,176	0,031
G6	rechteckige Stützen	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9	E10	E11	E12	E13	E14	E15	E16	E17	E18	E19	Mittelwert	Min	Max	StAbW	Varianz
Einschalen	Aufwandswert [Std/m ²]	0,45	0,45	0,38	0,55	0,40	0,60	0,60	0,50	0,40	0,85	0,55	0,60	0,65	0,55	0,40	0,60	0,95	0,90	0,25	0,559	0,25	0,95	0,178	0,032
Ausschalen	Aufwandswert [Std/m ²]	0,15	0,35	0,27	0,30	0,40	0,40	0,25	0,25	0,25	0,65	0,15	0,15	0,15	0,15	0,30	0,25	0,20	0,35	0,15	0,269	0,15	0,65	0,123	0,015
Ein- und Ausschalen	Aufwandswert [Std/m ²]	0,60	0,80	0,65	0,85	0,80	1,00	0,85	0,75	0,65	1,50	0,70	0,75	0,80	0,70	0,70	0,85	1,15	1,25	0,40	0,829	0,40	1,50	0,244	0,059
G7	rechteckige Stützen	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9	E10	E11	E12	E13	E14	E15	E16	E17	E18	E19	Mittelwert	Min	Max	StAbW	Varianz
Einschalen	Aufwandswert [Std/m ²]	0,55	0,45	0,50	0,60	0,50	0,60	0,80	0,50	0,50	1,10	0,60	0,85	0,95	0,55	0,40	0,65	0,95	0,90	0,30	0,645	0,30	1,10	0,211	0,045
Ausschalen	Aufwandswert [Std/m ²]	0,20	0,35	0,27	0,30	0,40	0,40	0,30	0,25	0,25	0,70	0,15	0,15	0,15	0,15	0,30	0,25	0,20	0,35	0,15	0,277	0,15	0,70	0,129	0,017
Ein- und Ausschalen	Aufwandswert [Std/m ²]	0,75	0,80	0,77	0,90	0,90	1,00	1,10	0,75	0,75	1,80	0,75	1,00	1,10	0,70	0,70	0,90	1,15	1,25	0,45	0,922	0,45	1,80	0,280	0,078

Tabelle 4.6: Ausgewertete Daten der Expertenbefragung – Aufwandswerte bei Deckenschalarbeiten – runde Stützen

G1	runde Stützen	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9	E10	E11	E12	E13	E14	E15	E16	E17	E18	E19	Mittelwert	Min	Max	StAbW	Varianz
Einschalen	Aufwandswert [Std/m ²]	0,40	0,30	0,34	0,50	0,35	0,40	0,40	0,40	0,40	0,20	0,38	0,30	0,35	0,30	0,35	0,35	0,55	0,70	0,25	0,380	0,20	0,70	0,108	0,012
Ausschalen	Aufwandswert [Std/m ²]	0,15	0,30	0,22	0,20	0,20	0,20	0,15	0,20	0,20	0,25	0,10	0,15	0,15	0,15	0,30	0,20	0,10	0,25	0,20	0,193	0,10	0,30	0,055	0,003
Ein- und Ausschalen	Aufwandswert [Std/m ²]	0,55	0,60	0,56	0,70	0,55	0,60	0,55	0,60	0,60	0,45	0,48	0,45	0,50	0,45	0,65	0,55	0,65	0,95	0,45	0,573	0,45	0,95	0,115	0,013
G2	runde Stützen	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9	E10	E11	E12	E13	E14	E15	E16	E17	E18	E19	Mittelwert	Min	Max	StAbW	Varianz
Einschalen	Aufwandswert [Std/m ²]	0,40	0,35	0,34	0,55	0,40	0,40	0,45	0,40	0,40	0,25	0,40	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,70	0,75	0,25	0,410	0,25	0,75	0,125	0,016
Ausschalen	Aufwandswert [Std/m ²]	0,15	0,30	0,22	0,20	0,20	0,20	0,15	0,20	0,20	0,25	0,10	0,15	0,15	0,15	0,30	0,20	0,10	0,30	0,20	0,196	0,10	0,30	0,058	0,003
Ein- und Ausschalen	Aufwandswert [Std/m ²]	0,55	0,65	0,56	0,75	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,65	0,55	0,80	1,05	0,45	0,606	0,45	1,05	0,135	0,018
G3	runde Stützen	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9	E10	E11	E12	E13	E14	E15	E16	E17	E18	E19	Mittelwert	Min	Max	StAbW	Varianz
Einschalen	Aufwandswert [Std/m ²]	0,40	0,35	0,35	0,55	0,45	0,45	0,45	0,40	0,40	0,25	0,45	0,40	0,40	0,45	0,40	0,40	0,85	0,80	0,25	0,447	0,25	0,85	0,146	0,021
Ausschalen	Aufwandswert [Std/m ²]	0,15	0,30	0,23	0,25	0,25	0,20	0,15	0,20	0,20	0,25	0,10	0,15	0,15	0,15	0,30	0,20	0,15	0,30	0,20	0,204	0,10	0,30	0,058	0,003
Ein- und Ausschalen	Aufwandswert [Std/m ²]	0,55	0,65	0,58	0,80	0,70	0,65	0,60	0,65	0,60	0,50	0,55	0,55	0,55	0,60	0,70	0,60	1,00	1,10	0,45	0,652	0,45	1,10	0,157	0,025
G4	runde Stützen	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9	E10	E11	E12	E13	E14	E15	E16	E17	E18	E19	Mittelwert	Min	Max	StAbW	Varianz
Einschalen	Aufwandswert [Std/m ²]	0,50	0,40	0,39	0,50	0,45	0,50	0,50	0,40	0,40	0,35	0,52	0,45	0,45	0,50	0,40	0,45	0,85	0,80	0,30	0,485	0,30	0,85	0,130	0,017
Ausschalen	Aufwandswert [Std/m ²]	0,15	0,30	0,27	0,25	0,25	0,20	0,20	0,20	0,20	0,25	0,10	0,15	0,15	0,15	0,30	0,20	0,15	0,30	0,25	0,214	0,10	0,30	0,059	0,003
Ein- und Ausschalen	Aufwandswert [Std/m ²]	0,65	0,70	0,66	0,75	0,70	0,75	0,70	0,70	0,60	0,60	0,62	0,60	0,60	0,65	0,70	0,65	1,00	1,10	0,55	0,699	0,55	1,10	0,132	0,018
G5	runde Stützen	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9	E10	E11	E12	E13	E14	E15	E16	E17	E18	E19	Mittelwert	Min	Max	StAbW	Varianz
Einschalen	Aufwandswert [Std/m ²]	0,50	0,40	0,39	0,60	0,50	0,55	0,55	0,55	0,45	0,40	0,57	0,55	0,55	0,55	0,45	0,55	0,95	0,95	0,30	0,543	0,30	0,95	0,159	0,025
Ausschalen	Aufwandswert [Std/m ²]	0,15	0,30	0,27	0,30	0,30	0,30	0,30	0,25	0,25	0,20	0,30	0,10	0,15	0,15	0,30	0,20	0,20	0,35	0,25	0,235	0,10	0,35	0,069	0,005
Ein- und Ausschalen	Aufwandswert [Std/m ²]	0,65	0,70	0,66	0,90	0,80	0,85	0,80	0,80	0,65	0,70	0,67	0,70	0,70	0,70	0,75	0,75	1,15	1,30	0,55	0,778	0,55	1,30	0,174	0,030
G6	runde Stützen	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9	E10	E11	E12	E13	E14	E15	E16	E17	E18	E19	Mittelwert	Min	Max	StAbW	Varianz
Einschalen	Aufwandswert [Std/m ²]	0,50	0,45	0,39	0,60	0,45	0,65	0,60	0,60	0,45	0,85	0,57	0,60	0,65	0,60	0,45	0,65	0,95	0,95	0,30	0				

4.2.1 Korrelation zwischen den Aufwandswerten für das Ein- und Ausschalen der einfachen und mittleren Grundrissklasse bei rechteckigen Stützen

Für die Berechnung der Korrelation werden folgende Daten benötigt:

Tabelle 4.7: Aufwandswerte für das Ein- und Ausschalen der Grundrissformen 1 bis 5 bei rechteckigen Stützen

G1	rechteckige Stützen	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9	E10	E11	E12	E13	E14	E15	E16	E17	E18	E19	Mittelwert	Min	Max	StAbW	Varianz
Ein- und Ausschalen	Aufwandswert [Std/m ²]	0,50	0,60	0,55	0,55	0,50	0,55	0,55	0,50	0,55	0,45	0,45	0,45	0,50	0,40	0,60	0,50	0,60	0,90	0,35	0,529	0,35	0,90	0,109	0,012
G2	rechteckige Stützen	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9	E10	E11	E12	E13	E14	E15	E16	E17	E18	E19	Mittelwert	Min	Max	StAbW	Varianz
Ein- und Ausschalen	Aufwandswert [Std/m ²]	0,50	0,65	0,55	0,60	0,55	0,55	0,60	0,50	0,55	0,50	0,47	0,50	0,50	0,45	0,65	0,50	0,75	1,00	0,35	0,564	0,35	1,00	0,133	0,018
G3	rechteckige Stützen	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9	E10	E11	E12	E13	E14	E15	E16	E17	E18	E19	Mittelwert	Min	Max	StAbW	Varianz
Ein- und Ausschalen	Aufwandswert [Std/m ²]	0,50	0,65	0,57	0,65	0,70	0,60	0,60	0,55	0,55	0,50	0,52	0,55	0,55	0,55	0,65	0,55	0,95	1,05	0,35	0,610	0,35	1,05	0,153	0,023
G4	rechteckige Stützen	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9	E10	E11	E12	E13	E14	E15	E16	E17	E18	E19	Mittelwert	Min	Max	StAbW	Varianz
Ein- und Ausschalen	Aufwandswert [Std/m ²]	0,60	0,70	0,65	0,65	0,65	0,70	0,70	0,60	0,55	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,70	0,65	0,95	1,05	0,40	0,661	0,40	1,05	0,135	0,018
G5	rechteckige Stützen	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9	E10	E11	E12	E13	E14	E15	E16	E17	E18	E19	Mittelwert	Min	Max	StAbW	Varianz
Ein- und Ausschalen	Aufwandswert [Std/m ²]	0,60	0,70	0,65	0,80	0,75	0,80	0,80	0,70	0,60	0,70	0,65	0,70	0,70	0,65	0,70	0,70	1,10	1,25	0,40	0,734	0,40	1,25	0,176	0,031

Für die Mittelwerte von „0“ und „1“ ergeben sich:

$$\bar{y}_{0,re} = 0,547, \bar{y}_{1,re} = 0,668$$

Ermittlung der für die punktbiseriale Korrelation benötigten Größen

und die Standardabweichung $s_{y_{01,re}}$ aller Aufwandswerte von „0“ und „1“:

$$s_{y_{01,re}} = 0,1612.$$

Anzahl an Aufwandswerten für „0“: $n_{0,re} = 2 \times 19 = 38$

Anzahl an Aufwandswerten für „1“: $n_{1,re} = 3 \times 19 = 57$

Gesamtanzahl an Aufwandswerten: $n_{01,re} = n_{0,re} + n_{1,re} = 95$

Damit ergibt sich die punktbiseriale Korrelation zu:

$$r_{pb_{01,re}} = \frac{\bar{y}_{1,re} - \bar{y}_{0,re}}{s_{y_{01,re}}} \cdot \sqrt{\frac{n_{0,re} \cdot n_{1,re}}{n_{01,re} \cdot (n_{01,re} - 1)}} =$$

$$r_{pb_{01,re}} = \frac{0,668 - 0,547}{0,1612} \cdot \sqrt{\frac{38 \cdot 57}{95 \cdot (95 - 1)}}$$

$$r_{pb_{01,re}} = 0,37.$$

Punktbiseriale Korrelation zwischen den AW für das Ein- und Ausschalen der einfachen und mittleren Grundrissklasse bei rechteckigen Stützen

Die Testgröße $t_{01,re}$ wird nach Gleichung 63 berechnet und ist t-verteilt mit $n - 2 = 95 - 2 = 93$ Freiheitsgraden

Testen des Ergebnisses

$$t_{01,re} = \frac{r_{pb_{01,re}} \cdot \sqrt{n_{01,re} - 2}}{\sqrt{1 - r_{pb_{01,re}}^2}} = \frac{0,37 \cdot \sqrt{95 - 2}}{\sqrt{1 - 0,37^2}} = 3,864$$

Für ein Signifikanzniveau von $\alpha = 0,01$ lautet der kritische t-Wert gemäß der Tabelle im Anhang A.1.2 für den zweiseitigen Test

$$t_{0,995}(93) = 2,630.$$

Da gilt:

$$t_{0,995}(93) = 2,630 < t_{01, re} = 3,864$$

liegt ein signifikantes Ergebnis vor.

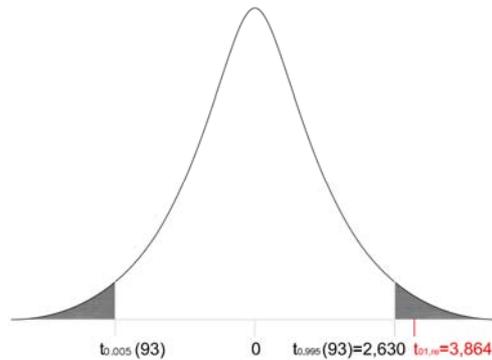


Bild 4.5: Darstellung des Testergebnisses der punktbiserialen Korrelation zwischen den AW für das Ein- und Ausschalen der einfachen und mittleren Grundrissklasse

Das bedeutet, dass zwischen den Aufwandswerten für das Ein- und Ausschalen der einfachen und mittleren Grundrissklasse bei rechteckigen Stützen ein nach Chau schwach positiver Zusammenhang (vgl. Tabelle 3.8) besteht. Je einfacher demnach die Grundrissform ist, desto niedriger sind in der Regel auch die Aufwandswerte.

Interpretation des Ergebnisses

4.2.2 Korrelation zwischen den Aufwandswerten für das Ein- und Ausschalen der einfachen und komplexen Grundrissklasse bei rechteckigen Stützen

Erforderliche Daten für die Berechnung:

Tabelle 4.8: Aufwandswerte für das Ein- und Ausschalen der Grundrissformen 1, 2, 6 u. 7 bei rechteckigen Stützen

G1	rechteckige Stützen	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9	E10	E11	E12	E13	E14	E15	E16	E17	E18	E19	Mittelwert	Min	Max	StAbW	Varianz
Ein- und Ausschalen	Aufwandswert [Std/m ²]	0,50	0,60	0,55	0,55	0,50	0,55	0,55	0,50	0,55	0,45	0,45	0,45	0,50	0,40	0,60	0,50	0,60	0,90	0,35	0,529	0,35	0,90	0,109	0,012
G2	rechteckige Stützen	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9	E10	E11	E12	E13	E14	E15	E16	E17	E18	E19	Mittelwert	Min	Max	StAbW	Varianz
Ein- und Ausschalen	Aufwandswert [Std/m ²]	0,50	0,65	0,55	0,60	0,55	0,60	0,50	0,55	0,50	0,47	0,50	0,50	0,45	0,65	0,50	0,75	1,00	0,35	0,564	0,35	1,00	0,133	0,018	
G6	rechteckige Stützen	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9	E10	E11	E12	E13	E14	E15	E16	E17	E18	E19	Mittelwert	Min	Max	StAbW	Varianz
Ein- und Ausschalen	Aufwandswert [Std/m ²]	0,60	0,80	0,65	0,85	0,80	1,00	0,85	0,75	0,65	1,50	0,70	0,75	0,80	0,70	0,70	0,85	1,15	1,25	0,40	0,829	0,40	1,50	0,244	0,059
G7	rechteckige Stützen	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9	E10	E11	E12	E13	E14	E15	E16	E17	E18	E19	Mittelwert	Min	Max	StAbW	Varianz
Ein- und Ausschalen	Aufwandswert [Std/m ²]	0,75	0,80	0,77	0,90	0,90	1,00	1,10	0,75	0,75	1,80	0,75	1,00	1,10	0,70	0,70	0,90	1,15	1,25	0,45	0,922	0,45	1,80	0,280	0,078

Mittelwerte für „0“ und „2“:

$$\bar{y}_{0, re} = 0,547, \bar{y}_{2, re} = 0,876$$

Standardabweichung $s_{y_{02, re}}$ aller Aufwandswerte von „0“ und „2“:

$$s_{y_{02, re}} = 0,2664$$

Ermittlung der für die punktbiserialen Korrelation benötigten Größen

Anzahl an Aufwandswerten für „0“: $n_{0,re} = 2 \times 19 = 38$
 Anzahl an Aufwandswerten für „2“: $n_{2,re} = 2 \times 19 = 38$
 Gesamtanzahl an Aufwandswerten: $n_{02,re} = n_{0,re} + n_{2,re} = 76$

Punktbiseriale Korrelation:

$$r_{pb_{02,re}} = \frac{\bar{y}_{2,re} - \bar{y}_{0,re}}{s_{y_{02,re}}} \cdot \sqrt{\frac{n_{0,re} \cdot n_{2,re}}{n_{02,re} \cdot (n_{02,re} - 1)}}$$

$$r_{pb_{02,re}} = \frac{0,876 - 0,547}{0,2664} \cdot \sqrt{\frac{38 \cdot 38}{76 \cdot (76 - 1)}}$$

$$r_{pb_{02,re}} = 0,62$$

Punktbiseriale Korrelation zwischen den AW für das Ein- und Ausschalen der einfachen und komplexen Grundrissklasse bei rechteckigen Stützen

Testgröße $t_{02,re}$ mit $n - 2 = 76 - 2 = 74$ Freiheitsgraden:

Testen des Ergebnisses

$$t_{02,re} = \frac{r_{pb_{02,re}} \cdot \sqrt{n_{02,re} - 2}}{\sqrt{1 - r_{pb_{02,re}}^2}} = \frac{0,62 \cdot \sqrt{76 - 2}}{\sqrt{1 - 0,62^2}} = 6,823$$

Für ein Signifikanzniveau von $\alpha = 0,01$ lautet der kritische t-Wert gemäß der Tabelle im Anhang A.1.2

$$t_{0,995}(74) = 2,644.$$

Daraus folgt:

$$t_{0,995}(74) = 2,644 < t_{02,re} = 6,823.$$

Somit liegt wieder ein signifikantes Ergebnis vor.

In diesem Fall handelt es sich nach *Chau* um einen mittel positiven Zusammenhang (vgl. Tabelle 3.8). Es gilt wiederum, je einfacher die Grundrissform ist, desto niedriger sind in der Regel die Aufwandswerte.

Interpretation des Ergebnisses

4.2.3 Korrelation zwischen den Aufwandswerten für das Ein- und Ausschalen der mittleren und komplexen Grundrissklasse bei rechteckigen Stützen

Erforderliche Daten für die Berechnung:

Tabelle 4.9: Aufwandswerte für das Ein- und Ausschalen der Grundrissformen 3 bis 7 bei rechteckigen Stützen

G3	rechteckige Stützen	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9	E10	E11	E12	E13	E14	E15	E16	E17	E18	E19	Mittelwert	Min	Max	StAbW	Varianz
Ein- und Ausschalen	Aufwandswert [Std/m ²]	0,50	0,65	0,57	0,65	0,70	0,60	0,60	0,55	0,55	0,50	0,52	0,55	0,55	0,55	0,65	0,55	0,95	1,05	0,35	0,610	0,35	1,05	0,153	0,023
G4	rechteckige Stützen	E1 <th>E2</th> <th>E3</th> <th>E4</th> <th>E5</th> <th>E6</th> <th>E7</th> <th>E8</th> <th>E9</th> <th>E10</th> <th>E11</th> <th>E12</th> <th>E13</th> <th>E14</th> <th>E15</th> <th>E16</th> <th>E17</th> <th>E18</th> <th>E19</th> <th>Mittelwert</th> <th>Min</th> <th>Max</th> <th>StAbW</th> <th>Varianz</th>	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9	E10	E11	E12	E13	E14	E15	E16	E17	E18	E19	Mittelwert	Min	Max	StAbW	Varianz
Ein- und Ausschalen	Aufwandswert [Std/m ²]	0,60	0,70	0,65	0,65	0,65	0,70	0,70	0,60	0,55	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,70	0,65	0,95	1,05	0,40	0,661	0,40	1,05	0,135	0,018
G5	rechteckige Stützen	E1 <th>E2</th> <th>E3</th> <th>E4</th> <th>E5</th> <th>E6</th> <th>E7</th> <th>E8</th> <th>E9</th> <th>E10</th> <th>E11</th> <th>E12</th> <th>E13</th> <th>E14</th> <th>E15</th> <th>E16</th> <th>E17</th> <th>E18</th> <th>E19</th> <th>Mittelwert</th> <th>Min</th> <th>Max</th> <th>StAbW</th> <th>Varianz</th>	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9	E10	E11	E12	E13	E14	E15	E16	E17	E18	E19	Mittelwert	Min	Max	StAbW	Varianz
Ein- und Ausschalen	Aufwandswert [Std/m ²]	0,60	0,70	0,65	0,80	0,75	0,80	0,80	0,70	0,60	0,70	0,65	0,70	0,70	0,65	0,70	0,70	1,10	1,25	0,40	0,734	0,40	1,25	0,176	0,031
G6	rechteckige Stützen	E1 <th>E2</th> <th>E3</th> <th>E4</th> <th>E5</th> <th>E6</th> <th>E7</th> <th>E8</th> <th>E9</th> <th>E10</th> <th>E11</th> <th>E12</th> <th>E13</th> <th>E14</th> <th>E15</th> <th>E16</th> <th>E17</th> <th>E18</th> <th>E19</th> <th>Mittelwert</th> <th>Min</th> <th>Max</th> <th>StAbW</th> <th>Varianz</th>	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9	E10	E11	E12	E13	E14	E15	E16	E17	E18	E19	Mittelwert	Min	Max	StAbW	Varianz
Ein- und Ausschalen	Aufwandswert [Std/m ²]	0,60	0,80	0,65	0,85	0,80	1,00	0,85	0,75	0,65	1,50	0,70	0,75	0,80	0,70	0,70	0,85	1,15	1,25	0,40	0,829	0,40	1,50	0,244	0,059
G7	rechteckige Stützen	E1 <th>E2</th> <th>E3</th> <th>E4</th> <th>E5</th> <th>E6</th> <th>E7</th> <th>E8</th> <th>E9</th> <th>E10</th> <th>E11</th> <th>E12</th> <th>E13</th> <th>E14</th> <th>E15</th> <th>E16</th> <th>E17</th> <th>E18</th> <th>E19</th> <th>Mittelwert</th> <th>Min</th> <th>Max</th> <th>StAbW</th> <th>Varianz</th>	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9	E10	E11	E12	E13	E14	E15	E16	E17	E18	E19	Mittelwert	Min	Max	StAbW	Varianz
Ein- und Ausschalen	Aufwandswert [Std/m ²]	0,75	0,80	0,77	0,90	0,90	1,00	1,10	0,75	0,75	1,80	0,75	1,00	1,10	0,70	0,70	0,90	1,15	1,25	0,45	0,922	0,45	1,80	0,280	0,078



Mittelwerte für „1“ und „2“:

$$\bar{y}_{1,re} = 0,668, \bar{y}_{2,re} = 0,876$$

Ermittlung der für die punktbiseriale Korrelation benötigten Größen

Standardabweichung $s_{y_{12,re}}$ aller Aufwandswerte von „1“ und „2“:

$$s_{y_{12,re}} = 0,2337$$

Anzahl an Aufwandswerten für „1“: $n_{1,re} = 3 \times 19 = 57$

Anzahl an Aufwandswerten für „2“: $n_{2,re} = 2 \times 19 = 38$

Gesamtanzahl an Aufwandswerten: $n_{12,re} = n_{1,re} + n_{2,re} = 95$

Punktbiseriale Korrelation:

$$r_{pb_{12,re}} = \frac{\bar{y}_{2,re} - \bar{y}_{1,re}}{s_{y_{12,re}}} \cdot \sqrt{\frac{n_{1,re} \cdot n_{2,re}}{n_{12,re} \cdot (n_{12,re} - 1)}}$$

$$r_{pb_{12,re}} = \frac{0,876 - 0,668}{0,2337} \cdot \sqrt{\frac{57 \cdot 38}{95 \cdot (95 - 1)}}$$

$$r_{pb_{12,re}} = 0,44$$

Punktbiseriale Korrelation zwischen den AW für das Ein- und Ausschalen der mittleren und komplexen Grundrissklasse bei rechteckigen Stützen

Testgröße $t_{12,re}$ mit $n - 2 = 95 - 2 = 93$ Freiheitsgraden:

$$t_{12,re} = \frac{r_{pb_{12,re}} \cdot \sqrt{n_{12,re} - 2}}{\sqrt{1 - r_{pb_{12,re}}^2}} = \frac{0,44 \cdot \sqrt{95 - 2}}{\sqrt{1 - 0,44^2}} = 4,681$$

Für ein Signifikanzniveau von $\alpha = 0,01$ lautet der kritische t-Wert gemäß der Tabelle im Anhang A.1.2

Testen des Ergebnisses

$$t_{0,995}(93) = 2,630.$$

Daraus folgt:

$$t_{0,995}(93) = 2,630 < t_{12,re} = 4,681.$$

Somit liegt wiederum ein signifikantes Ergebnis vor und ein nach *Chau* mittel positiver Zusammenhang (vgl. Tabelle 3.8). Es gilt daher erneut, je einfacher die Grundrissform ist, desto niedriger sind in der Regel die Aufwandswerte.

Interpretation des Ergebnisses

4.2.4 Korrelation zwischen den Aufwandswerten für das Ein- und Ausschalen der einzelnen Grundrissklassen bei runden Stützen

Analog zu den eben ermittelten punktbiserialen Korrelationen zwischen den Aufwandswerten für das Ein- und Ausschalen der einzelnen Grundrissklassen bei rechteckigen Stützen erfolgen auch die Berechnungen bei runden Stützen.

Punktbiseriale Korrelationen zwischen den AW für das Ein- und Ausschalen der einzelnen Grundrissklassen bei runden Stützen

Im Folgenden werden daher nur mehr die wichtigsten Zwischenergebnisse, die punktbiserialen Korrelationen sowie die dazugehörigen Testergebnisse angeführt.

Daten für die Ermittlung der Korrelationen:

Tabelle 4.10: Aufwandswerte für das Ein- und Ausschalen der Grundrissformen 1 bis 7 bei runden Stützen

G1	runde Stützen	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9	E10	E11	E12	E13	E14	E15	E16	E17	E18	E19	Mittelwert	Min	Max	StAbW	Varianz
Ein- und Ausschalen	Aufwandswert [Std/m ²]	0,55	0,60	0,56	0,70	0,55	0,60	0,55	0,60	0,60	0,45	0,48	0,45	0,50	0,45	0,65	0,55	0,65	0,95	0,45	0,573	0,45	0,95	0,115	0,013
G2	runde Stützen	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9	E10	E11	E12	E13	E14	E15	E16	E17	E18	E19	Mittelwert	Min	Max	StAbW	Varianz
Ein- und Ausschalen	Aufwandswert [Std/m ²]	0,55	0,65	0,56	0,75	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,50	0,50	0,50	0,50	0,65	0,55	0,80	1,05	0,45	0,606	0,45	1,05	0,135	0,018	
G3	runde Stützen	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9	E10	E11	E12	E13	E14	E15	E16	E17	E18	E19	Mittelwert	Min	Max	StAbW	Varianz
Ein- und Ausschalen	Aufwandswert [Std/m ²]	0,55	0,65	0,58	0,80	0,70	0,65	0,60	0,65	0,60	0,50	0,55	0,55	0,60	0,70	0,60	1,00	1,10	0,45	0,652	0,45	1,10	0,157	0,025	
G4	runde Stützen	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9	E10	E11	E12	E13	E14	E15	E16	E17	E18	E19	Mittelwert	Min	Max	StAbW	Varianz
Ein- und Ausschalen	Aufwandswert [Std/m ²]	0,65	0,70	0,66	0,75	0,70	0,75	0,70	0,70	0,60	0,60	0,62	0,60	0,60	0,65	0,70	0,65	1,00	1,10	0,55	0,699	0,55	1,10	0,132	0,018
G5	runde Stützen	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9	E10	E11	E12	E13	E14	E15	E16	E17	E18	E19	Mittelwert	Min	Max	StAbW	Varianz
Ein- und Ausschalen	Aufwandswert [Std/m ²]	0,65	0,70	0,66	0,90	0,80	0,85	0,80	0,85	0,65	0,70	0,67	0,70	0,70	0,75	0,75	1,15	1,30	0,55	0,778	0,55	1,30	0,174	0,030	
G6	runde Stützen	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9	E10	E11	E12	E13	E14	E15	E16	E17	E18	E19	Mittelwert	Min	Max	StAbW	Varianz
Ein- und Ausschalen	Aufwandswert [Std/m ²]	0,65	0,80	0,66	0,95	0,85	1,05	0,85	0,85	0,70	1,50	0,72	0,75	0,80	0,75	0,75	0,90	1,15	1,30	0,55	0,870	0,55	1,50	0,229	0,053
G7	runde Stützen	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9	E10	E11	E12	E13	E14	E15	E16	E17	E18	E19	Mittelwert	Min	Max	StAbW	Varianz
Ein- und Ausschalen	Aufwandswert [Std/m ²]	0,85	0,80	0,79	1,00	0,95	1,05	1,10	0,85	0,80	1,80	0,77	1,00	1,10	0,75	0,75	0,90	1,15	1,30	0,60	0,964	0,60	1,80	0,258	0,067

Mittelwerte:

$$\bar{y}_{0,ru} = 0,590, \bar{y}_{1,ru} = 0,710, \bar{y}_{2,ru} = 0,917$$

Ermittlung der für die punktbiserialen Korrelationen benötigten Größen

Standardabweichungen:

$$s_{y_{01,ru}} = 0,1620, \quad s_{y_{02,ru}} = 0,2581, \quad s_{y_{12,ru}} = 0,2273$$

Anzahl an Aufwandswerten für „0“: $n_{0,ru} = 2 \times 19 = 38$

Anzahl an Aufwandswerten für „1“: $n_{1,ru} = 3 \times 19 = 57$

Anzahl an Aufwandswerten für „2“: $n_{2,ru} = 2 \times 19 = 38$

Gesamtanzahl an Aufwandswerten: $n_{01,ru} = n_{1,ru} + n_{2,ru} = 95$

Gesamtanzahl an Aufwandswerten: $n_{02,ru} = n_{0,ru} + n_{2,ru} = 76$

Gesamtanzahl an Aufwandswerten: $n_{12,ru} = n_{1,ru} + n_{2,ru} = 95$

Punktbiserial Korrelationen:

$$r_{pb_{01,ru}} = 0,36, \quad r_{pb_{02,ru}} = 0,64, \quad r_{pb_{12,ru}} = 0,45$$

Punktbiserial Korrelationen zwischen den AW für das Ein- und Ausschalen der einzelnen Grundrissklassen bei runden Stützen

Es liegen nach *Chau* ein schwach positiver Zusammenhang und zwei mittel positive Zusammenhänge (vgl. Tabelle 3.8) vor. Das bedeutet wiederum, je einfacher die Grundrissform ist, desto niedriger sind in der Regel die Aufwandswerte.

Testgrößen:

$$t_{01,ru} = 3,777, \quad t_{02,ru} = 7,132, \quad t_{12,ru} = 4,848$$

Testen der Ergebnisse

Die kritischen t-Werte gemäß der Tabelle im Anhang A.1.2 für ein Signifikanzniveau von $\alpha = 0,01$ lauten für die zweiseitigen Tests:

$$t_{0,995}(74) = 2,644 \text{ und } t_{0,995}(93) = 2,630.$$

Daraus folgt:

$$t_{0,995}(93) = 2,630 < t_{01,ru} = 3,777,$$

$$t_{0,995}(74) = 2,644 < t_{02,ru} = 7,132,$$

$$t_{0,995}(93) = 2,630 < t_{12,ru} = 4,848$$

und somit liegt in allen drei Fällen ein signifikantes Ergebnis vor.

4.2.5 Zusammenfassung

In der folgenden Tabelle sind nochmals alle Ergebnisse der berechneten punktbiserialen Korrelationen zwischen den Aufwandswerten für das Ein- und Ausschalen der einzelnen Grundrissklassen bei rechteckigen und runden Stützen zusammengefasst.

Gegenüberstellung und Interpretation der Ergebnisse der punktbiserialen Korrelationen

Tabelle 4.11: Gegenüberstellung der punktbiserialen Korrelationen zwischen den verschiedenen Grundrissklassen, getrennt für rechteckige und runde Stützen

Korrelationen zwischen den Grundrissklassen	rechteckige Stützen	runde Stützen	Kategorisierung nach Chau
K ₀ und K ₁	0,37	0,36	schwach positiv
K ₀ und K ₂	0,62	0,64	mittel positiv
K ₁ und K ₂	0,44	0,45	mittel positiv

Auffällig ist dabei, dass sich die punktbiserialen Korrelationskoeffizienten bei rechteckigen und runden Stützen beim Vergleich der beiden identischen Grundrissklassen kaum unterscheiden und daher auch in dieselbe Kategorie nach Chau fallen.

Es konnte somit gezeigt werden, dass die Komplexität des Grundrisses Einfluss auf die Höhe der Aufwandswerte für Deckenschalarbeiten hat, unabhängig davon, ob die Decke von rechteckigen oder runden Stützen getragen wird. Daher sollten die Aufwandswerte für Deckenschalarbeiten umso höher angesetzt werden, desto komplexer die Grundrissform ist. Die berechneten Korrelationen liefern allerdings keine Aussagen darüber, mit welchen Faktoren solche Erhöhungen vorgenommen werden sollten.

4.3 Korrelationen zwischen den Aufwandswerten für Deckenschalarbeiten bei rechteckigen Stützen und den Aufwandswerten bei runden Stützen derselben Grundrissklasse

In diesem Abschnitt werden die Zusammenhänge zwischen den Aufwandswerten für Deckenschalarbeiten bei rechteckigen Stützen und den Aufwandswerten bei runden Stützen der einfachen, mittleren bzw. komplexen Grundrissklasse berechnet.

Korrelationen zwischen den Aufwandswerten für Deckenschalarbeiten bei rechteckigen und runden Stützen derselben Grundrissklasse

Die Zuteilung der Grundrissformen 1 bis 7 in die drei Grundrissklassen bleibt gleich.

Die Stärke des Zusammenhangs wird sowohl mittels der Produkt-Moment-Korrelation nach Gleichung 57 als auch mit der von Chau als besser empfundenen Rangkorrelation nach Gleichung 67 ermittelt. Anschließend erfolgt ein Vergleich der Ergebnisse.

Die Berechnungen wurden wiederum mit Excel durchgeführt, weshalb es erneut zu Rundungsfehlern kommen kann, wenn man die Rechnungen händisch kontrollieren möchte.

4.3.1 Berechnungen mittels Produkt-Moment-Korrelation

Die Formel für den Korrelationskoeffizient und die dazugehörige Testgröße lauten:

Berechnungen mittels Produkt-Moment-Korrelation

$$r_{xy} = \frac{s_{xy}}{s_x s_y} \quad t = \frac{r \cdot \sqrt{n-2}}{\sqrt{1-r^2}}$$

Grundrissklasse „0“:

Zuerst wird die Stärke des Zusammenhangs zwischen den Aufwandswerten für Deckenschalarbeiten bei rechteckigen Stützen und den Aufwandswerten bei runden Stützen für die einfache Grundrissklasse ermittelt.

Daten:

Tabelle 4.12: Daten für die Ermittlung der Produkt-Moment-Korrelation der einfachen Grundrissklasse

		E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9	E10	E11	E12	E13	E14	E15	E16	E17	E18	E19	
Grundrissklasse "0"	G1	rechteckig	0,50	0,60	0,55	0,55	0,50	0,55	0,55	0,50	0,55	0,45	0,45	0,45	0,50	0,40	0,60	0,50	0,60	0,90	0,35
		rund	0,55	0,60	0,56	0,70	0,55	0,60	0,55	0,60	0,60	0,45	0,48	0,45	0,50	0,45	0,65	0,55	0,65	0,95	0,45
	G2	rechteckig	0,50	0,65	0,55	0,60	0,55	0,55	0,60	0,50	0,55	0,50	0,47	0,50	0,50	0,45	0,65	0,50	0,75	1,00	0,35
		rund	0,55	0,65	0,56	0,75	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,65	0,55	0,80	1,05	0,45



Gesamtzahl n an Aufwandswertepaaren: $n = 38$

Die Standardabweichungen ergeben sich zu:

$$s_{x_{0,re}} = 0,1245, \quad s_{y_{0,ru}} = 0,1282$$

und die Kovarianz zu:

$$s_{x_{0,re},y_{0,ru}} = 0,015.$$

Damit erhält man für den Korrelationskoeffizienten:

$$r_{x_{0,re},y_{0,ru}} = \frac{s_{x_{0,re},y_{0,ru}}}{s_{x_{0,re}} s_{y_{0,ru}}} = \frac{0,015}{0,1245 \cdot 0,1282} = 0,950$$

und die Testgröße mit $n - 2 = 38 - 2 = 36$ Freiheitsgraden

$$t_{0,re,ru} = \frac{r_{x_{0,re},y_{0,ru}} \cdot \sqrt{n - 2}}{\sqrt{1 - r_{x_{0,re},y_{0,ru}}^2}} = \frac{0,950 \cdot \sqrt{38 - 2}}{\sqrt{1 - 0,950^2}} = 18,25.$$

Für ein Signifikanzniveau von $\alpha = 0,01$ lautet der kritische t-Wert gemäß der Tabelle im Anhang A.1.2

$$t_{0,995}(36) = 2,719.$$

Daraus folgt:

$$t_{0,995}(36) = 2,719 < t_{0,re,ru} = 18,25.$$

Es liegt also ein signifikantes Ergebnis und demnach ein nach *Chau* stark positiver Zusammenhang (vgl. Tabelle 3.8) vor. Das bedeutet, dass die Werte nur wenig bzgl. der Regressionsgeraden streuen. Im Bild 4.6 sind die Aufwandswerte für die einfache Grundrissklasse samt Regressionsgeraden und dazugehöriger Gleichung in Blau dargestellt. Anhand der Gleichung der Regressionsgeraden können die Aufwandswerte künftig vorhergesagt werden.

Die Berechnung der Korrelationskoeffizienten und Testgrößen der Grundrissklassen „1“ und „2“ erfolgt in gleicher Weise. Es werden im Folgenden nur noch die Ausgangsdaten und Ergebnisse angeführt.

Grundrissklasse „1“:

Daten:

Tabelle 4.13: Daten für die Ermittlung der Produkt-Moment-Korrelation der mittleren Grundrissklasse

			E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9	E10	E11	E12	E13	E14	E15	E16	E17	E18	E19
Grundrissklasse "1"	G3	rechteckig	0,50	0,65	0,57	0,65	0,70	0,60	0,60	0,55	0,55	0,50	0,52	0,55	0,55	0,55	0,65	0,55	0,95	1,05	0,35
		rund	0,55	0,65	0,58	0,80	0,70	0,65	0,60	0,65	0,60	0,50	0,55	0,55	0,55	0,60	0,70	0,60	1,00	1,10	0,45
	G4	rechteckig	0,60	0,70	0,65	0,65	0,65	0,70	0,70	0,60	0,55	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,70	0,65	0,95	1,05	0,40
		rund	0,65	0,70	0,66	0,75	0,70	0,75	0,70	0,70	0,60	0,60	0,62	0,60	0,60	0,65	0,70	0,65	1,00	1,10	0,55
	G5	rechteckig	0,60	0,70	0,65	0,80	0,75	0,80	0,80	0,70	0,60	0,70	0,65	0,70	0,70	0,65	0,70	0,70	1,10	1,25	0,40
		rund	0,65	0,70	0,66	0,90	0,80	0,85	0,80	0,80	0,65	0,70	0,67	0,70	0,70	0,70	0,75	0,75	1,15	1,30	0,55

Ermittlung der für die Produkt-Moment-Korrelation der Grundrissklasse „0“ benötigten Größen

Produkt-Moment-Korrelation zwischen den AW für das Ein- und Ausschalen bei rechteckigen und runden Stützen der Grundrissklasse „0“

Testen des Ergebnisses

Interpretation des Ergebnisses

Gesamtzahl n an Aufwandswertepaaren: $n = 57$

Korrelationskoeffizient:

$$r_{x_{1, re}, y_{1, ru}} = \frac{0,026}{0,1654 \cdot 0,1654} = 0,970$$

Produkt-Moment-Korrelation für die Grundrissklasse „1“ und Test des Ergebnisses

Testgröße mit $n - 2 = 57 - 2 = 55$ Freiheitsgraden:

$$t_{1, re, ru} = \frac{0,970 \cdot \sqrt{57 - 2}}{\sqrt{1 - 0,970^2}} = 29,59$$

Daraus folgt:

$$t_{0,995}(55) = 2,668 < t_{1, re, ru} = 29,59.$$

Es liegt wieder ein signifikantes Ergebnis und ein nach *Chau* stark positiver Zusammenhang (vgl. Tabelle 3.8) vor. Im Bild 4.6 sind die Aufwandswerte für die mittlere Grundrissklasse samt Regressionsgeraden und dazugehöriger Gleichung in Rot dargestellt. Anhand der Gleichung der Regressionsgeraden können die Aufwandswerte künftig wiederum vorhergesagt werden.

Interpretation des Ergebnisses

Grundrissklasse „2“:

Daten:

Tabelle 4.14: Daten für die Ermittlung der Produkt-Moment-Korrelation der komplexen Grundrissklasse

		E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9	E10	E11	E12	E13	E14	E15	E16	E17	E18	E19	
Grundrissklasse „2“	G6	rechteckig	0,60	0,80	0,65	0,85	0,80	1,00	0,85	0,75	0,65	1,50	0,70	0,75	0,80	0,70	0,70	0,85	1,15	1,25	0,40
		rund	0,65	0,80	0,66	0,95	0,85	1,05	0,85	0,85	0,70	1,50	0,72	0,75	0,80	0,75	0,75	0,90	1,15	1,30	0,55
	G7	rechteckig	0,75	0,80	0,77	0,90	0,90	1,00	1,10	0,75	0,75	1,80	0,75	1,00	1,10	0,70	0,70	0,90	1,15	1,25	0,45
		rund	0,85	0,80	0,79	1,00	0,95	1,05	1,10	0,85	0,80	1,80	0,77	1,00	1,10	0,75	0,75	0,90	1,15	1,30	0,60

Gesamtzahl n an Aufwandswertepaaren: $n = 38$

Korrelationskoeffizient:

$$r_{x_{2, re}, y_{2, ru}} = \frac{0,066}{0,2698 \cdot 0,2522} = 0,989$$

Produkt-Moment-Korrelation für die Grundrissklasse „2“ und Test des Ergebnisses

Testgröße mit $n - 2 = 38 - 2 = 36$ Freiheitsgraden:

$$t_{2, re, ru} = \frac{0,989 \cdot \sqrt{38 - 2}}{\sqrt{1 - 0,989^2}} = 40,12$$

Daraus folgt:

$$t_{0,995}(36) = 2,719 < t_{2, re, ru} = 40,12.$$

Auch in diesem Fall liegt ein signifikantes Ergebnis und somit ein nach *Chau* stark positiver Zusammenhang (vgl. Tabelle 3.8) vor. Die Aufwandswerte für die komplexe Grundrissklasse samt Regressionsgeraden

Interpretation des Ergebnisses



und dazugehöriger Gleichung sind im Bild 4.6 in Grün dargestellt. Natürlich gilt auch diesmal, dass die Aufwandswerte mittels der Gleichung der Regressionsgeraden künftig vorhergesagt werden können.

Zusammenfassung der Ergebnisse

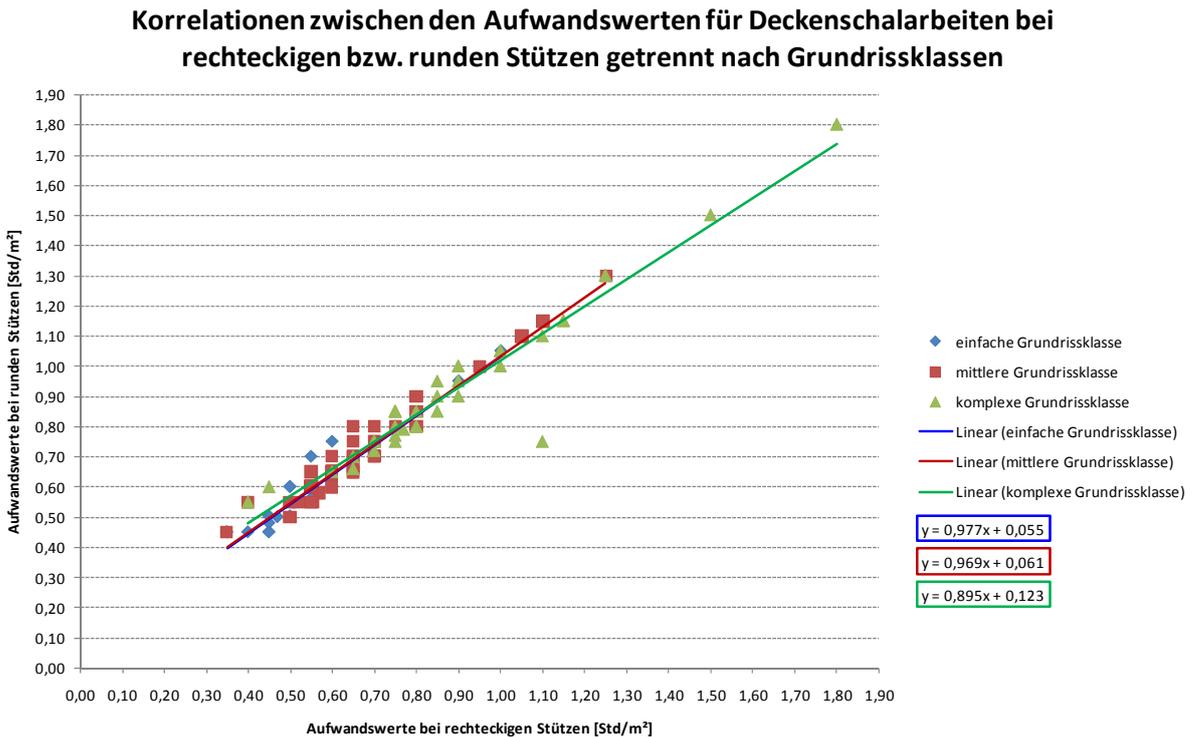


Bild 4.6: Grafische Veranschaulichung der Korrelationen zwischen den Aufwandswerten für Deckenschalarbeiten bei rechteckigen und runden Stützen, getrennt nach Grundrissklassen

Wie dem Bild 4.6 entnommen werden kann, entsprechen für die vorliegenden Stichprobendaten die Aufwandswerte bei rechteckigen Stützen meist jenen bei runden Stützen.

Eine ausführlichere Interpretation der Ergebnisse findet nach der nun folgenden Berechnung der einzelnen Zusammenhangsstärken mittels der Rangkorrelation statt.

4.3.2 Berechnungen mittels Rangkorrelation

Die Formeln für den Korrelationskoeffizienten (Gleichung 66 bzw. 67) und die dazugehörige Testgröße (Gleichung 68) lauten:

Berechnungen mittels
Rangkorrelation

$$r_s = 1 - \frac{6 \cdot \sum_{i=1}^n d_i^2}{n \cdot (n^2 - 1)}$$

bzw. wenn die Gesamtanzahl aller verbundenen Ränge mehr als 20 % aller Rangplätze ausmacht:

$$r_s = \frac{2 \cdot \left(\frac{n^3 - n}{12} \right) - T - U - \sum_{i=1}^n d_i^2}{2 \cdot \sqrt{\left(\frac{n^3 - n}{12} - T \right) \cdot \left(\frac{n^3 - n}{12} - U \right)}}$$

mit

$n =$ Anzahl an Wertepaaren

$d_i =$ Differenz der Rangplätze des i -ten Untersuchungsobjektes bzgl. der beiden Merkmale

$$T = \sum_{j=1}^{k(x)} (t_j^3 - t_j) / 12,$$

$$U = \sum_{j=1}^{k(y)} (u_j^3 - u_j) / 12,$$

$t_j =$ Anzahl der in t_j zusammengefassten Ränge in der Variablen x ,

$u_j =$ Anzahl der in u_j zusammengefassten Ränge in der Variablen y ,

$k(x), k(y) =$ Anzahl der verbundenen Ränge (Ranggruppen) in der Variablen x bzw. y

Testgröße t :

$$t = \frac{r_s \cdot \sqrt{n - 2}}{\sqrt{1 - r_s^2}}$$

Grundrissklasse „0“:

Für die Berechnung der Rangkorrelation ist es notwendig, die Ausgangsdaten (Stichprobenanzahl $n = 38$) in eine Rangordnung zu bringen. In der Tabelle 4.15 sind die Ausgangsdaten inklusive Rangplatz und die verbundenen Ränge dargestellt.

Ermittlung der für die Rangkorrelation der Grundrissklasse „0“ benötigten Größen

Rechteckige Stützen:

2 x Rangplatz 1 ($t_1 = 2$)

3 x Rangplatz 4 ($t_2 = 3$)

runde Stützen:

2 x Rangplatz 1 ($u_1 = 2$)

3 x Rangplatz 3 ($u_2 = 3$)

Da die Gesamtanzahl aller verbundenen Ränge ca. 40 % aller Rangplätze ausmacht, ist die Rangkorrelation r_s nach Gleichung 67 zu berechnen.

Daraus folgt:

$$T = \sum_{j=1}^{k(x)} (t_j^3 - t_j) / 12$$

$$T = [(2^3 - 2) + (3^3 - 3) + (11^3 - 11) + (9^3 - 9) + (5^3 - 5)] / 12 = 182,5,$$

$$U = \sum_{j=1}^{k(y)} (u_j^3 - u_j) / 12$$

$$U = [(2^3 - 2) \cdot 6 + (3^3 - 3) + (4^3 - 4) + (6^3 - 6) + (7^3 - 7)] / 12 = 55,5.$$

Somit ergibt sich die Rangkorrelation zu:

$$r_{s_{0, re, ru}} = \frac{2 \cdot \left(\frac{n^3 - n}{12} \right) - T - U - \sum_{i=1}^n d_i^2}{2 \cdot \sqrt{\left(\frac{n^3 - n}{12} - T \right) \cdot \left(\frac{n^3 - n}{12} - U \right)}}$$

$$r_{s_{0, re, ru}} = \frac{2 \cdot \left(\frac{38^3 - 38}{12} \right) - 182,5 - 55,5 - 1070}{2 \cdot \sqrt{\left(\frac{38^3 - 38}{12} - 182,5 \right) \cdot \left(\frac{38^3 - 38}{12} - 55,5 \right)}} = 0,880$$

und die Testgröße mit $n - 2 = 38 - 2 = 36$ Freiheitsgraden zu:

$$t_{s_{0, re, ru}} = \frac{r_{s_{0, re, ru}} \cdot \sqrt{n - 2}}{\sqrt{1 - r_{s_{0, re, ru}}^2}} = \frac{0,880 \cdot \sqrt{38 - 2}}{\sqrt{1 - 0,880^2}} = 11,12.$$

Für ein Signifikanzniveau von $\alpha = 0,01$ folgt mit dem kritischen t - Wert gemäß der Tabelle im Anhang A.1.2

$$t_{0,995}(36) = 2,719 < t_{s_{0, re, ru}} = 11,12.$$

Es liegt also wieder ein signifikantes Ergebnis und ein nach *Chau* stark positiver Zusammenhang (vgl. Tabelle 3.8) vor. Allerdings ist der Zusammenhang im Falle der Rangkorrelation schwächer ausgeprägt als bei der Produkt-Moment-Korrelation ($r_{x_0, re, y_0, ru} = 0,950$).

Da die Berechnungen der Rangkorrelationen für die mittlere und komplexe Grundrissklasse analog vonstatten gehen, werden im Folgenden nur noch die wichtigsten Zwischenergebnisse angeführt.

Rangkorrelation zwischen den AW für das Ein- und Ausschalen bei rechteckigen und runden Stützen der Grundrissklasse „0“

Testen des Ergebnisses

Interpretation des Ergebnisses



Grundrissklasse „1“:

n = 57 (siehe Tabelle 4.16)

Ermittlung der für die Rangkorrelation der Grundrissklasse „1“ benötigten Größen

Rechteckige Stützen:

- 2 x Rangplatz 2 (t₁ = 2)
- 2 x Rangplatz 4 (t₂ = 2)
- 6 x Rangplatz 7 (t₃ = 6)
- 8 x Rangplatz 15 (t₄ = 8)
- 3 x Rangplatz 23 (t₅ = 3)
- 9 x Rangplatz 27 (t₆ = 9)
- 10 x Rangplatz 36 (t₇ = 10)
- 2 x Rangplatz 46 (t₈ = 2)
- 3 x Rangplatz 49 (t₉ = 3)
- 2 x Rangplatz 52 (t₁₀ = 2)
- 2 x Rangplatz 54 (t₁₁ = 2)

k(x) = 11

runde Stützen:

- 6 x Rangplatz 3 (u₁ = 6)
- 5 x Rangplatz 10 (u₂ = 5)
- 3 x Rangplatz 15 (u₃ = 3)
- 7 x Rangplatz 19 (u₄ = 7)
- 2 x Rangplatz 27 (u₅ = 2)
- 9 x Rangplatz 30 (u₆ = 9)
- 3 x Rangplatz 39 (u₇ = 3)
- 4 x Rangplatz 42 (u₈ = 4)
- 4 x Rangplatz 46 (u₉ = 4)
- 2 x Rangplatz 52 (u₁₀ = 2)
- 2 x Rangplatz 54 (u₁₁ = 2)

k(y) = 11

Gesamtanzahl aller verbundenen Ränge = k(x) + k(y) = 11 + 11 = 22

Gesamtanzahl aller Rangplätze: n = 57

Da die Gesamtanzahl aller verbundenen Ränge ca. 39 % aller Rangplätze ausmacht, ist die Rangkorrelation r_s erneut nach Gleichung 67 zu berechnen.

Damit ergeben sich für T und U folgende Werte:

$$T = 208,5, \quad U = 131$$

und in weiterer Folge für die Rangkorrelation und die Testgröße mit n - 2 = 57 - 2 = 55 Freiheitsgraden:

$$r_{s_{1, re, ru}} = 0,926, \quad t_{s_{1, re, ru}} = 18,19.$$

Für ein Signifikanzniveau von α = 0,01 ergibt sich somit:

$$t_{0,995}(55) = 2,668 < t_{s_{1, re, ru}} = 18,19.$$

Da erneut ein signifikantes Ergebnis vorliegt, ist die Korrelation nach Chau wieder stark positiv (vgl. Tabelle 3.8), jedoch etwas schwächer ausgeprägt als bei der Produkt-Moment-Korrelation.

Rangkorrelation für die Grundrissklasse „1“ und Test des Ergebnisses

Interpretation des Ergebnisses



Tabelle 4.16: Daten für die Ermittlung der Rangkorrelation der mittleren Grundriss-klasse

Rang	AW re ST.	AW ru ST.	Rang	d _i ²	Rangplatz	Anzahl / Rangplatz	
						"1". re. St.	"1". ru. St.
4	0,50	0,55	3	1	1	1	
27	0,65	0,65	19	64	2	1	
14	0,57	0,58	9	25	0	6	
27	0,65	0,80	46	361	2	0	
36	0,70	0,70	30	36	0	0	
23	0,60	0,65	19	16	1	0	
15	0,60	0,60	10	25	6	0	
7	0,55	0,65	19	144	0	0	
7	0,55	0,60	15	64	0	0	
4	0,50	0,50	2	4	0	0	
6	0,52	0,55	3	9	0	1	
13	0,55	0,55	3	100	0	5	
7	0,55	0,55	3	16	0	0	
7	0,55	0,60	10	9	0	0	
26	0,65	0,70	30	16	1	0	
7	0,55	0,60	15	64	1	0	
52	0,95	1,00	52	0	8	3	
54	1,05	1,10	54	0	0	0	
1	0,35	0,45	1	0	0	0	
15	0,60	0,65	19	16	0	1	
36	0,70	0,70	30	36	0	7	
27	0,65	0,66	27	0	0	0	
27	0,65	0,75	42	225	0	0	
27	0,65	0,70	30	9	0	0	
36	0,70	0,75	42	36	3	0	
36	0,70	0,70	30	36	0	0	
23	0,60	0,70	30	49	0	0	
7	0,55	0,60	15	64	1	1	
15	0,60	0,60	10	25	9	2	
15	0,60	0,62	18	9	0	0	
15	0,60	0,60	10	25	0	1	
15	0,60	0,60	10	25	0	9	
15	0,60	0,65	26	121	0	0	
36	0,70	0,70	30	36	0	0	
27	0,65	0,65	19	64	0	0	
52	0,95	1,00	52	0	0	0	
54	1,05	1,10	54	0	0	0	
2	0,40	0,55	3	1	10	0	
15	0,60	0,65	19	16	0	0	
36	0,70	0,70	30	36	0	0	
27	0,65	0,66	27	0	0	3	
49	0,80	0,90	51	4	0	0	
48	0,75	0,80	46	4	0	0	
49	0,80	0,85	50	1	0	4	
49	0,80	0,80	46	9	0	0	
36	0,70	0,80	46	100	0	0	
23	0,60	0,65	19	16	0	0	
36	0,70	0,70	30	36	2	4	
27	0,65	0,67	29	4	0	0	
46	0,70	0,70	39	49	1	0	
46	0,70	0,70	39	49	3	0	
27	0,65	0,70	39	144	0	1	
36	0,70	0,75	42	36	0	1	
36	0,70	0,75	42	36	2	2	
56	1,10	1,15	56	0	0	0	
57	1,25	1,30	57	0	2	2	
2	0,40	0,55	3	1	0	0	
					1	1	
					1	1	

Summe d_i² = 2272

Grundrissklasse „2“:

n = 38 (siehe Tabelle 4.17)

Ermittlung der für die Rangkorrelation der Grundrissklasse „2“ benötigten Größen

Rechteckige Stützen:

- 2 x Rangplatz 4 (t₁ = 2)
- 2 x Rangplatz 6 (t₂ = 2)
- 3 x Rangplatz 8 (t₃ = 3)
- 6 x Rangplatz 11 (t₄ = 6)
- 4 x Rangplatz 18 (t₅ = 4)
- 2 x Rangplatz 22 (t₆ = 2)
- 2 x Rangplatz 26 (t₇ = 2)
- 3 x Rangplatz 28 (t₈ = 3)
- 2 x Rangplatz 33 (t₉ = 2)
- 2 x Rangplatz 35 (t₁₀ = 2)

k(x) = 10

runde Stützen:

- 6 x Rangplatz 7 (u₁ = 6)
- 4 x Rangplatz 15 (u₂ = 4)
- 4 x Rangplatz 19 (u₃ = 4)
- 2 x Rangplatz 24 (u₄ = 2)
- 2 x Rangplatz 28 (u₅ = 2)
- 2 x Rangplatz 30 (u₆ = 2)
- 2 x Rangplatz 33 (u₇ = 2)
- 2 x Rangplatz 35 (u₈ = 2)

k(y) = 8

Gesamtanzahl aller verbundenen Ränge = k(x) + k(y) = 10 + 8 = 18

Gesamtanzahl aller Rangplätze: n = 38

Da die Gesamtanzahl aller verbundenen Ränge ca. 47 % aller Rangplätze ausmacht, ist die Rangkorrelation r_s wieder nach Gleichung 67 zu berechnen.

Damit ergeben sich für T und U folgende Werte:

$$T = 29,5, \quad U = 30$$

und in weiterer Folge für die Rangkorrelation und die Testgröße mit n – 2 = 38 – 2 = 36 Freiheitsgraden:

$$r_{s_{2, re, ru}} = 0,899, \quad t_{s_{2, re, ru}} = 12,32.$$

Für ein Signifikanzniveau von α = 0,01 folgt wiederum:

$$t_{0,995}(36) = 2,719 < t_{s_{2, re, ru}} = 12,32.$$

Auch an dieser Stelle liegt ein signifikantes Ergebnis vor und daher ist die Korrelation nach Chau wieder stark positiv (vgl. Tabelle 3.8). Allerdings ist die Rangkorrelation erneut etwas schwächer ausgeprägt als bei der Produkt-Moment-Korrelation.

Rangkorrelation für die Grundrissklasse „2“ und Test des Ergebnisses

Interpretation des Ergebnisses



Tabelle 4.17: Daten für die Ermittlung der Rangkorrelation der komplexen Grundrissklasse

Rang	AW re ST.		Rang	d _i ²	Rangplatz	Anzahl / Rangplatz	
	AW	ru ST.				re. St.	ru. St.
3	0,60	0,65	3	0	1	1	
18	0,80	0,80	15	9	2	1	
4	0,65	0,66	4	0	3	1	
24	0,85	0,95	26	4	4	1	
18	0,80	0,85	23	25	5	1	
28	1,00	1,05	30	4	6	1	
22	0,85	0,85	19	9	7	1	
11	0,75	0,85	19	64	8	1	
4	0,65	0,70	5	1	9	6	
37	1,50	1,50	37	0	10	0	
8	0,70	0,72	6	4	11	0	
11	0,75	0,75	7	16	12	0	
18	0,80	0,80	15	9	13	1	
8	0,70	0,75	7	1	14	0	
6	0,70	0,75	7	1	15	1	
22	0,85	0,90	24	4	16	0	
33	1,15	1,15	33	0	17	4	
35	1,25	1,30	35	0	18	0	
1	0,40	0,55	1	0	19	0	
11	0,75	0,85	19	64	20	0	
18	0,80	0,80	15	9	21	4	
17	0,77	0,79	14	9	22	0	
25	0,90	1,00	28	9	23	0	
26	0,90	0,95	27	1	24	1	
28	1,00	1,05	30	4	25	2	
32	1,10	1,10	32	0	26	0	
11	0,75	0,85	19	64	27	1	
11	0,75	0,80	15	16	28	2	
38	1,80	1,80	38	0	29	0	
11	0,75	0,77	13	4	30	1	
28	1,00	1,00	28	0	31	2	
31	1,10	0,75	7	576	32	0	
8	0,70	0,75	7	1	33	1	
6	0,70	0,75	7	1	34	1	
26	0,90	0,90	24	4	35	2	
33	1,15	1,15	33	0	36	2	
35	1,25	1,30	35	0	37	0	
2	0,45	0,60	2	0	38	1	

Summe d_i² = 913

4.3.3 Zusammenfassung

Sowohl bei der Berechnung der Produkt-Moment-Korrelationen als auch bei den Rangkorrelationen lagen stets nach *Chau* stark positive Zusammenhänge vor. Die Zusammenhänge sind jedoch bei den Rangkorrelationen in allen Fällen schwächer ausgeprägt als bei den Produkt-Moment-Korrelationen.

In der Tabelle 4.18 sind nochmals alle Ergebnisse zusammengefasst dargestellt.

Dabei kann beobachtet werden, dass bei den Produkt-Moment-Korrelationen der stärkste Zusammenhang bei der komplexen Grundrissklasse auftritt, währenddessen dieser bei den Rangkorrelationen bei der mittleren Grundrissklasse vorliegt.

Gegenüberstellung der Ergebnisse aus den Produkt-Moment-Korrelationen und den Rangkorrelationen



Tabelle 4.18: Zusammenfassung der Ergebnisse für die Produkt-Moment-Korrelationen und Rangkorrelationen zwischen den Aufwandswerten für Deckenschalarbeiten bei rechteckigen und runden Stützen der einzelnen Grundrissklassen

Grundriss-klassen	Produkt-Moment-Korrelationen	Rangkorrelationen	Kategorisierung nach Chau
„0“	0,950	0,880	stark positiv
„1“	0,970	0,926	stark positiv
„2“	0,989	0,899	stark positiv

Eine Bestätigung für die nach *Chau* stark positiven Zusammenhänge liefert auch das Bild 4.6. Es ist sehr gut zu erkennen, dass die Aufwandswerte der Stichproben sehr nahe an den jeweiligen Regressionsgeraden liegen. Durch die angeführten Gleichungen der Regressionsgeraden können die Aufwandswerte künftig sogar geschätzt werden. Dabei konnte festgestellt werden, dass für die vorliegenden Stichprobendaten die Aufwandswerte bei rechteckigen Stützen großteils jenen bei runden Stützen derselben Grundrissklasse entsprechen. Es macht demnach für künftige Berechnungen keinen Unterschied, ob die Decke von rechteckigen oder runden Stützen getragen wird.

Im Folgenden werden die Zusammenhänge zwischen den aus der Expertenbefragung von *Hofstadler* vorliegenden Aufwandswerten für Bewehrungsarbeiten untersucht.

4.4 Korrelationen zwischen den Aufwandswerten für Bewehrungsarbeiten unterschiedlicher Grundrissklassen und Bewehrungsgraden, getrennt nach Stab- und Mattenstählen

In diesem Abschnitt werden die Korrelationen zwischen den Aufwandswerten für Bewehrungsarbeiten der einfachen, mittleren und komplexen Grundrissklasse und für die Bewehrungsgrade BW_g 50, 100, 150, 200, 250 und 300 getrennt nach Stab- und Mattenstählen berechnet.

Es werden die Korrelationen für die Stabstähle:

Ø 8, 10, 12, 14, 16, 20, 26, 30, 32, 36, 40

und die Mattenstähle:

AQ 42, 50, 55, 60, 65, 70, 76, 82, 90, 100

ermittelt.

Korrelationen zwischen den Aufwandswerten für Bewehrungsarbeiten unterschiedlicher Grundrissklassen und Bewehrungsgraden getrennt nach Stab- und Mattenstählen



Da bis auf zwei Experten niemand Aufwandswerte für den Stabstahl Ø 6 angegeben hat, macht es keinen Sinn, Berechnungen hierfür durchzuführen.

Das Ziel dieses Abschnitts ist vielmehr, für die eben genannten Stab- und Mattenstähle festzustellen,

Zusammenhänge, die in diesem Abschnitt untersucht werden

- ob zwischen den vorliegenden Aufwandswerten für Bewehrungsarbeiten der einfachen Grundrissklasse bei Bewehrungsgrad 50 (100, 150 200, 250 bzw. 300) und den Aufwandswerten für Bewehrungsarbeiten der mittleren Grundrissklasse ebenfalls bei Bewehrungsgrad 50 (100, 150 200, 250 bzw. 300) ein Zusammenhang herrscht und wie stark dieser ist,
- ob es zwischen den Aufwandswerten für Bewehrungsarbeiten der einfachen Grundrissklasse bei Bewehrungsgrad 50 (100, 150 200, 250 bzw. 300) und den Aufwandswerten für Bewehrungsarbeiten der komplexen Grundrissklasse ebenfalls bei Bewehrungsgrad 50 (100, 150 200, 250 bzw. 300) einen Zusammenhang gibt und wie eng dieser ist,
- ob zwischen den Aufwandswerten für Bewehrungsarbeiten der mittleren Grundrissklasse bei Bewehrungsgrad 50 (100, 150 200, 250 bzw. 300) und den Aufwandswerten für Bewehrungsarbeiten der komplexen Grundrissklasse ebenfalls bei Bewehrungsgrad 50 (100, 150 200, 250 bzw. 300) ein Zusammenhang besteht und wie stark dieser ist.

Dazu werden den drei Grundrissklassen wieder folgende Zahlenwerte zugeteilt:

- „0“ einfache Grundrissklasse
- „1“ mittlere Grundrissklasse
- „2“ komplexe Grundrissklasse

Die Ermittlung der Zusammenhangsstärken erfolgt erneut mittels der punktbiserialen Korrelation nach Gleichung 62

$$r_{pb} = \frac{\bar{y}_1 - \bar{y}_0}{s_y} \cdot \sqrt{\frac{n_0 \cdot n_1}{n \cdot (n - 1)}}$$

Ermittlung der Zusammenhangsstärken mittels der punktbiserialen Korrelation

und der dazugehörigen Testgröße nach Gleichung 63

$$t = \frac{r_{pb} \cdot \sqrt{n - 2}}{\sqrt{1 - r_{pb}^2}}$$

Im Folgenden wird die Berechnung der punktbiserialen Korrelation zwischen den Grundrissklassen „0“ und „1“ für den Stabstahl Ø 8 und Bewehrungsgrad BW_g 50 durchgeführt.

Berechnung der punktbiserialen Korrelation zwischen den Grundrissklassen „0“ und „1“ für den Stabstahl Ø 8 und Bewehrungsgrad 50

Für die Berechnung der Korrelation werden folgende Daten benötigt:

Tabelle 4.19: Aufwandswerte für Bewehrungsarbeiten der Grundrissklassen „0“ und „1“ für Stabstahl Ø 8 und Bewehrungsgrad BW_g 50

Stabdurchmesser		8																		
Grundrissform 1																				Grundrissklasse "0"
kg/m ³ -E	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9	E10	E11	E12	E13	E14	E15	n _E	MW	StabW		
BWg	50	24,88	30,00	25,00	24,90	25,00	40,00	23,00	18,00	12,00	15,00	15,00	10,00	10,00	10,00	14	20,199	8,876		
Grundrissform 2																				
kg/m ³ -E	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9	E10	E11	E12	E13	E14	E15	n _E	MW	StabW		
BWg	50	25,88	32,40	27,00	25,65	26,25	46,00	24,15	18,40	13,00	15,00	15,00	10,20	10,20	10,20	14	21,380	10,245		
Grundrissform 3																				
kg/m ³ -E	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9	E10	E11	E12	E13	E14	E15	n _E	MW	StabW		
BWg	50	26,87	34,50	26,00	26,64	27,00	50,00	25,30	18,20	14,00	16,00	16,00	10,30	10,30	10,30	14	22,244	11,086		
Grundrissform 4																				
kg/m ³ -E	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9	E10	E11	E12	E13	E14	E15	n _E	MW	StabW		
BWg	50	27,37	34,50	26,00	27,14	27,75	52,00	25,30	18,30	15,00	15,00	15,00	10,80	10,80	10,80	14	22,554	11,449		
Grundrissform 5																				Grundrissklasse "1"
kg/m ³ -E	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9	E10	E11	E12	E13	E14	E15	n _E	MW	StabW		
BWg	50	29,86	37,50	27,00	27,39	30,50	60,00	27,60	18,60	17,00	16,00	16,00	11,20	11,20	11,20	14	24,360	13,255		

Für die Mittelwerte von „0“ und „1“ ergeben sich:

Ermittlung der erforderlichen Größen

$$\bar{y}_{0,D8,50} = 20,789, \quad \bar{y}_{1,D8,50} = 23,053$$

und für die Standardabweichung s_{y01,D8,50} aller Aufwandswerte von „0“ und „1“:

$$s_{y01,D8,50} = 10,8395.$$

Anzahl an Aufwandswerten für „0“: n_{0,D8,50} = 2 x 14 = 28

Anzahl an Aufwandswerten für „1“: n_{1,D8,50} = 3 x 14 = 42

Gesamtanzahl an Aufwandswerten: n_{01,D8,50} = n_{0,D8,50} + n_{1,D8,50} = 70

Damit ergibt sich die punktbiserialen Korrelation zu:

Ergebnis der punktbiserialen Korrelation

$$r_{pb_{01,D8,50}} = \frac{\bar{y}_{1,D8,50} - \bar{y}_{0,D8,50}}{s_{y01,D8,50}} \cdot \sqrt{\frac{n_{0,D8,50} \cdot n_{1,D8,50}}{n_{01,D8,50} \cdot (n_{01,D8,50} - 1)}} =$$

$$r_{pb_{01,D8,50}} = \frac{23,053 - 20,789}{10,8395} \cdot \sqrt{\frac{28 \cdot 42}{70 \cdot (70 - 1)}} =$$

$$r_{pb_{01,D8,50}} = 0,10.$$

Testen des Ergebnisses

Die Testgröße t_{01,D8,50} wird nach Gleichung 63 berechnet und ist t-verteilt mit n - 2 = 70 - 2 = 68 Freiheitsgraden

$$t_{01,D8,50} = \frac{r_{pb_{01,D8,50}} \cdot \sqrt{n_{01,D8,50} - 2}}{\sqrt{1 - r_{pb_{01,D8,50}}^2}} = \frac{0,10 \cdot \sqrt{70 - 2}}{\sqrt{1 - 0,10^2}} = 0,854.$$

Für ein Signifikanzniveau von $\alpha = 0,01$ lautet der kritische t-Wert gemäß der Tabelle im Anhang A.1.2

$$t_{0,995}(68) = 2,650.$$

Da gilt:

$$t_{0,995}(68) = 2,650 > t_{01,D8,50} = 0,854$$

liegt **kein** signifikantes Ergebnis vor.

Das bedeutet, dass zwischen den Aufwandswerten für Bewehrungsarbeiten der einfachen und mittleren Grundrissklasse für den Stabstahl $\varnothing 8$ und bei Bewehrungsgrad 50 mit 99-prozentiger Wahrscheinlichkeit keine Korrelation, sprich kein Zusammenhang, besteht.

Interpretation des Ergebnisses

Auch eine Testung mit einem Signifikanzniveau von $\alpha = 0,1$ ergibt ein nicht signifikantes Ergebnis, da der kritische t-Wert $t_{0,95}(68) = 1,668$ ebenfalls größer ist als die Testgröße $t_{01,D8,50}$. Somit liegt sogar mit 90-prozentiger Wahrscheinlichkeit keine Korrelation zwischen den Aufwandswerten vor.

Laut der von *Chau* vorgeschlagenen Kategorien würde jedoch eine schwach positive Korrelation bestehen. An dieser Stelle kommt also erstmals die große Bedeutung des Testens zum Vorschein, da ohne die Durchführung eines solchen der Irrglaube entstehen könnte, dass tatsächlich ein schwach positiver Zusammenhang herrscht.

Die übrigen Korrelationen wurden analog mit dem Programm Excel berechnet und die Ergebnisse sind in der Tabelle 4.20 dargestellt. Außerdem erfolgt eine Zuordnung der Ergebnisse in die Kategorien nach *Chau*.

Berechnung der übrigen punktbiserialen Korrelationen

Die dazugehörigen Daten aus der Expertenbefragung von *Hofstadler* sind im Anhang A.3 – Stabstähle A.3.1 bis A.3.12 und Mattenstähle A.3.13 bis A.3.22 – zu finden.

Es ist allerdings anzumerken, dass die vorliegenden schwach positiven Korrelationen bis auf ein paar Ausnahmefälle beim Testen mit einem Signifikanzniveau von $\alpha = 0,01$ ein nicht signifikantes Ergebnis lieferten. Dasselbe gilt auch für einen Großteil der Ergebnisse beim Testen mit einem Signifikanzniveau von $\alpha = 0,1$.

In erster Linie handelt es sich dabei um jene Korrelationen, die eine hohe Anzahl an Expertenwerten zugrunde liegen haben oder schon relativ nahe an der Grenze zur mittel positiven Korrelation liegen.

Tabelle 4.20: Korrelationen zwischen den Aufwandswerten der einzelnen Grundrissklassen, getrennt nach Bewehrungsgraden sowie Stab- und Mattenstählen

		D 8	Kat. nach Chau	D 10	Kat. nach Chau	D 12	Kat. nach Chau	D 14	Kat. nach Chau	D 16	Kat. nach Chau	D 20	Kat. nach Chau	D 26	Kat. nach Chau	D 30	Kat. nach Chau	D 32	Kat. nach Chau	D 36	Kat. nach Chau	D 40	Kat. nach Chau
Bwlg 50	K ₀₈ und K ₁₈	0,10	sw. p.	0,12	sw. p.	0,13	sw. p.	0,22	sw. p.	0,23	sw. p.	0,20	sw. p.	0,20	sw. p.	0,24	sw. p.	0,41	m. p.	0,32	sw. p.	0,31	sw. p.
	K ₀₈ und K ₂₈	0,21	sw. p.	0,24	sw. p.	0,27	sw. p.	0,39	sw. p.	0,41	m. p.	0,38	sw. p.	0,40	m. p.	0,41	m. p.	0,98	st. P.	0,51	m. p.	0,54	m. p.
	K ₁₈ und K ₂₈	0,13	sw. p.	0,15	sw. p.	0,17	sw. p.	0,24	sw. p.	0,26	sw. p.	0,22	sw. p.	0,26	sw. p.	0,29	sw. p.	0,98	st. P.	0,34	sw. p.	0,41	m. p.
Bwlg 100	K ₀₈ und K ₁₈	0,21	sw. p.	0,14	sw. p.	0,15	sw. p.	0,16	sw. p.	0,17	sw. p.	0,19	sw. p.	0,17	sw. p.	0,19	sw. p.	0,41	m. p.	0,16	sw. p.	0,20	sw. p.
	K ₀₈ und K ₂₈	0,43	m. p.	0,31	sw. p.	0,34	sw. p.	0,37	sw. p.	0,39	sw. p.	0,48	m. p.	0,42	m. p.	0,42	m. p.	0,98	st. P.	0,40	m. p.	0,46	m. p.
	K ₁₈ und K ₂₈	0,28	sw. p.	0,20	sw. p.	0,23	sw. p.	0,26	sw. p.	0,27	sw. p.	0,37	sw. p.	0,31	sw. p.	0,35	sw. p.	0,98	st. P.	0,31	sw. p.	0,36	sw. p.
Bwlg 150	K ₀₈ und K ₁₈	0,12	sw. p.	0,27	sw. p.	0,13	sw. p.	0,13	sw. p.	0,14	sw. p.	0,14	sw. p.	0,19	sw. p.	0,14	sw. p.	0,22	sw. p.	0,30	sw. p.	0,25	sw. p.
	K ₀₈ und K ₂₈	0,31	sw. p.	0,55	m. p.	0,31	sw. p.	0,33	sw. p.	0,33	sw. p.	0,35	sw. p.	0,49	m. p.	0,34	sw. p.	0,55	m. p.	0,52	m. p.	0,44	m. p.
	K ₁₈ und K ₂₈	0,21	sw. p.	0,40	m. p.	0,21	sw. p.	0,23	sw. p.	0,24	sw. p.	0,25	sw. p.	0,37	sw. p.	0,28	sw. p.	0,46	m. p.	0,38	sw. p.	0,30	sw. p.
Bwlg 200	K ₀₈ und K ₁₈	0,15	sw. p.	0,12	sw. p.	0,24	sw. p.	0,25	sw. p.	0,12	sw. p.	0,14	sw. p.	0,14	sw. p.	0,11	sw. p.	0,26	sw. p.	0,39	sw. p.	0,27	sw. p.
	K ₀₈ und K ₂₈	0,33	sw. p.	0,33	sw. p.	0,59	m. p.	0,65	m. p.	0,31	sw. p.	0,34	sw. p.	0,37	sw. p.	0,27	sw. p.	0,60	m. p.	0,62	m. p.	0,48	m. p.
	K ₁₈ und K ₂₈	0,21	sw. p.	0,22	sw. p.	0,44	m. p.	0,52	m. p.	0,22	sw. p.	0,23	sw. p.	0,27	sw. p.	0,21	sw. p.	0,50	m. p.	0,47	m. p.	0,33	sw. p.
Bwlg 250	K ₀₈ und K ₁₈	0,12	sw. p.	0,12	sw. p.	0,16	sw. p.	0,14	sw. p.	0,20	sw. p.	0,10	sw. p.	0,11	sw. p.	0,10	sw. p.	0,23	sw. p.	0,13	sw. p.	0,20	sw. p.
	K ₀₈ und K ₂₈	0,27	sw. p.	0,29	sw. p.	0,36	sw. p.	0,41	m. p.	0,52	m. p.	0,27	sw. p.	0,30	sw. p.	0,25	sw. p.	0,56	m. p.	0,30	sw. p.	0,42	m. p.
	K ₁₈ und K ₂₈	0,16	sw. p.	0,18	sw. p.	0,23	sw. p.	0,29	sw. p.	0,38	sw. p.	0,19	sw. p.	0,21	sw. p.	0,19	sw. p.	0,47	m. p.	0,20	sw. p.	0,29	sw. p.
Bwlg 300	K ₀₈ und K ₁₈	0,11	sw. p.	0,12	sw. p.	0,12	sw. p.	0,10	sw. p.	0,14	sw. p.	0,11	sw. p.	0,08	u	0,27	sw. p.	0,11	sw. p.	0,11	sw. p.	0,12	sw. p.
	K ₀₈ und K ₂₈	0,24	sw. p.	0,26	sw. p.	0,28	sw. p.	0,30	sw. p.	0,38	sw. p.	0,30	sw. p.	0,23	sw. p.	0,20	sw. p.	0,61	m. p.	0,26	sw. p.	0,35	sw. p.
	K ₁₈ und K ₂₈	0,14	sw. p.	0,16	sw. p.	0,17	sw. p.	0,21	sw. p.	0,27	sw. p.	0,20	sw. p.	0,16	sw. p.	0,15	sw. p.	0,52	m. p.	0,17	sw. p.	0,24	sw. p.

		AQ 42	Kat. nach Chau	AQ 50	Kat. nach Chau	AQ 55	Kat. nach Chau	AQ 60	Kat. nach Chau	AQ 65	Kat. nach Chau	AQ 70	Kat. nach Chau	AQ 76	Kat. nach Chau	AQ 82	Kat. nach Chau	AQ 90	Kat. nach Chau	AQ 100	Kat. nach Chau
Bwlg 50	K ₀₈ und K ₁₈	0,13	sw. p.	0,09	u	0,11	sw. p.	0,10	sw. p.	0,16	sw. p.	0,22	sw. p.	0,38	sw. p.	0,34	sw. p.	0,40	m. p.	0,38	sw. p.
	K ₀₈ und K ₂₈	0,28	sw. p.	0,21	sw. p.	0,29	sw. p.	0,23	sw. p.	0,36	sw. p.	0,51	m. p.	0,62	m. p.	0,64	m. p.	0,64	m. p.	0,65	m. p.
	K ₁₈ und K ₂₈	0,18	sw. p.	0,14	sw. p.	0,20	sw. p.	0,15	sw. p.	0,24	sw. p.	0,37	sw. p.	0,44	m. p.	0,48	m. p.	0,55	m. p.	0,48	m. p.
Bwlg 100	K ₀₈ und K ₁₈	0,07	u	0,04	u	0,09	u	0,08	u	0,13	sw. p.	0,11	sw. p.	0,12	sw. p.	0,12	sw. p.	0,32	sw. p.	0,19	sw. p.
	K ₀₈ und K ₂₈	0,19	sw. p.	0,12	sw. p.	0,19	sw. p.	0,20	sw. p.	0,31	sw. p.	0,25	sw. p.	0,26	sw. p.	0,27	sw. p.	0,54	m. p.	0,46	m. p.
	K ₁₈ und K ₂₈	0,13	sw. p.	0,08	u	0,10	sw. p.	0,13	sw. p.	0,21	sw. p.	0,17	sw. p.	0,16	sw. p.	0,18	sw. p.	0,44	m. p.	0,32	sw. p.
Bwlg 150	K ₀₈ und K ₁₈	0,08	u	0,04	u	0,05	u	0,06	u	0,13	sw. p.	0,09	u	0,11	sw. p.	0,10	sw. p.	0,38	sw. p.	0,36	sw. p.
	K ₀₈ und K ₂₈	0,23	sw. p.	0,13	sw. p.	0,17	sw. p.	0,20	sw. p.	0,32	sw. p.	0,23	sw. p.	0,24	sw. p.	0,24	sw. p.	0,62	m. p.	0,61	m. p.
	K ₁₈ und K ₂₈	0,16	sw. p.	0,09	u	0,12	sw. p.	0,15	sw. p.	0,21	sw. p.	0,16	sw. p.	0,15	sw. p.	0,16	sw. p.	0,52	m. p.	0,44	m. p.
Bwlg 200	K ₀₈ und K ₁₈	0,17	sw. p.	0,06	u	0,05	u	0,10	sw. p.	0,12	sw. p.	0,08	u	0,09	u	0,09	u	0,28	sw. p.	0,32	sw. p.
	K ₀₈ und K ₂₈	0,42	m. p.	0,15	sw. p.	0,18	sw. p.	0,27	sw. p.	0,33	sw. p.	0,21	sw. p.	0,22	sw. p.	0,23	sw. p.	0,62	m. p.	0,70	st. P.
	K ₁₈ und K ₂₈	0,30	sw. p.	0,10	sw. p.	0,13	sw. p.	0,18	sw. p.	0,22	sw. p.	0,13	sw. p.	0,14	sw. p.	0,15	sw. p.	0,52	m. p.	0,52	m. p.
Bwlg 250	K ₀₈ und K ₁₈	0,40	m. p.	0,06	u	0,07	u	0,09	u	0,12	sw. p.	0,19	sw. p.	0,08	u	0,08	u	0,07	u	0,19	sw. p.
	K ₀₈ und K ₂₈	0,81	st. P.	0,19	sw. p.	0,20	sw. p.	0,27	sw. p.	0,31	sw. p.	0,48	m. p.	0,19	sw. p.	0,20	sw. p.	0,17	sw. p.	0,46	m. p.
	K ₁₈ und K ₂₈	0,70	st. P.	0,13	sw. p.	0,14	sw. p.	0,19	sw. p.	0,20	sw. p.	0,32	sw. p.	0,12	sw. p.	0,13	sw. p.	0,12	sw. p.	0,31	sw. p.
Bwlg 300	K ₀₈ und K ₁₈	0,40	m. p.	0,09	u	0,08	u	0,10	sw. p.	0,11	sw. p.	0,14	sw. p.	0,15	sw. p.	0,07	u	0,06	u	0,07	u
	K ₀₈ und K ₂₈	0,72	st. P.	0,24	sw. p.	0,23	sw. p.	0,26	sw. p.	0,29	sw. p.	0,34	sw. p.	0,33	sw. p.	0,17	sw. p.	0,14	sw. p.	0,17	sw. p.
	K ₁₈ und K ₂₈	0,50	m. p.	0,16	sw. p.	0,16	sw. p.	0,17	sw. p.	0,19	sw. p.	0,22	sw. p.	0,21	sw. p.	0,11	sw. p.	0,10	sw. p.	0,11	sw. p.

u unabhängig
 sw. p. schwach positiv
 m. p. mittel positiv
 st. P. stark positiv

Jene Korrelationen, die nach Chau nur schwach positiv ausgeprägt sind, haben mit 99-prozentiger Wahrscheinlichkeit unabhängige Aufwandswerte. Je näher diese Korrelationen an der Unabhängigkeitsgrenze liegen, desto eher sind sie auch mit 90-prozentiger Wahrscheinlichkeit unkorreliert. Dies gilt sowohl für die Stab- als auch für die Mattenstähle.

Liegen mittel oder stark positive Korrelationen vor, kann daraus geschlossen werden, dass die Aufwandswerte für die Bewehrungsarbeiten in der Regel umso höher sind, je komplexer die Grundrissform ist. Allerdings treten nur sehr wenige mittel oder stark positive Korrelationen auf. Die Spalte, die am meisten mittel oder stark positive Korrelationen beinhaltet, ist jene für den Stabstahl ø 32. Diese ist jedoch nicht aussagekräftig, da nur 3 Experten Aufwandswerte dazu abgegeben haben, weshalb die Stichprobe zu gering ist, um Schlüsse daraus ziehen zu können.

Interpretation der Ergebnisse



Außerdem kann aus den ermittelten Zusammenhangsständen kein Faktor abgeleitet werden, mit dem die Aufwandswerte komplexerer Grundrissformen aus den einfacheren Grundrissformen berechnet werden können.

Alles in allem gilt daher, dass zwischen den Aufwandswerten für Bewehrungsarbeiten der unterschiedlichen Grundrissklassen und Bewehrungsgraden getrennt nach Stab- und Mattenstählen keine oder nur sehr schwach ausgeprägte Zusammenhänge bestehen.

Für künftige Berechnungen, wie beispielsweise die Ermittlung der Herstellkosten bei Stahlbetonarbeiten, sollten daher keine Korrelationen zwischen den Aufwandswerten für Bewehrungsarbeiten der einzelnen Grundrissklassen und Bewehrungsgraden sowohl für Stab- als auch Mattenstähle angesetzt werden.

4.5 Korrelationen zwischen den Aufwandswerten für Bewehrungsarbeiten derselben Grundrissklassen, aber unterschiedlichen Bewehrungsgraden und getrennt nach Stab- und Mattenstählen

Die Berechnung der Zusammenhangsstände zwischen den Aufwandswerten für Bewehrungsarbeiten innerhalb derselben Grundrissklasse, aber unterschiedlichen Bewehrungsgraden erfolgt ebenfalls mittels der punktbiserialen Korrelation. Folgende Stab- und Mattenstähle werden für die Berechnungen herangezogen.

Stabstähle:

Ø 8, 10, 12, 14, 16, 20, 26, 30, 32, 36 und 40

Mattenstähle:

AQ 42, 50, 55, 60, 65, 70, 76, 82, 90 und 100.

Die Zuteilung der Grundrissformen in die Grundrissklassen sowie der Zahlenwerte für die einzelnen Grundrissklassen ist gleich wie im vorigen Abschnitt:

- „0“ einfache Grundrissklasse
- „1“ mittlere Grundrissklasse
- „2“ komplexe Grundrissklasse

Im Folgenden wird nur die Berechnung der punktbiserialen Korrelation zwischen den Aufwandswerten für Bewehrungsarbeiten der Grundrissklasse „0“ bei Bewehrungsgrad 50 und den Aufwandswerten für Bewehrungsarbeiten der Grundrissklasse „0“ bei Bewehrungsgrad 150 für den Stabstahl Ø 8 durchgeführt. Die übrigen punktbiserialen

Korrelationen zwischen den Aufwandswerten für Bewehrungsarbeiten innerhalb derselben Grundrissklasse, aber unterschiedlichen Bewehrungsgraden und getrennt nach Stab- und Mattenstählen

Berechnung der punktbiserialen Korrelation zwischen den Aufwandswerten bei Bewehrungsgrad 50 und 150 der Grundrissklasse „0“ für den Stabstahl Ø 8

Korrelationen wurden analog ermittelt und die Ergebnisse sind in der Tabelle 4.22 dargestellt.

Daten für die Berechnung:

Tabelle 4.21: Aufwandswerte für Bewehrungsarbeiten der Grundrissklasse „0“ für Stabstahl \varnothing 8 und Bewehrungsgrad BWg 50 bzw. BWg 150

Stabdurchmesser 8

Grundrissform 1

	kg/m ³ -E	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9	E10	E11	E12	E13	E14	E15	n _E	MW	StabW
BWg 50			24,88	30,00	25,00	24,90	25,00	40,00	23,00	18,00	12,00	15,00	15,00	10,00	10,00	10,00	14	20,199	8,876
BWg 150			24,01	x	26,00	24,00	24,00	x	x	17,10	x	15,00	15,00	x	x	x	7	20,730	4,809

Grundrissform 2

	kg/m ³ -E	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9	E10	E11	E12	E13	E14	E15	n _E	MW	StabW
BWg 50			25,88	32,40	27,00	25,65	26,25	46,00	24,15	18,40	13,00	15,00	15,00	10,20	10,20	10,20	14	21,380	10,245
BWg 150			24,97	x	28,00	24,72	25,20	x	x	17,50	x	15,00	15,00	x	x	x	7	21,484	5,460

Für die Mittelwerte von „0“ und „1“ ergeben sich:

$$\bar{y}_{0,D8,50} = 20,789, \quad \bar{y}_{0,D8,150} = 21,107$$

Ermittlung der erforderlichen Größen

und für die Standardabweichung $s_{y_{0,D8,50,150}}$ aller Aufwandswerte

$$s_{y_{0,D8,50,150}} = 8,1436.$$

Anzahl an Aufwandswerten für „0“ bei BW_g 50: $n_{0,D8,50} = 2 \times 14 = 28$

Anzahl an Aufwandswerten für „0“ bei BW_g 150: $n_{0,D8,150} = 2 \times 7 = 14$

Gesamtanzahl an Aufwandswerten: $n_{0,D8,50,150} = n_{0,D8,50} + n_{0,D8,150} = 42$

Damit ergibt sich für die punktbiseriale Korrelation:

Ergebnis der punktbiserialen Korrelation

$$r_{pb_{0,D8,50,150}} = \frac{\bar{y}_{0,D8,150} - \bar{y}_{0,D8,50}}{s_{y_{0,D8,50,150}}} \cdot \sqrt{\frac{n_{0,D8,50} \cdot n_{0,D8,150}}{n_{0,D8,50,150} \cdot (n_{0,D8,50,150} - 1)}} =$$

$$r_{pb_{0,D8,50,150}} = \frac{21,107 - 20,789}{8,1436} \cdot \sqrt{\frac{28 \cdot 14}{42 \cdot (42 - 1)}} =$$

$$r_{pb_{0,D8,50,150}} = 0,02.$$

Die Testgröße $t_{0,D8,50,150}$ wird nach Gleichung 63 berechnet und ist t-verteilt mit $n - 2 = 42 - 2 = 40$ Freiheitsgraden

Testen des Ergebnisses

$$t_{0,D8,50,150} = \frac{r_{pb_{0,D8,50,150}} \cdot \sqrt{n_{0,D8,50,150} - 2}}{\sqrt{1 - r_{pb_{0,D8,50,150}}^2}} = \frac{0,02 \cdot \sqrt{42 - 2}}{\sqrt{1 - 0,02^2}} = 0,118.$$

Für ein Signifikanzniveau von $\alpha = 0,01$ lautet der kritische t-Wert gemäß der Tabelle im Anhang A.1.2

$$t_{0,995}(40) = 2,704.$$

Da gilt:

$$t_{0,995}(40) = 2,704 > t_{01,D8,50} = 0,118$$

liegt **kein** signifikantes Ergebnis vor.

Das bedeutet, dass zwischen den Aufwandswerten für Bewehrungsarbeiten der Grundrissklasse „0“ bei Bewehrungsgrad 50 und den Aufwandswerten für Bewehrungsarbeiten der Grundrissklasse „0“ bei Bewehrungsgrad 150 für den Stabstahl \varnothing 8 mit 99-prozentiger Wahrscheinlichkeit keine Korrelation, sprich kein Zusammenhang, besteht.

Interpretation des Ergebnisses

Auch eine Testung mit einem Signifikanzniveau von $\alpha = 0,1$ ergibt ein nicht signifikantes Ergebnis, da der kritische t-Wert $t_{0,95}(40) = 1,684$ ebenfalls größer ist als die Testgröße $t_{0,D8,50,150}$. Somit sind die Aufwandswerte sogar mit 90-prozentiger Wahrscheinlichkeit unkorreliert.

Auch die Zuteilung der Korrelation in die von *Chau* vorgeschlagenen Kategorien liefert ein unabhängiges Ergebnis.

In der folgenden Tabelle sind die übrigen punktbiserialen Korrelationen dargestellt.

Ergebnisse der Berechnungen der übrigen punktbiserialen Korrelationen

Tabelle 4.22: Korrelationen zwischen den Aufwandswerten für Bewehrungsarbeiten derselben Grundrissklassen, aber unterschiedlichen Bewehrungsgraden, getrennt nach Stab- und Mattenstählen

		D 8	Kat. nach Chau	D 10	Kat. nach Chau	D 12	Kat. nach Chau	D 14	Kat. nach Chau	D 16	Kat. nach Chau	D 20	Kat. nach Chau	D 26	Kat. nach Chau	D 30	Kat. nach Chau	D 32	Kat. nach Chau	D 36	Kat. nach Chau	D 40	Kat. nach Chau
K_{50}	BWg 50 und BWg 150	0,02	u	-0,01	u	-0,26	sw. n.	-0,50	m. n.	-0,46	m. n.	-0,31	sw. n.	-0,28	sw. n.	-0,35	sw. n.	-0,70	st. n.	-0,08	u	0,04	u
	BWg 50 und BWg 300	0,65	m. p.	0,62	m. p.	0,62	m. p.	0,33	sw. p.	0,12	sw. p.	0,23	sw. p.	-0,14	sw. n.	-0,13	sw. n.	-0,87	st. n.	-0,05	u	0,07	u
	BWg 150 und BWg 300	0,73	st. P.	0,74	st. P.	0,76	st. P.	0,63	m. p.	0,49	m. p.	0,46	m. p.	0,03	u	0,10	sw. p.	-0,37	sw. n.	-0,02	u	0,06	u
K_{10}	BWg 50 und BWg 150	-0,03	u	-0,03	u	-0,26	sw. n.	-0,52	m. n.	-0,49	m. n.	-0,36	sw. n.	-0,33	sw. n.	-0,42	m. n.	-0,72	st. n.	-0,18	sw. n.	0,02	u
	BWg 50 und BWg 300	0,61	m. p.	0,57	m. p.	0,54	m. p.	0,23	sw. p.	0,06	u	0,21	sw. p.	-0,16	sw. n.	-0,17	sw. n.	-0,90	st. n.	-0,09	u	0,07	u
	BWg 150 und BWg 300	0,72	st. P.	0,72	st. P.	0,74	st. P.	0,60	m. p.	0,50	m. p.	0,47	m. p.	0,03	u	0,10	sw. p.	-0,45	m. n.	-0,02	u	0,06	u
K_{30}	BWg 50 und BWg 150	-0,07	u	-0,04	u	-0,24	sw. n.	-0,46	m. n.	-0,43	m. n.	-0,29	sw. n.	-0,26	sw. n.	-0,35	sw. n.	-0,69	m. n.	-0,15	sw. n.	0,00	u
	BWg 50 und BWg 300	0,55	m. p.	0,51	m. p.	0,45	m. p.	0,18	sw. p.	0,03	u	0,27	sw. p.	-0,13	sw. n.	-0,16	sw. n.	-0,85	st. n.	-0,10	sw. n.	0,11	sw. p.
	BWg 150 und BWg 300	0,72	st. P.	0,71	st. P.	0,70	st. P.	0,60	m. p.	0,50	m. p.	0,49	m. p.	0,02	u	0,08	u	-0,37	sw. n.	-0,02	u	0,11	sw. p.

		AQ 42	Kat. nach Chau	AQ 50	Kat. nach Chau	AQ 55	Kat. nach Chau	AQ 60	Kat. nach Chau	AQ 65	Kat. nach Chau	AQ 70	Kat. nach Chau	AQ 76	Kat. nach Chau	AQ 82	Kat. nach Chau	AQ 90	Kat. nach Chau	AQ 100	Kat. nach Chau
K_{50}	BWg 50 und BWg 150	0,08	u	0,17	sw. p.	0,00	u	0,17	sw. p.	-0,03	u	-0,20	sw. n.	-0,39	sw. n.	-0,38	sw. n.	0,08	u	-0,01	u
	BWg 50 und BWg 300	0,73	st. P.	0,58	m. p.	0,51	m. p.	0,61	m. p.	0,42	m. p.	0,62	m. p.	0,58	m. p.	-0,01	u	0,05	u	0,04	u
	BWg 150 und BWg 300	0,77	st. P.	0,44	m. p.	0,46	m. p.	0,51	m. p.	0,42	m. p.	0,63	m. p.	0,65	m. p.	0,21	sw. p.	0,04	u	0,05	u
K_{10}	BWg 50 und BWg 150	0,04	u	0,15	sw. p.	-0,03	u	0,14	sw. p.	-0,05	u	-0,26	sw. n.	-0,41	m. n.	-0,38	sw. n.	0,04	u	-0,01	u
	BWg 50 und BWg 300	0,71	st. P.	0,59	m. p.	0,51	m. p.	0,62	m. p.	0,42	m. p.	0,61	m. p.	0,56	m. p.	-0,02	u	0,04	u	0,03	u
	BWg 150 und BWg 300	0,80	st. P.	0,48	m. p.	0,49	m. p.	0,57	m. p.	0,43	m. p.	0,64	m. p.	0,64	m. p.	0,21	sw. p.	0,03	u	0,04	u
K_{30}	BWg 50 und BWg 150	0,00	u	0,11	sw. p.	-0,07	u	0,12	sw. p.	-0,05	u	-0,29	sw. n.	-0,40	m. n.	-0,38	sw. n.	-0,01	u	-0,04	u
	BWg 50 und BWg 300	0,67	m. p.	0,59	m. p.	0,51	m. p.	0,61	m. p.	0,41	m. p.	0,60	m. p.	0,52	m. p.	-0,05	u	0,02	u	0,01	u
	BWg 150 und BWg 300	0,82	st. P.	0,52	m. p.	0,51	m. p.	0,59	m. p.	0,44	m. p.	0,62	m. p.	0,62	m. p.	0,20	sw. p.	0,02	u	0,02	u

sw. n. schwach negativ
 m. n. mittel negativ
 st. n. stark negativ

u unabhängig

sw. p. schwach positiv
 m. p. mittel positiv
 st. P. stark positiv

Dabei ist zu beachten, dass die Ergebnisse für den Stabstahl mit dem Durchmesser 32 nicht repräsentativ sind, da die Stichprobenanzahl hierfür zu gering ist.

Interpretation der Ergebnisse

Bei genauerer Betrachtung der weiteren Ergebnisse kann festgestellt werden, dass

- keine Korrelationen zwischen den Aufwandswerten der einzelnen Bewehrungsgrade für alle Grundrissklassen der Stabstähle \varnothing 26, 30, 36, 40 und Mattenstähle AQ 82, 90, 100 bestehen,
- keine Korrelationen zwischen den Aufwandswerten bei Bewehrungsgrad 50 und 150 der einzelnen Grundrissklassen für die Stabstähle \varnothing 8, 10, 12, 20, und die Mattenstähle AQ 42, 50, 55, 60, 65, 70, 76 herrschen. Die Testungen der nach Chau schwach positiven oder negativen Korrelationen der Tabelle 4.22 haben ergeben, dass keine signifikanten Ergebnisse vorliegen und die Aufwandswerte somit unabhängig sind,
- keine Korrelationen zwischen den Aufwandswerten bei Bewehrungsgrad 50 und 300 der einzelnen Grundrissklassen der Stabstähle \varnothing 14, 16, 20 herrschen, da die Testungen wiederum kein signifikantes Ergebnis geliefert haben,
- mittel negative Korrelationen zwischen den Aufwandswerten bei Bewehrungsgrad 50 und 150 der Stabstähle \varnothing 14 und 16 für alle Grundrissklassen sowie für den Mattenstahl AQ 76 der Grundrissklassen K_1 und K_2 bestehen. Das bedeutet, dass die Aufwandswerte bei Bewehrungsgrad 150 niedriger sind als jene bei Bewehrungsgrad 50,
- mittel positive Korrelationen zwischen den Aufwandswerten bei Bewehrungsgrad 50 und 300 für alle Grundrissklassen der Stabstähle \varnothing 8, 10, 12 und zwischen den Aufwandswerten bei Bewehrungsgrad 150 und 300 für alle Grundrissklassen der Stabstähle \varnothing 14, 16, 20 vorliegen. Das bedeutet, dass die Aufwandswerte bei Bewehrungsgrad 300 in der Regel höher sind als jene bei Bewehrungsgrad 50 bzw. 150,
- mittel positive Korrelationen zwischen den Aufwandswerten bei Bewehrungsgrad 50 und 150 und bei Bewehrungsgrad 150 und 300 für alle Grundrissklassen der Mattenstähle AQ 50, 55, 60, 65, 70 und 76 herrschen,
- stark positive Korrelationen zwischen den Aufwandswerten bei Bewehrungsgrad 150 und 300 für alle Grundrissklassen der Stabstähle \varnothing 8, 10, 12 bestehen. Das bedeutet wiederum, dass die Aufwandswerte bei Bewehrungsgrad 300 zumeist höher sind als jene bei Bewehrungsgrad 50 bzw. 150,
- stark positive Korrelationen zwischen den Aufwandswerten bei Bewehrungsgrad 50 und 150 und bei Bewehrungsgrad 150 und 300 für alle Grundrissklassen des Mattenstahls AQ 42 vorliegen.

Somit sind die Aufwandswerte für Bewehrungsarbeiten zwischen Bewehrungsgrad 50 und 150 für alle Grundrissklassen und für alle Stab- als auch Mattenstähle unabhängig oder mittel negativ korreliert.

Die Aufwandswerte zwischen Bewehrungsgrad 50 und 300 sind im Falle der Stabstähle für alle Grundrissklassen entweder unabhängig oder mittel positiv korreliert und im Falle der Mattenstähle unabhängig, mittel positiv oder stark positiv korreliert.

Zwischen den Aufwandswerten für Bewehrungsarbeiten bei Bewehrungsgrad 150 und 300 bestehen sowohl für die Stab- als auch für die Mattenstähle entweder keine Abhängigkeiten oder mittel bzw. stark positive Zusammenhänge.

Abschließend kann noch festgehalten werden, dass bei großen Stabstahl- (ab \varnothing 26) und Mattenstahldurchmessern (ab AQ 82) keine Zusammenhänge zwischen den Aufwandswerten unterschiedlicher Bewehrungsgrade und unabhängig von der betrachteten Grundrissklasse herrschen.

Eine allgemeine Aussage über die Zusammenhänge zwischen den Aufwandswerten für Bewehrungsarbeiten derselben Grundrissklasse, aber unterschiedlicher Bewehrungsgrade für alle Stabstahl- und Mattenstahldurchmesser ist demnach nicht möglich.

In der folgenden Tabelle sind Vorschläge gegeben, welche Korrelationen zwischen den Aufwandswerten für Bewehrungsarbeiten unterschiedlicher Bewehrungsgrade für welche Stab- bzw. Mattenstähle und unabhängig von der Grundrissklasse für künftige Berechnungen angesetzt werden könnten.

Tabelle 4.23: Vorschläge für Korrelationen zwischen den Aufwandswerten für Bewehrungsarbeiten unterschiedlicher Bewehrungsgrade der einzelnen Stab- bzw. Mattenstähle und unabhängig von der Grundrissklasse

		BWg 50 und BWg 150	BWg 50 und BWg 300	BWg 150 und BWg 300
K_{OB}, K_{1B}, K_{2B}	Stabstahl: \varnothing 8, 10, 12	unabhängig	0,57	0,73
	Stabstahl: \varnothing 14, 16, 20	unabhängig	unabhängig	0,53
	Stabstahl: \varnothing 26, 30, 32, 36, 40	unabhängig	unabhängig	unabhängig
	Mattenstahl: AQ 42, 50, 55, 60, 65, 70, 76	unabhängig	0,57	0,57
	Mattenstahl: AQ 82, 90, 100	unabhängig	unabhängig	unabhängig

Im letzten Abschnitt wird untersucht, ob es Zusammenhänge zwischen Aufwandswerten für Deckenschalarbeiten und den Aufwandswerten für Bewehrungsarbeiten gibt.

4.6 Korrelationen zwischen den Aufwandswerten für Deckenschal- und für Bewehrungsarbeiten

Wie unter anderem im Abschnitt 3.2.4 erwähnt wurde, werden Abhängigkeiten zwischen den Aufwandswerten für das Schalen und für das Bewehren vermutet. Aus diesem Grund werden die Zusammenhänge zwischen diesen beiden Parametern anhand der Daten aus den von *Hofstadler* durchgeführten Expertenbefragungen ermittelt.

Korrelationen zwischen den Aufwandswerten für Deckenschal- und Bewehrungsarbeiten

Folgende Korrelationen zwischen den jeweils identen Grundrissklassen für die Aufwandswerte für die Deckenschal- und Bewehrungsarbeiten werden berechnet:

Zusammenhänge, die in diesem Abschnitt untersucht werden

- Zusammenhang zwischen den Aufwandswerten für Deckenschalarbeiten bei rechteckigen (bzw. runden) Stützen und den Aufwandswerten für Bewehrungsarbeiten bei Bewehrungsgrad 50 und 100, getrennt für alle Grundrissklassen und für alle Stab- und Mattenstähle.
- Zusammenhang zwischen den Aufwandswerten für Deckenschalarbeiten bei rechteckigen (bzw. runden) Stützen und den Aufwandswerten für Bewehrungsarbeiten bei Bewehrungsgrad 150 und 200, getrennt für alle Grundrissklassen und für alle Stab- und Mattenstähle.
- Zusammenhang zwischen den Aufwandswerten für Deckenschalarbeiten bei rechteckigen (bzw. runden) Stützen und den Aufwandswerten für Bewehrungsarbeiten bei Bewehrungsgrad 250 und 300, getrennt für alle Grundrissklassen und für alle Stab- und Mattenstähle.

Die Berechnungen der Zusammenhangsstärken erfolgen wiederum mittels der punktbiserialen Korrelation, da eine unterschiedliche Anzahl an Aufwandswerten für die Deckenschal- und Bewehrungsarbeiten aus den Expertenbefragungen vorliegen.

Berechnung mittels der punktbiserialen Korrelation

Die Zuteilung der einzelnen Grundrissformen zu den Grundrissklassen für Deckenschalarbeiten bzw. zu den Grundrissklassen für Bewehrungsarbeiten bleibt gleich.

Die Bezeichnung der Grundrissklassen für diesen Abschnitt sieht folgendermaßen aus:

Bezeichnung der Grundrissklassen

Grundrissklassen für Deckenschalarbeiten:

- Einfache Grundrissklasse K_{0S} Grundrisse 1 + 2
- Mittlere Grundrissklasse K_{1S} Grundrisse 3 + 4 + 5
- Komplexe Grundrissklasse K_{2S} Grundrisse 6 + 7

Grundrissklassen für Bewehrungsarbeiten:

- Einfache Grundrissklasse K_{0B} Grundrisse 1 + 2
- Mittlere Grundrissklasse K_{1B} Grundrisse 3 + 4 + 5
- Komplexe Grundrissklasse K_{2B} Grundrisse 6 + 7 + 8

Da die Berechnungen der punktbiserialen Korrelationen zwischen den eben angeführten Größen analog ablaufen, wird die Vorgangsweise nur am Beispiel der Korrelation zwischen den Aufwandswerten für Deckenschalarbeiten bei rechteckigen Stützen und den Aufwandswerten für Bewehrungsarbeiten für den Stabstahl \varnothing 8 bei Bewehrungsgrad 50 und 100 für jeweils die einfache Grundrissklasse erläutert.

Berechnung der punktbiserialen Korrelation zwischen den AW für Deckenschalarbeiten bei rechteckigen Stützen und den AW für Bewehrungsarbeiten, Stabstahl \varnothing 8, BWg 50 und 100, jeweils der Grundrissklasse „0“

Daten für die Berechnung:

Tabelle 4.24: Aufwandswerte für Deckenschalarbeiten bei rechteckigen Stützen und Aufwandswerte für Bewehrungsarbeiten für den Stabstahl \varnothing 8 bei Bewehrungsgrad BWg 50 und BWg 100 für jeweils die einfache Grundrissklasse

G1	rechteckige Stützen	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9	E10	E11	E12	E13	E14	E15	E16	E17	E18	E19	Mittelwert	Min	Max	StAbW	Varianz
Ein- und Ausschalen	Aufwandswert [Std/m ²]	0,50	0,60	0,55	0,55	0,50	0,55	0,55	0,50	0,55	0,45	0,45	0,45	0,50	0,40	0,60	0,50	0,60	0,90	0,35	0,529	0,35	0,90	0,109	0,012
G2	rechteckige Stützen	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9	E10	E11	E12	E13	E14	E15	E16	E17	E18	E19	Mittelwert	Min	Max	StAbW	Varianz
Ein- und Ausschalen	Aufwandswert [Std/m ²]	0,50	0,65	0,55	0,60	0,55	0,55	0,60	0,50	0,55	0,50	0,47	0,50	0,50	0,45	0,65	0,50	0,75	1,00	0,35	0,564	0,35	1,00	0,133	0,018

Stabdurchmesser 8

Grundrissform 1

kg/m ³ -E	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9	E10	E11	E12	E13	E14	E15	η_E	MW	StabW
BWg 50	24,88	30,00	25,00	24,90	25,00	40,00	23,00	18,00	12,00	15,00	15,00	10,00	10,00	10,00	14	20,199	8,876	
BWg 100	23,37	21,00	25,00	23,30	24,00	22,00	21,00	17,60	x	15,00	15,00	x	x	x	10	20,727	3,647	

Grundrissform 2

kg/m ³ -E	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9	E10	E11	E12	E13	E14	E15	η_E	MW	StabW
BWg 50	25,88	32,40	27,00	25,65	26,25	46,00	24,15	18,40	13,00	15,00	15,00	10,20	10,20	10,20	14	21,380	10,245	
BWg 100	24,30	22,68	27,00	24,00	25,20	25,30	22,05	18,00	x	15,00	15,00	x	x	x	10	21,853	4,342	

Für die Mittelwerte von „0S“ und „0B“ ergeben sich:

$$\bar{y}_{0B,D8,50,100} = 20,998, \bar{y}_{0S,re} = 0,547$$

Ermittlung der erforderlichen Größen

und für die Standardabweichung $s_{y0,SB,D8,50,100}$ aller Aufwandswerte

$$s_{y0,SB,D8,50,100} = 11,6663.$$

Anzahl an Aufwandswerten für „0S“: $n_{0S,re} = 2 \times 19 = 38$

Anzahl an Aufwandswerten für „0B“ bei BWg 50 u. 100:

$$n_{0B,D8,50,100} = 2 \times 14 + 2 \times 10 = 48$$

Gesamtanzahl an Aufwandswerten: $n_{0,SB,re,D8,50,100} = n_{0S,re} + n_{0B,D8,50,100}$

$$n_{0,SB,re,D8,50,100} = 38 + 48 = 86$$



Damit ergibt sich für die punktbiseriale Korrelation:

Ergebnis der
punktbiserialen Korrelation

$$r_{pb_{0,SB,re,D8,50,100}} = \frac{\bar{y}_{0B,D8,50,100} - \bar{y}_{0S,re}}{s_{y_{0,S,re,B,D8,50,100}}} \cdot \sqrt{\frac{n_{0S,re} \cdot n_{0B,D8,50,100}}{n_{0,SB,re,D8,50,100} \cdot (n_{0,SB,re,D8,50,100} - 1)}} =$$

$$r_{pb_{0,SB,re,D8,50,100}} = \frac{20,998 - 0,547}{11,6663} \cdot \sqrt{\frac{38 \cdot 48}{86 \cdot (86 - 1)}}$$

$$r_{pb_{0,SB,re,D8,50,100}} = 0,88.$$

Die Testgröße $t_{0,SB,re,D8,50,100}$ wird nach Gleichung 63 berechnet und ist t-verteilt mit $n - 2 = 86 - 2 = 84$ Freiheitsgraden

Testen des Ergebnisses

$$t_{0,SB,re,D8,50,100} = \frac{r_{pb_{0,SB,re,D8,50,100}} \cdot \sqrt{n_{0,SB,re,D8,50,100} - 2}}{\sqrt{1 - r_{pb_{0,SB,re,D8,50,100}}^2}} = \frac{0,88 \cdot \sqrt{86 - 2}}{\sqrt{1 - 0,88^2}}$$

$$t_{0,SB,re,D8,50,100} = 16,620.$$

Für ein Signifikanzniveau von $\alpha = 0,01$ lautet der kritische t-Wert gemäß der Tabelle im Anhang A.1.2

$$t_{0,995}(84) = 2,636.$$

Da gilt:

$$t_{0,995}(84) = 2,636 < t_{0,SB,re,D8,50,100} = 16,620$$

liegt ein signifikantes Ergebnis vor.

Somit ist der Zusammenhang zwischen den Aufwandswerten für Deckenschalarbeiten bei rechteckigen Stützen und den Aufwandswerten für Bewehrungsarbeiten für den Stabstahl $\varnothing 8$ bei Bewehrungsgrad 50 und 100 für jeweils die einfache Grundrissklasse nach *Chau* stark positiv.

In den folgenden Tabellen sind die übrigen punktbiserialen Korrelationen zuerst bei rechteckigen und dann bei runden Stützen dargestellt.

Ergebnisse der
Berechnungen der übrigen
punktbiserialen
Korrelationen



Tabelle 4.25: Korrelationen zwischen den Aufwandswerten für Deckenschalarbeiten bei rechteckigen Stützen und den Aufwandswerten für Bewehrungsarbeiten bei unterschiedlichen Bewehrungsgraden für die einzelnen Grundrissklassen, getrennt nach Stab- und Mattenstählen

rechteckige Stützen		D 8	Kat. nach Chau	D 10	Kat. nach Chau	D 12	Kat. nach Chau	D 14	Kat. nach Chau	D 16	Kat. nach Chau	D 20	Kat. nach Chau	D 26	Kat. nach Chau	D 30	Kat. nach Chau	D 32	Kat. nach Chau	D 36	Kat. nach Chau	D 40	Kat. nach Chau
BWg 50+100	K _{0B} vs. K _{0S}	0,88	st. p.	0,87	st. p.	0,88	st. p.	0,92	st. p.	0,93	st. p.	0,93	st. p.	0,92	st. p.	0,83	st. p.	1,00	st. p.	0,96	st. p.	0,97	st. p.
	K _{1B} vs. K _{1S}	0,85	st. p.	0,84	st. p.	0,87	st. p.	0,90	st. p.	0,92	st. p.	0,94	st. p.	0,94	st. p.	0,95	st. p.	1,00	st. p.	0,96	st. p.	0,97	st. p.
	K _{2B} vs. K _{2S}	0,77	st. p.	0,77	st. p.	0,78	st. p.	0,85	st. p.	0,86	st. p.	0,93	st. p.	0,92	st. p.	0,93	st. p.	1,00	st. p.	0,93	st. p.	0,94	st. p.
BWg 150+200	K _{0B} vs. K _{0S}	0,95	st. p.	0,96	st. p.	0,92	st. p.	0,92	st. p.	0,88	st. p.	0,88	st. p.	0,89	st. p.	0,83	st. p.	0,97	st. p.	0,97	st. p.	0,96	st. p.
	K _{1B} vs. K _{1S}	0,91	st. p.	0,96	st. p.	0,94	st. p.	0,95	st. p.	0,91	st. p.	0,90	st. p.	0,93	st. p.	0,87	st. p.	0,90	st. p.	0,97	st. p.	0,95	st. p.
	K _{2B} vs. K _{2S}	0,93	st. p.	0,96	st. p.	0,90	st. p.	0,91	st. p.	0,84	st. p.	0,85	st. p.	0,89	st. p.	0,81	st. p.	0,97	st. p.	0,94	st. p.	0,90	st. p.
BWg 250+300	K _{0B} vs. K _{0S}	0,92	st. p.	0,93	st. p.	0,95	st. p.	0,92	st. p.	0,93	st. p.	0,82	st. p.	0,77	st. p.	0,76	st. p.	0,97	st. p.	0,78	st. p.	0,85	st. p.
	K _{1B} vs. K _{1S}	0,91	st. p.	0,93	st. p.	0,87	st. p.	0,92	st. p.	0,93	st. p.	0,82	st. p.	0,78	st. p.	0,76	st. p.	0,98	st. p.	0,78	st. p.	0,85	st. p.
	K _{2B} vs. K _{2S}	0,89	st. p.	0,91	st. p.	0,93	st. p.	0,92	st. p.	0,94	st. p.	0,81	st. p.	0,74	st. p.	0,72	st. p.	0,97	st. p.	0,73	st. p.	0,85	st. p.

rechteckige Stützen		AQ 42	Kat. nach Chau	AQ 50	Kat. nach Chau	AQ 55	Kat. nach Chau	AQ 60	Kat. nach Chau	AQ 65	Kat. nach Chau	AQ 70	Kat. nach Chau	AQ 76	Kat. nach Chau	AQ 82	Kat. nach Chau	AQ 90	Kat. nach Chau	AQ 100	Kat. nach Chau
BWg 50+100	K _{0B} vs. K _{0S}	0,88	st. p.	0,80	st. p.	0,86	st. p.	0,79	st. p.	0,90	st. p.	0,88	st. p.	0,90	st. p.	0,90	st. p.	0,90	st. p.	0,93	st. p.
	K _{1B} vs. K _{1S}	0,89	st. p.	0,82	st. p.	0,87	st. p.	0,80	st. p.	0,90	st. p.	0,91	st. p.	0,89	st. p.	0,90	st. p.	0,89	st. p.	0,98	st. p.
	K _{2B} vs. K _{2S}	0,86	st. p.	0,80	st. p.	0,87	st. p.	0,76	st. p.	0,89	st. p.	0,85	st. p.	0,85	st. p.	0,85	st. p.	0,96	st. p.	0,92	st. p.
BWg 150+200	K _{0B} vs. K _{0S}	0,94	st. p.	0,85	st. p.	0,85	st. p.	0,88	st. p.	0,90	st. p.	0,78	st. p.	0,79	st. p.	0,79	st. p.	0,90	st. p.	0,98	st. p.
	K _{1B} vs. K _{1S}	0,95	st. p.	0,86	st. p.	0,87	st. p.	0,90	st. p.	0,92	st. p.	0,79	st. p.	0,79	st. p.	0,78	st. p.	0,98	st. p.	0,97	st. p.
	K _{2B} vs. K _{2S}	0,95	st. p.	0,87	st. p.	0,87	st. p.	0,90	st. p.	0,91	st. p.	0,74	st. p.	0,75	st. p.	0,73	st. p.	0,98	st. p.	0,97	st. p.
BWg 250+300	K _{0B} vs. K _{0S}	0,99	st. p.	0,91	st. p.	0,94	st. p.	0,81	st. p.	0,71	st. p.	0,66	m. p.	0,77	st. p.						
	K _{1B} vs. K _{1S}	0,99	st. p.	0,92	st. p.	0,94	st. p.	0,81	st. p.	0,71	st. p.	0,68	m. p.	0,77	st. p.						
	K _{2B} vs. K _{2S}	0,98	st. p.	0,92	st. p.	0,93	st. p.	0,93	st. p.	0,92	st. p.	0,94	st. p.	0,78	st. p.	0,68	m. p.	0,64	m. p.	0,74	st. p.

K_{0B} Grundrissklasse 0 - Bewehrungsarbeiten K_{0S} Grundrissklasse 0 - Deckenschalarbeiten m. p. mittel positiv
 K_{1B} Grundrissklasse 1 - Bewehrungsarbeiten K_{1S} Grundrissklasse 1 - Deckenschalarbeiten st. p. stark positiv
 K_{2B} Grundrissklasse 2 - Bewehrungsarbeiten K_{2S} Grundrissklasse 2 - Deckenschalarbeiten

Mittlere punktbiseriale Korrelation bei rechteckigen Stützen:

Stabstahl: $r_{pb_{mS,SB, re}} = 0,90$

Mattenstahl: $r_{pb_{mM,SB, re}} = 0,87$

Tabelle 4.26: Korrelationen zwischen den Aufwandswerten für Deckenschalarbeiten bei runden Stützen und den Aufwandswerten für Bewehrungsarbeiten bei unterschiedlichen Bewehrungsgraden für die einzelnen Grundrissklassen, getrennt nach Stab- und Mattenstählen

runde Stützen		D 8	Kat. nach Chau	D 10	Kat. nach Chau	D 12	Kat. nach Chau	D 14	Kat. nach Chau	D 16	Kat. nach Chau	D 20	Kat. nach Chau	D 26	Kat. nach Chau	D 30	Kat. nach Chau	D 32	Kat. nach Chau	D 36	Kat. nach Chau	D 40	Kat. nach Chau
BWg 50+100	K _{0B} vs. K _{0S}	0,88	st. p.	0,87	st. p.	0,88	st. p.	0,92	st. p.	0,93	st. p.	0,93	st. p.	0,92	st. p.	0,83	st. p.	1,00	st. p.	0,96	st. p.	0,97	st. p.
	K _{1B} vs. K _{1S}	0,85	st. p.	0,84	st. p.	0,87	st. p.	0,90	st. p.	0,92	st. p.	0,94	st. p.	0,94	st. p.	0,95	st. p.	1,00	st. p.	0,96	st. p.	0,97	st. p.
	K _{2B} vs. K _{2S}	0,77	st. p.	0,77	st. p.	0,78	st. p.	0,85	st. p.	0,86	st. p.	0,93	st. p.	0,92	st. p.	0,93	st. p.	1,00	st. p.	0,93	st. p.	0,94	st. p.
BWg 150+200	K _{0B} vs. K _{0S}	0,95	st. p.	0,96	st. p.	0,92	st. p.	0,92	st. p.	0,88	st. p.	0,88	st. p.	0,89	st. p.	0,83	st. p.	0,97	st. p.	0,97	st. p.	0,96	st. p.
	K _{1B} vs. K _{1S}	0,94	st. p.	0,96	st. p.	0,92	st. p.	0,93	st. p.	0,89	st. p.	0,88	st. p.	0,91	st. p.	0,86	st. p.	0,98	st. p.	0,97	st. p.	0,95	st. p.
	K _{2B} vs. K _{2S}	0,93	st. p.	0,95	st. p.	0,90	st. p.	0,91	st. p.	0,84	st. p.	0,85	st. p.	0,88	st. p.	0,81	st. p.	0,97	st. p.	0,93	st. p.	0,90	st. p.
BWg 250+300	K _{0B} vs. K _{0S}	0,92	st. p.	0,93	st. p.	0,95	st. p.	0,92	st. p.	0,93	st. p.	0,82	st. p.	0,77	st. p.	0,75	st. p.	0,97	st. p.	0,78	st. p.	0,85	st. p.
	K _{1B} vs. K _{1S}	0,91	st. p.	0,93	st. p.	0,87	st. p.	0,92	st. p.	0,93	st. p.	0,82	st. p.	0,77	st. p.	0,76	st. p.	0,98	st. p.	0,77	st. p.	0,85	st. p.
	K _{2B} vs. K _{2S}	0,89	st. p.	0,91	st. p.	0,93	st. p.	0,92	st. p.	0,94	st. p.	0,80	st. p.	0,74	st. p.	0,72	st. p.	0,97	st. p.	0,73	st. p.	0,85	st. p.

runde Stützen		AQ 42	Kat. nach Chau	AQ 50	Kat. nach Chau	AQ 55	Kat. nach Chau	AQ 60	Kat. nach Chau	AQ 65	Kat. nach Chau	AQ 70	Kat. nach Chau	AQ 76	Kat. nach Chau	AQ 82	Kat. nach Chau	AQ 90	Kat. nach Chau	AQ 100	Kat. nach Chau
BWg 50+100	K _{0B} vs. K _{0S}	0,88	st. p.	0,80	st. p.	0,86	st. p.	0,79	st. p.	0,90	st. p.	0,87	st. p.	0,90	st. p.	0,90	st. p.	0,90	st. p.	0,93	st. p.
	K _{1B} vs. K _{1S}	0,89	st. p.	0,82	st. p.	0,87	st. p.	0,80	st. p.	0,91	st. p.	0,88	st. p.	0,90	st. p.	0,89	st. p.	0,98	st. p.	0,93	st. p.
	K _{2B} vs. K _{2S}	0,86	st. p.	0,80	st. p.	0,87	st. p.	0,76	st. p.	0,89	st. p.	0,85	st. p.	0,85	st. p.	0,85	st. p.	0,96	st. p.	0,92	st. p.
BWg 150+200	K _{0B} vs. K _{0S}	0,94	st. p.	0,85	st. p.	0,85	st. p.	0,88	st. p.	0,90	st. p.	0,78	st. p.	0,79	st. p.	0,78	st. p.	0,90	st. p.	0,98	st. p.
	K _{1B} vs. K _{1S}	0,95	st. p.	0,86	st. p.	0,87	st. p.	0,90	st. p.	0,92	st. p.	0,79	st. p.	0,79	st. p.	0,78	st. p.	0,98	st. p.	0,97	st. p.
	K _{2B} vs. K _{2S}	0,95	st. p.	0,87	st. p.	0,87	st. p.	0,90	st. p.	0,91	st. p.	0,74	st. p.	0,74	st. p.	0,73	st. p.	0,98	st. p.	0,97	st. p.
BWg 250+300	K _{0B} vs. K _{0S}	0,99	st. p.	0,91	st. p.	0,94	st. p.	0,81	st. p.	0,71	st. p.	0,66	m. p.	0,76	st. p.						
	K _{1B} vs. K _{1S}	0,99	st. p.	0,92	st. p.	0,94	st. p.	0,81	st. p.	0,71	st. p.	0,68	m. p.	0,77	st. p.						
	K _{2B} vs. K _{2S}	0,98	st. p.	0,92	st. p.	0,93	st. p.	0,93	st. p.	0,92	st. p.	0,94	st. p.	0,78	st. p.	0,67	st. p.	0,64	m. p.	0,74	st. p.

K_{0B} Grundrissklasse 0 - Bewehrungsarbeiten K_{0S} Grundrissklasse 0 - Deckenschalarbeiten m. p. mittel positiv
 K_{1B} Grundrissklasse 1 - Bewehrungsarbeiten K_{1S} Grundrissklasse 1 - Deckenschalarbeiten st. p. stark positiv
 K_{2B} Grundrissklasse 2 - Bewehrungsarbeiten K_{2S} Grundrissklasse 2 - Deckenschalarbeiten



Mittlere punktbiseriale Korrelation bei runden Stützen:

Stabstahl: $r_{pb_{mS,SB,ru}} = 0,89$

Mattenstahl: $r_{pb_{mM,SB,ru}} = 0,86$

Beim Vergleich der beiden Tabellen fällt auf, dass sich die Zusammenhangsstärken zwischen den identen Grundrissklassen und Bewehrungsgraden bei rechteckigen und runden Stützen kaum unterscheiden.

Außerdem liegen in beiden Fällen, bis auf vier Ausnahmen, nach *Chau* stark positive Zusammenhänge vor. Die Ergebnisse bestätigen somit die Vermutung, dass zwischen den Aufwandswerten für das Bewehren und den Aufwandswerten für das Schalen starke Zusammenhänge bestehen. Es gilt daher, je niedriger die Aufwandswerte für das Schalen sind, desto geringer sind auch die Aufwandswerte für das Bewehren und umgekehrt.

Für die Berechnung des Gesamt-Aufwandswertes kann aufgrund der vorliegenden Ergebnisse künftig eine Korrelation zwischen den Aufwandswerten für das Bewehren und den Aufwandswerten für das Schalen von ca. 0,89 bei Stabstählen und ca. 0,86 bei Mattenstählen unabhängig von der Komplexität der Grundrissform angesetzt werden.

Interpretation der
Ergebnisse

5 Zusammenfassung

Die vorliegende Masterarbeit befasste sich mit den mathematischen Grundlagen zur Berechnung von Korrelationen, den speziellen zur Verfügung stehenden Korrelationskoeffizienten zur Bestimmung von Zusammenhangsstärken, der Erarbeitung vermutlicher Abhängigkeiten bei der Ermittlung der Herstellkosten bei Stahlbetonarbeiten (getrennt nach Grob- und Detailkalkulation) und der Berechnung von Korrelationen zwischen Aufwandswerten für Schal- und Bewehrungsarbeiten.

Zu Beginn des ersten Kapitels „Mathematische Grundlagen“ wurden jene vier Skalenniveaus erläutert, denen Merkmale zugeordnet werden können. So konnte festgestellt werden, dass es Merkmale gibt, die zwar mittels Zahlenwerten kategorisiert (codiert) werden können, deren Codierung aber durch den zugeordneten Skalenwert nicht mit der quantitativen Merkmalsausprägung verbunden ist. Diese Merkmale, wie beispielsweise die Bewehrungswahl (Stab- oder Mattenstahl) gehören der niedrigsten Stufe des Messens, nämlich der Nominalskala, an. Die Skalenwerte (Codierungen) dienen hierbei also nur dem Zweck der Unterscheidung der Kategorien. Bei der höchsten Stufe des Messens, Messen auf dem Niveau einer Verhältnisskala, kommt den Skalenwerten hingegen eine große Bedeutung zu. Merkmale, die mittels der Verhältnisskala gemessen werden, besitzen einen absoluten Nullpunkt und der Abstand zweier aufeinanderfolgender Skalenwerte ist sinnvoll interpretierbar. Es sind demnach Aussagen über Größenverhältnisse möglich. Typische Beispiele für Verhältnisskalen sind die klassischen physikalischen Größen (Länge, Gewicht...). Die ebenfalls behandelte Ordinal- und Intervallskala stellen Zwischenstufen des Messens dar. In der folgenden Tabelle sind die vier Skalentypen inklusive der mit ihnen möglichen Aussagen und dazugehörigen Beispielen nochmals dargestellt.

Außerdem wurden in diesem Kapitel wichtige Begriffe, statistische Kennwerte, grafische Darstellungsmethoden von Merkmalsverteilungen, die wichtigsten Wahrscheinlichkeitsverteilungen und die Vorgangsweise beim Testen von Hypothesen erläutert.

Die große Bedeutung der Zuordenbarkeit der Merkmale in die Skalenniveaus wurde im zweiten Kapitel „Korrelationen“ erkennbar, da die zugrunde liegenden Skalenniveaus der zu vergleichenden Merkmale ausschlaggebend für die Wahl des Korrelationskoeffizienten r sind. Der bekannteste Korrelationskoeffizient ist der klassische Korrelationskoeffizient, auch Produkt-Moment-Korrelation genannt. Mit Hilfe der Produkt-Moment-Korrelation kann die Stärke zwischen zwei intervallskalierten (oder verhältnisskalierten) Merkmalen berechnet werden.

Tabelle 5.1: Gegenüberstellung der vier wichtigsten Skalentypen¹⁶¹

Skalenart	Mögliche Aussagen	Beispiele
1. Nominalskala	Gleichheit Verschiedenheit	Stabstahl – Mattenstahl Schalungssysteme
2. Ordinalskala	Größer-kleiner- Relationen	Komplexität eines Gebäudes
3. Intervallskala	Gleichheit von Differenzen	Temperatur
4. Verhältnisskala	Gleichheit von Verhältnissen	Längenmessung Gewichtsmessung

Neben dem klassischen Korrelationskoeffizienten wurden auch die Definitionen, Berechnungsgleichungen und Einsatzgebiete der weiteren speziellen Korrelationskoeffizienten – punktbiseriale Korrelation, Rangkorrelation, biseriale Rangkorrelation und Φ -Koeffizient – erörtert. Eine weitere wichtige Korrelation stellte die partielle Korrelation dar. Diese gibt die Stärke des linearen Zusammenhangs zwischen zwei Merkmalen an, die vom Einfluss weiterer Größen befreit sind. Ihr Einsatzgebiet umfasst demnach die Bestimmung der Enge des linearen Zusammenhangs zwischen zwei Merkmalen, die von weiteren Variablen beeinflusst werden.

Im dritten Kapitel „Korrelationen bei der Ermittlung der Herstellkosten bei Stahlbetonarbeiten“ wurde zunächst auf die Berechnungsgleichungen für die Ermittlung der Baukosten für Stahlbetonarbeiten – getrennt nach Grob- und Detailkalkulation – sowie auf Kostentoleranzen und die verschiedenen Kostenermittlungsverfahren eingegangen. Im Anschluss daran folgten Einschätzungen über mögliche Korrelationen zwischen den Eingangsparametern zur Ermittlung der Baukosten bei Stahlbetonarbeiten. Wie die einzelnen Tabellen in diesem Kapitel zeigten, werden sehr viele Abhängigkeiten zwischen den einzelnen Parametern, sowohl für die Grob- als auch für die Detailkalkulation, vermutet. Dabei handelt es sich fast ausschließlich um positive Korrelationen. Es wird weiters davon ausgegangen, dass die Komplexität des Bauwerks positiv mit den einzelnen Eingangsparametern korreliert. Außerdem werden Zusammenhänge zwischen den Berechnungsgrößen zur Ermittlung des Gesamt-Aufwandswertes erwartet, wie beispielsweise zwischen den Aufwandswerten für das Schalen, Bewehren und Betonieren, zwischen dem Schalungsgrad und den einzelnen Aufwandswerten und zwischen dem Bewehrungsgrad und dem Aufwandswert für das Bewehren.

¹⁶¹ Vgl. BORTZ, J.; SCHUSTER, C.: Statistik für Human- und Sozialwissenschaftler - 7. Auflage. S. 15

Leider musste in diesem Kapitel auch festgestellt werden, dass in der Literatur nur sehr wenige und allgemeine Angaben über Korrelationen bei der Ermittlung von Baukosten allgemein und speziell bei der Ermittlung der Baukosten bei Stahlbetonarbeiten zu finden sind. *Chau* ist dabei einer von wenigen Autoren, die sich bisher mit Korrelationen auseinandergesetzt haben. Unter anderem schlug er vor, die Korrelationen in folgende Kategorien einzuteilen.

Tabelle 5.2: Einteilung der Korrelationen in Kategorien nach *Chau*¹⁶²

Koeffizienten-Intervall	Kategorie	Mittelwert des Koeffizienten-Intervalls
(-1,0 - -0,7]	stark negativ	-0,85
(-0,7 - -0,4]	mittel negativ	-0,55
(-0,4 - -0,1]	schwach negativ	-0,25
(-0,1 - +0,1)	unabhängig	0
[+0,1 - +0,4)	schwach positiv	+0,25
[+0,4 - +0,7)	mittel positiv	+0,55
[+0,7 - +1,0)	stark positiv	+0,85

Da aufgrund der mangelnden Informationen nur Vermutungen über Abhängigkeiten zwischen den einzelnen Parametern zur Ermittlung der Baukosten bei Stahlbetonarbeiten aufgestellt werden konnten, wurden im letzten Kapitel Korrelationen zwischen aus Expertenbefragungen (durchgeführt von *Hofstadler* an der Technischen Universität) vorliegenden Daten über Aufwandswerte zu Deckenschal- und Bewehrungsarbeiten berechnet. Die Ergebnisse wurden den von *Chau* vorgeschlagenen Kategorien zugeteilt.

Die Ergebnisse dieser Berechnungen zeigten, dass

- zwischen den Aufwandswerten für das Ein- und Ausschalen der von rechteckigen (runden) Stützen getragenen Decken der Grundrissklassen K_0 und K_1 ein schwach positiver ($r = 0,36$) und der Grundrissklassen K_0 und K_2 ($r = 0,63$) bzw. K_1 und K_2 ($r = 0,44$) ein mittel positiver Zusammenhang herrscht,
- zwischen den Aufwandswerten für Deckenschalarbeiten bei rechteckigen Stützen und den Aufwandswerten bei runden Stützen für alle drei Grundrissklassen ein stark positiver Zusammenhang besteht. Aus den Berechnungen mittels der Rangkorrelation ergibt sich eine mittlere Korrelation von ca. 0,90,

¹⁶² Vgl. CHAU, K. W.: Monte Carlo simulation of construction costs using subjective data. In: Construction Management and Economics 09/1995. S. 381

- zwischen den Aufwandswerten für Bewehrungsarbeiten unterschiedlicher Grundrissklassen und Bewehrungsgraden sowohl für die Stab- als auch für die Mattenstähle in der Regel kein oder ein nur sehr schwach ausgeprägter Zusammenhang besteht. Dieser kann bei künftig durchgeführten Berechnungen vernachlässigt werden,
- zwischen den Aufwandswerten für Bewehrungsarbeiten derselben Grundrissklasse aber unterschiedlicher Bewehrungsgrade sowohl für die Stab- als auch für die Mattenstähle keine allgemein gültige Aussage über die Zusammenhangsstärke getroffen werden kann. Für große Stab- ($> \varnothing 26$) und Mattenstahldurchmesser ($> A_Q 82$) bestehen keine Zusammenhänge. Ebenfalls unabhängig sind die Aufwandswerte für das Bewehren bei BWg 50 und BWg 150 für alle Stab- und Mattenstähle und alle Grundrissklassen. Die restlichen berechneten Korrelationen sind entweder schwach, mittel oder stark positiv ausgeprägt.

Es besteht daher nicht wie erwartet ein allgemein gültiger positiver Zusammenhang zwischen dem Aufwandswert für das Bewehren und dem Bewehrungsgrad. Daher muss explizit für die zu vergleichenden Größen in der Tabelle 4.22 nachgeschaut werden, ob es eine Abhängigkeit gibt und wie stark diese ist,

- zwischen den Aufwandswerten für das Schalen und den Aufwandswerten für das Bewehren bis auf einzelne Ausnahmen stark positive Zusammenhänge herrschen.

Dieses Ergebnis bestätigt die im vorigen Kapitel aufgestellte Vermutung. Für die Berechnung des Gesamt-Aufwandswertes kann daher künftig eine Korrelation zwischen den Aufwandswerten für das Bewehren und den Aufwandswerten für das Schalen von ca. 0,89 bei Stabstählen und ca. 0,86 bei Mattenstählen unabhängig von der Komplexität der Grundrissform angesetzt werden.

Alles in allem kann festgehalten werden, dass sich ein Großteil der zuvor vermuteten Abhängigkeiten im Zuge der Berechnungen bestätigt hat. Allerdings wurde auch nur ein sehr kleiner Bruchteil der zuvor aufgestellten vermuteten Abhängigkeiten nachgerechnet.

6 Ausblick

Die Kenntnis über Korrelationen zwischen den einzelnen Parametern bei Ermittlung der Baukosten gewinnt immer mehr an Bedeutung, da bei den in jüngster Zeit immer häufiger eingesetzten Berechnungsmethoden, wie beispielsweise bei der Monte-Carlo-Methode, Unsicherheiten und Zusammenhangsstärken berücksichtigt werden können.

Speziell für die Berechnung der Baukosten bei Stahlbetonarbeiten wurden in der vorliegenden Masterarbeit Vermutungen über Abhängigkeiten zwischen den einzelnen Eingangsgrößen der Berechnungsgleichungen aufgestellt. Leider war es aufgrund des zur Verfügung stehenden Datenmaterials nicht möglich, diese Vermutungen durch Berechnung der einzelnen Korrelationen zu bestätigen oder zu widerlegen. Es konnte nur ein sehr geringer Bruchteil verifiziert werden.

Das Ziel weiterführender Untersuchungen sollte daher sein, die Korrelationen für die aufgestellten Abhängigkeiten zu ermitteln und Vorschläge über Zusammenhangsstärken zu liefern, die dann als Grundlagen für weitere Berechnungen dienen. Die für die Berechnungen der Korrelationen notwendigen Daten könnten beispielsweise bereits abgeschlossenen Projekten entnommen werden. Dabei wäre es von Vorteil, wenn es sich um Gebäude unterschiedlicher Art und mit differierendem Bauvolumen handeln würde. Dadurch könnten nämlich Aussagen getroffen werden, ob die Korrelationen zwischen den einzelnen Parametern auch von anderen Faktoren, wie beispielsweise Lage oder Größe des Bauwerks abhängen.

In weiterer Folge sollte auch geprüft werden, ob es Zusammenhänge zwischen der Bauzeit und den Baukosten gibt und wie stark diese sind.

Auch wenn eine „exakte“ Ermittlung der Baukosten weiterhin nicht möglich ist, könnte künftig eine genauere Abschätzung der tatsächlichen Kosten bei gleichzeitiger Verringerung der Streuung durch die Einbeziehung sinnvoller Korrelationen in die Ermittlung der Baukosten erreicht werden.

A.1 Tabellenwerte der χ^2 - und t- Verteilung

In Anlehnung an *Bortz, Schuster*¹⁶³

A.1.1 Tabellenwerte der Chi-Quadrat-Verteilung

Freiheits- grade n	Perzentile der Chi-Quadrat-Verteilung				
	0,995	0,99	0,975	0,95	0,9
1	7,879	6,635	5,024	3,841	2,706
2	10,597	9,210	7,378	5,991	4,605
3	12,838	11,345	9,348	7,815	6,251
4	14,860	13,277	11,143	9,488	7,779
5	16,750	15,086	12,833	11,070	9,236
6	18,548	16,812	14,449	12,592	10,645
7	20,278	18,475	16,013	14,067	12,017
8	21,955	20,090	17,535	15,507	13,362
9	23,589	21,666	19,023	16,919	14,684
10	25,188	23,209	20,483	18,307	15,987
11	26,757	24,725	21,920	19,675	17,275
12	28,300	26,217	23,337	21,026	18,549
13	29,819	27,688	24,736	22,362	19,812
14	31,319	29,141	26,119	23,685	21,064
15	32,801	30,578	27,488	24,996	22,307
16	34,267	32,000	28,845	26,296	23,542
17	35,718	33,409	30,191	27,587	24,769
18	37,156	34,805	31,526	28,869	25,989
19	38,582	36,191	32,852	30,144	27,204
20	39,997	37,566	34,170	31,410	28,412
21	41,401	38,932	35,479	32,671	29,615
22	42,796	40,289	36,781	33,924	30,813
23	44,181	41,638	38,076	35,172	32,007
24	45,559	42,980	39,364	36,415	33,196
25	46,928	44,314	40,646	37,652	34,382
26	48,290	45,642	41,923	38,885	35,563
27	49,645	46,963	43,195	40,113	36,741
28	50,993	48,278	44,461	41,337	37,916
29	52,336	49,588	45,722	42,557	39,087
30	53,672	50,892	46,979	43,773	40,256
34	58,964	56,061	51,966	48,602	44,903
40	66,766	63,691	59,342	55,758	51,805
50	79,490	76,154	71,420	67,505	63,167
52	82,001	78,616	73,810	69,832	65,422
60	91,952	88,379	83,298	79,082	74,397
68	101,776	98,028	92,689	88,250	83,308
70	104,215	100,425	95,023	90,531	85,527
74	109,074	105,202	99,678	95,081	89,956
80	116,321	112,329	106,629	101,879	96,578
88	125,913	121,767	115,841	110,898	105,372
90	128,299	124,116	118,136	113,145	107,565
93	131,871	127,633	121,571	116,511	110,850
100	140,169	135,807	129,561	124,342	118,498

¹⁶³ BORTZ, J.; SCHUSTER, C.: Statistik für Human- und Sozialwissenschaftler - 7. Auflage. S. 588 ff

A.1.2 Tabellenwerte der t-Verteilung¹⁶⁴

Freiheits- grade n	Perzentile der t-Verteilung				
	0,995	0,99	0,975	0,95	0,9
1	63,657	31,821	12,706	6,314	3,078
2	9,925	6,965	4,303	2,920	1,886
3	5,841	4,541	3,182	2,353	1,638
4	4,604	3,747	2,776	2,132	1,533
5	4,032	3,365	2,571	2,015	1,476
6	3,707	3,143	2,447	1,943	1,440
7	3,499	2,998	2,365	1,895	1,415
8	3,355	2,896	2,306	1,860	1,397
9	3,250	2,821	2,262	1,833	1,383
10	3,169	2,764	2,228	1,812	1,372
11	3,106	2,718	2,201	1,796	1,363
12	3,055	2,681	2,179	1,782	1,356
13	3,012	2,650	2,160	1,771	1,350
14	2,977	2,624	2,145	1,761	1,345
15	2,947	2,602	2,131	1,753	1,341
16	2,921	2,583	2,120	1,746	1,337
17	2,898	2,567	2,110	1,740	1,333
18	2,878	2,552	2,101	1,734	1,330
19	2,861	2,539	2,093	1,729	1,328
20	2,845	2,528	2,086	1,725	1,325
21	2,831	2,518	2,080	1,721	1,323
22	2,819	2,508	2,074	1,717	1,321
23	2,807	2,500	2,069	1,714	1,319
24	2,797	2,492	2,064	1,711	1,318
25	2,787	2,485	2,060	1,708	1,316
26	2,779	2,479	2,056	1,706	1,315
27	2,771	2,473	2,052	1,703	1,314
28	2,763	2,467	2,048	1,701	1,313
29	2,756	2,462	2,045	1,699	1,311
30	2,750	2,457	2,042	1,697	1,310
36	2,719	2,434	2,028	1,688	1,306
40	2,704	2,423	2,021	1,684	1,303
50	2,678	2,403	2,009	1,676	1,299
55	2,668	2,396	2,004	1,673	1,297
60	2,660	2,390	2,000	1,671	1,296
68	2,650	2,382	1,995	1,668	1,294
70	2,648	2,381	1,994	1,667	1,294
74	2,644	2,378	1,993	1,666	1,293
80	2,639	2,374	1,990	1,664	1,292
84	2,636	2,372	1,989	1,663	1,292
88	2,633	2,369	1,987	1,662	1,291
90	2,632	2,368	1,987	1,662	1,291
93	2,630	2,367	1,986	1,661	1,291
100	2,626	2,364	1,984	1,660	1,290
200	2,601	2,345	1,972	1,653	1,286
300	2,592	2,339	1,968	1,650	1,284
400	2,588	2,336	1,966	1,649	1,284
500	2,586	2,334	1,965	1,648	1,283
600	2,584	2,333	1,964	1,647	1,283
1000	2,581	2,330	1,962	1,646	1,282

¹⁶⁴ Vgl. KREMPL, S.: Regressionsmethoden und Anwendungen. Diplomarbeit. S. 92

A.2 Tabelle der Fisher Z-Werte

In Anlehnung an *Bortz, Schuster*¹⁶⁵

r	Z	r	Z	r	Z	r	Z	r	Z
0,000	0,000	0,200	0,203	0,400	0,424	0,600	0,693	0,800	1,099
0,005	0,005	0,205	0,208	0,405	0,430	0,605	0,701	0,805	1,113
0,010	0,010	0,210	0,213	0,410	0,436	0,610	0,709	0,810	1,127
0,015	0,015	0,215	0,218	0,415	0,442	0,615	0,717	0,815	1,142
0,020	0,020	0,220	0,224	0,420	0,448	0,620	0,725	0,820	1,157
0,025	0,025	0,225	0,229	0,425	0,454	0,625	0,733	0,825	1,172
0,030	0,030	0,230	0,234	0,430	0,460	0,630	0,741	0,830	1,188
0,035	0,035	0,235	0,239	0,435	0,466	0,635	0,750	0,835	1,204
0,040	0,040	0,240	0,245	0,440	0,472	0,640	0,758	0,840	1,221
0,045	0,045	0,245	0,250	0,445	0,478	0,645	0,767	0,845	1,238
0,050	0,050	0,250	0,255	0,450	0,485	0,650	0,775	0,850	1,256
0,055	0,055	0,255	0,261	0,455	0,491	0,655	0,784	0,855	1,274
0,060	0,060	0,260	0,266	0,460	0,497	0,660	0,793	0,860	1,293
0,065	0,065	0,265	0,271	0,465	0,504	0,665	0,802	0,865	1,313
0,070	0,070	0,270	0,277	0,470	0,510	0,670	0,811	0,870	1,333
0,075	0,075	0,275	0,282	0,475	0,517	0,675	0,820	0,875	1,354
0,080	0,080	0,280	0,288	0,480	0,523	0,680	0,829	0,880	1,376
0,085	0,085	0,285	0,293	0,485	0,530	0,685	0,838	0,885	1,398
0,090	0,090	0,290	0,299	0,490	0,536	0,690	0,848	0,890	1,422
0,095	0,095	0,295	0,304	0,495	0,543	0,695	0,858	0,895	1,447
0,100	0,100	0,300	0,310	0,500	0,549	0,700	0,867	0,900	1,472
0,105	0,105	0,305	0,315	0,505	0,556	0,705	0,877	0,905	1,499
0,110	0,110	0,310	0,321	0,510	0,563	0,710	0,887	0,910	1,528
0,115	0,116	0,315	0,326	0,515	0,570	0,715	0,897	0,915	1,557
0,120	0,121	0,320	0,332	0,520	0,576	0,720	0,908	0,920	1,589
0,125	0,126	0,325	0,337	0,525	0,583	0,725	0,918	0,925	1,623
0,130	0,131	0,330	0,343	0,530	0,590	0,730	0,929	0,930	1,658
0,135	0,136	0,335	0,348	0,535	0,597	0,735	0,940	0,935	1,697
0,140	0,141	0,340	0,354	0,540	0,604	0,740	0,950	0,940	1,738
0,145	0,146	0,345	0,360	0,545	0,611	0,745	0,962	0,945	1,783
0,150	0,151	0,350	0,365	0,550	0,618	0,750	0,973	0,950	1,832
0,155	0,156	0,355	0,371	0,555	0,626	0,755	0,984	0,955	1,886
0,160	0,161	0,360	0,377	0,560	0,633	0,760	0,996	0,960	1,946
0,165	0,167	0,365	0,383	0,565	0,640	0,765	1,008	0,965	2,014
0,170	0,172	0,370	0,388	0,570	0,648	0,770	1,020	0,970	2,092
0,175	0,177	0,375	0,394	0,575	0,655	0,775	1,033	0,975	2,185
0,180	0,182	0,380	0,400	0,580	0,662	0,780	1,045	0,980	2,298
0,185	0,187	0,385	0,406	0,585	0,670	0,785	1,058	0,985	2,443
0,190	0,192	0,390	0,412	0,590	0,678	0,790	1,071	0,990	2,647
0,195	0,198	0,395	0,418	0,595	0,685	0,795	1,085	0,995	2,994

¹⁶⁵ BORTZ, J.; SCHUSTER, C.: Statistik für Human- und Sozialwissenschaftler - 7. Auflage. S. 601

A.3 Ausgewertete Daten der von Hofstadler durchgeführten Expertenbefragung für Bewehrungsarbeiten

A.3.1 Stabstahl ø 6

Stabdurchmesser 6

Grundrissform 1

kg/m³-E	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9	E10	E11	E12	E13	E14	E15	n _e	MW	StabW
BWg 50	x	50,00	x	x	x	54,00	x	x	x	x	x	x	x	x	x	2	52,000	2,828
BWg 100	x	30,00	x	x	x	30,00	x	x	x	x	x	x	x	x	x	2	30,000	0,000
BWg 150	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	0	x	x
BWg 200	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	0	x	x
BWg 250	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	0	x	x
BWg 300	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	0	x	x

Grundrissform 2

%																		
kg/m³-E	E1	1,04	1,08	x	1,03	1,05	1,15	1,05	x	x	x	x	1,02	1,02	1,02	n _e	MW	StabW
BWg 50	x	54,00	x	x	x	62,10	x	x	x	x	x	x	x	x	x	2	58,050	5,728
BWg 100	x	32,40	x	x	x	34,50	x	x	x	x	x	x	x	x	x	2	33,450	1,485
BWg 150	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	0	x	x
BWg 200	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	0	x	x
BWg 250	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	0	x	x
BWg 300	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	0	x	x

Grundrissform 3

%																		
kg/m³-E	E1	1,08	1,15	x	1,07	1,08	1,25	1,10	x	x	x	x	1,03	1,03	1,03	n _e	MW	StabW
BWg 50	x	57,50	x	x	x	67,50	x	x	x	x	x	x	x	x	x	2	62,500	7,071
BWg 100	x	34,50	x	x	x	37,50	x	x	x	x	x	x	x	x	x	2	36,000	2,121
BWg 150	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	0	x	x
BWg 200	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	0	x	x
BWg 250	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	0	x	x
BWg 300	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	0	x	x

Grundrissform 4

%																		
kg/m³-E	E1	1,10	1,15	x	1,09	1,11	1,30	1,10	x	x	x	x	1,08	1,08	1,08	n _e	MW	StabW
BWg 50	x	57,50	x	x	x	70,20	x	x	x	x	x	x	x	x	x	2	63,850	8,980
BWg 100	x	34,50	x	x	x	39,00	x	x	x	x	x	x	x	x	x	2	36,750	3,182
BWg 150	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	0	x	x
BWg 200	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	0	x	x
BWg 250	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	0	x	x
BWg 300	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	0	x	x

Grundrissform 5

%																		
kg/m³-E	E1	1,20	1,25	x	1,10	1,22	1,50	1,20	x	x	x	x	1,12	1,12	1,12	n _e	MW	StabW
BWg 50	x	62,50	x	x	x	81,00	x	x	x	x	x	x	x	x	x	2	71,750	13,081
BWg 100	x	37,50	x	x	x	45,00	x	x	x	x	x	x	x	x	x	2	41,250	5,303
BWg 150	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	0	x	x
BWg 200	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	0	x	x
BWg 250	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	0	x	x
BWg 300	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	0	x	x

Grundrissform 6

%																		
kg/m³-E	E1	1,20	1,28	x	1,20	1,24	1,70	1,30	x	x	x	x	1,15	1,15	1,15	n _e	MW	StabW
BWg 50	x	64,00	x	x	x	91,80	x	x	x	x	x	x	x	x	x	2	77,900	19,658
BWg 100	x	38,40	x	x	x	51,00	x	x	x	x	x	x	x	x	x	2	44,700	8,910
BWg 150	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	0	x	x
BWg 200	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	0	x	x
BWg 250	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	0	x	x
BWg 300	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	0	x	x

Grundrissform 7

%																		
kg/m³-E	E1	1,25	1,28	x	1,30	1,24	1,90	1,40	x	x	x	x	1,18	1,18	1,18	n _e	MW	StabW
BWg 50	x	64,00	x	x	x	102,60	x	x	x	x	x	x	x	x	x	2	83,300	27,294
BWg 100	x	38,40	x	x	x	57,00	x	x	x	x	x	x	x	x	x	2	47,700	13,152
BWg 150	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	0	x	x
BWg 200	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	0	x	x
BWg 250	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	0	x	x
BWg 300	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	0	x	x

Grundrissform 8

%																		
kg/m³-E	E1	1,30	1,32	x	1,30	1,25	1,80	1,50	x	x	x	x	1,22	1,22	1,22	n _e	MW	StabW
BWg 50	x	66,00	x	x	x	97,20	x	x	x	x	x	x	x	x	x	2	81,600	22,062
BWg 100	x	39,60	x	x	x	54,00	x	x	x	x	x	x	x	x	x	2	46,800	10,182
BWg 150	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	0	x	x
BWg 200	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	0	x	x
BWg 250	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	0	x	x
BWg 300	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	0	x	x

A.3.2 Stabstahl ø 8

Stabdurchmesser 8

Grundrissform 1

	kg/m³ -E	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9	E10	E11	E12	E13	E14	E15	n _e	MW	StabW
BWg	50	24,88	30,00	25,00	24,90	25,00	40,00	23,00	18,00	12,00	15,00	15,00	10,00	10,00	10,00	10,00	14	20,199	8,876
BWg	100	23,37	21,00	25,00	23,30	24,00	22,00	21,00	17,60	x	15,00	15,00	x	x	x	x	10	20,727	3,647
BWg	150	24,01	x	26,00	24,00	24,00	x	x	17,10	x	15,00	15,00	x	x	x	x	7	20,730	4,809
BWg	200	29,86	x	28,00	29,90	30,00	x	x	16,60	x	x	x	x	x	x	x	5	26,872	5,802
BWg	250	40,92	x	x	40,90	41,00	x	x	16,30	x	x	x	x	x	x	x	4	34,780	12,320
BWg	300	51,70	x	x	51,70	52,00	x	x	16,00	x	x	x	x	x	x	x	4	42,850	17,901

Grundrissform 2

		%																	
	kg/m³ -E	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9	E10	E11	E12	E13	E14	E15	n _e	MW	StabW
BWg	50	25,88	32,40	27,00	25,65	26,25	46,00	24,15	18,40	13,00	15,00	15,00	10,20	10,20	10,20	10,20	14	21,380	10,245
BWg	100	24,30	22,68	27,00	24,00	25,20	25,30	22,05	18,00	x	15,00	15,00	x	x	x	x	10	21,853	4,342
BWg	150	24,97	x	28,00	24,72	25,20	x	x	17,50	x	15,00	15,00	x	x	x	x	7	21,484	5,460
BWg	200	31,05	x	30,00	30,80	31,50	x	x	17,00	x	x	x	x	x	x	x	5	28,070	6,212
BWg	250	42,56	x	x	42,13	43,05	x	x	16,70	x	x	x	x	x	x	x	4	36,108	12,944
BWg	300	53,77	x	x	53,25	54,60	x	x	16,40	x	x	x	x	x	x	x	4	44,505	18,745

Grundrissform 3

		%																	
	kg/m³ -E	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9	E10	E11	E12	E13	E14	E15	n _e	MW	StabW
BWg	50	26,87	34,50	26,00	26,64	27,00	50,00	25,30	18,20	14,00	16,00	16,00	10,30	10,30	10,30	10,30	14	22,244	11,086
BWg	100	25,24	24,15	26,00	24,93	25,92	27,50	23,10	17,80	x	16,00	16,00	x	x	x	x	10	22,664	4,369
BWg	150	25,93	x	27,00	25,68	25,92	x	x	17,30	x	16,00	16,00	x	x	x	x	7	21,976	5,219
BWg	200	32,25	x	29,00	31,99	32,40	x	x	16,80	x	x	x	x	x	x	x	5	28,488	6,682
BWg	250	44,19	x	x	43,76	44,28	x	x	16,50	x	x	x	x	x	x	x	4	37,184	13,791
BWg	300	55,84	x	x	55,32	56,16	x	x	16,20	x	x	x	x	x	x	x	4	45,879	19,789

Grundrissform 4

		%																	
	kg/m³ -E	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9	E10	E11	E12	E13	E14	E15	n _e	MW	StabW
BWg	50	27,37	34,50	26,00	27,14	27,75	52,00	25,30	18,30	15,00	15,00	15,00	10,80	10,80	10,80	10,80	14	22,554	11,449
BWg	100	25,71	24,15	26,00	25,40	26,64	28,60	23,10	17,90	x	15,00	15,00	x	x	x	x	10	22,749	4,960
BWg	150	26,41	x	27,00	26,16	26,64	x	x	17,40	x	15,00	15,00	x	x	x	x	7	21,944	5,808
BWg	200	32,85	x	29,00	32,59	33,30	x	x	16,90	x	x	x	x	x	x	x	5	28,927	6,938
BWg	250	45,01	x	x	44,58	45,51	x	x	16,60	x	x	x	x	x	x	x	4	37,926	14,222
BWg	300	56,87	x	x	56,35	57,72	x	x	16,30	x	x	x	x	x	x	x	4	46,811	20,348

Grundrissform 5

		%																	
	kg/m³ -E	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9	E10	E11	E12	E13	E14	E15	n _e	MW	StabW
BWg	50	29,86	37,50	27,00	27,39	30,50	60,00	27,60	18,60	17,00	16,00	16,00	11,20	11,20	11,20	11,20	14	24,360	13,255
BWg	100	28,04	26,25	27,00	25,63	29,28	33,00	25,20	18,20	x	16,00	16,00	x	x	x	x	10	24,460	5,801
BWg	150	28,81	x	28,00	26,40	29,28	x	x	17,70	x	16,00	16,00	x	x	x	x	7	23,170	6,267
BWg	200	35,83	x	30,00	32,89	36,60	x	x	17,20	x	x	x	x	x	x	x	5	30,504	7,882
BWg	250	49,10	x	x	44,99	50,02	x	x	16,90	x	x	x	x	x	x	x	4	40,254	15,722
BWg	300	62,04	x	x	56,87	63,44	x	x	16,60	x	x	x	x	x	x	x	4	49,738	22,272

Grundrissform 6

		%																	
	kg/m³ -E	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9	E10	E11	E12	E13	E14	E15	n _e	MW	StabW
BWg	50	29,86	38,40	28,00	29,88	31,00	68,00	29,90	19,60	17,00	18,00	18,00	11,50	11,50	11,50	11,50	14	25,867	14,864
BWg	100	28,04	26,88	28,00	27,96	29,76	37,40	27,30	19,20	x	18,00	18,00	x	x	x	x	10	26,054	6,081
BWg	150	28,81	x	29,00	28,80	29,76	x	x	18,70	x	18,00	18,00	x	x	x	x	7	24,439	5,818
BWg	200	35,83	x	31,00	35,88	37,20	x	x	18,20	x	x	x	x	x	x	x	5	31,622	7,866
BWg	250	49,10	x	x	49,08	50,84	x	x	17,90	x	x	x	x	x	x	x	4	41,731	15,909
BWg	300	62,04	x	x	62,04	64,48	x	x	17,60	x	x	x	x	x	x	x	4	51,540	22,656

Grundrissform 7

		%																	
	kg/m³ -E	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9	E10	E11	E12	E13	E14	E15	n _e	MW	StabW
BWg	50	31,10	38,40	28,00	32,37	31,00	76,00	32,20	19,70	17,00	18,00	18,00	11,80	11,80	11,80	11,80	14	26,941	16,708
BWg	100	29,21	26,88	28,00	30,29	29,76	41,80	29,40	19,30	x	18,00	18,00	x	x	x	x	10	27,064	7,230
BWg	150	30,01	x	29,00	31,20	29,76	x	x	18,80	x	18,00	18,00	x	x	x	x	7	24,968	6,307
BWg	200	37,33	x	31,00	38,87	37,20	x	x	18,30	x	x	x	x	x	x	x	5	32,539	8,512
BWg	250	51,15	x	x	53,17	50,84	x	x	18,00	x	x	x	x	x	x	x	4	43,290	16,892
BWg	300	64,63	x	x	67,21	64,48	x	x	17,70	x	x	x	x	x	x	x	4	53,504	23,902

Grundrissform 8

		%																	
	kg/m³ -E	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9	E10	E11	E12	E13	E14	E15	n _e	MW	StabW
BWg	50	32,34	39,60	27,00	32,37	31,25	72,00	34,50	20,00	18,00	17,00	17,00	12,20	12,20	12,20	12,20	14	26,976	15,939
BWg	100	30,38	27,72	27,00	30,29	30,00	39,60	31,50	19,50	x	17,00	17,00	x	x	x	x	10	26,999	7,204
BWg	150	31,21	x	28,00	31,20	30,00	x	x	19,00	x	17,00	17,00	x	x	x	x	7	24,773	6,766
BWg	200	38,82	x	30,00	38,87	37,50	x	x	18,50	x	x	x	x	x	x	x	5	32,738	8,767
BWg	250	53,20	x	x	53,17	51,25	x	x	18,20	x	x	x	x	x	x	x	4	43,954	17,194
BWg	300	67,21	x	x	67,21	65,00	x	x	17,90	x	x	x	x	x	x	x	4	54,330	24,309

A.3.3 Stabstahl \varnothing 10

Stabdurchmesser 10

Grundrissform 1

	kg/m ³ -E	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9	E10	E11	E12	E13	E14	E15	n _e	MW	StabW
BWg	50	17,21	25,00	21,00	17,20	17,00	30,00	18,00	14,00	11,00	15,00	15,00	9,00	9,00	9,00	14	16,244	6,121	
BWg	100	16,14	17,00	21,00	16,10	16,00	17,00	17,00	13,80	x	15,00	15,00	8,00	8,00	8,00	13	14,465	4,044	
BWg	150	16,59	15,00	22,00	16,60	17,00	15,00	16,00	13,60	x	15,00	15,00	x	x	x	10	16,179	2,289	
BWg	200	20,74	x	25,00	20,80	21,00	x	x	13,40	x	15,00	15,00	x	x	x	7	18,706	4,263	
BWg	250	28,59	x	27,00	28,60	29,00	x	x	13,20	x	x	x	x	x	x	5	25,278	6,795	
BWg	300	36,17	x	x	36,10	36,00	x	x	13,00	x	x	x	x	x	x	4	30,318	11,545	

Grundrissform 2

		%															n _e	MW	StabW
	kg/m ³ -E	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9	E10	E11	E12	E13	E14	E15			
BWg	50	17,90	27,00	23,00	17,72	17,85	34,50	18,90	14,40	12,00	15,00	15,00	9,18	9,18	9,18	14	17,200	7,182	
BWg	100	16,79	18,36	23,00	16,58	16,80	19,55	17,85	14,20	x	15,00	15,00	8,16	8,16	8,16	13	15,201	4,596	
BWg	150	17,25	16,20	24,00	17,10	17,85	17,25	16,80	14,00	x	15,00	15,00	x	x	x	10	17,045	2,739	
BWg	200	21,57	x	27,00	21,42	22,05	x	x	13,80	x	15,00	15,00	x	x	x	7	19,406	4,893	
BWg	250	29,73	x	29,00	29,46	30,45	x	x	13,60	x	x	x	x	x	x	5	26,448	7,202	
BWg	300	37,62	x	x	37,18	37,80	x	x	13,40	x	x	x	x	x	x	4	31,500	12,069	

Grundrissform 3

		%															n _e	MW	StabW
	kg/m ³ -E	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9	E10	E11	E12	E13	E14	E15			
BWg	50	18,59	28,75	22,00	18,40	18,36	37,50	19,80	14,20	13,00	16,00	16,00	9,27	9,27	9,27	14	17,886	7,803	
BWg	100	17,43	19,55	22,00	17,23	17,28	21,25	18,70	14,00	x	16,00	16,00	8,24	8,24	8,24	13	15,704	4,762	
BWg	150	17,92	17,25	23,00	17,76	18,36	18,75	17,60	13,80	x	16,00	16,00	x	x	x	10	17,644	2,377	
BWg	200	22,40	x	26,00	22,26	22,68	x	x	13,60	x	16,00	16,00	x	x	x	7	19,848	4,598	
BWg	250	30,88	x	28,00	30,60	31,32	x	x	13,40	x	x	x	x	x	x	5	26,840	7,624	
BWg	300	39,06	x	x	38,63	38,88	x	x	13,20	x	x	x	x	x	x	4	32,443	12,830	

Grundrissform 4

		%															n _e	MW	StabW
	kg/m ³ -E	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9	E10	E11	E12	E13	E14	E15			
BWg	50	18,93	28,75	22,00	18,75	18,87	39,00	19,80	14,30	14,00	15,00	15,00	9,72	9,72	9,72	14	18,111	7,996	
BWg	100	17,75	19,55	22,00	17,55	17,76	22,10	18,70	14,10	x	15,00	15,00	8,64	8,64	8,64	13	15,803	4,737	
BWg	150	18,25	17,25	23,00	18,09	18,87	19,50	17,60	13,90	x	15,00	15,00	x	x	x	10	17,646	2,632	
BWg	200	22,81	x	26,00	22,67	23,31	x	x	13,70	x	15,00	15,00	x	x	x	7	19,785	5,023	
BWg	250	31,45	x	28,00	31,17	32,19	x	x	13,50	x	x	x	x	x	x	5	27,263	7,859	
BWg	300	39,79	x	x	39,35	39,96	x	x	13,30	x	x	x	x	x	x	4	33,099	13,202	

Grundrissform 5

		%															n _e	MW	StabW
	kg/m ³ -E	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9	E10	E11	E12	E13	E14	E15			
BWg	50	20,65	31,25	23,00	18,92	20,74	45,00	21,60	14,60	16,00	16,00	16,00	10,08	10,08	10,08	14	19,572	9,344	
BWg	100	19,37	21,25	23,00	17,71	19,52	25,50	20,40	14,40	x	16,00	16,00	8,96	8,96	8,96	13	16,925	5,423	
BWg	150	19,91	18,75	24,00	18,26	20,74	22,50	19,20	14,20	x	16,00	16,00	x	x	x	10	18,956	3,033	
BWg	200	24,89	x	27,00	22,88	25,62	x	x	14,00	x	16,00	16,00	x	x	x	7	20,913	5,400	
BWg	250	34,31	x	29,00	31,46	35,38	x	x	13,80	x	x	x	x	x	x	5	28,790	8,743	
BWg	300	43,40	x	x	43,71	43,92	x	x	13,60	x	x	x	x	x	x	4	35,159	14,494	

Grundrissform 6

		%															n _e	MW	StabW
	kg/m ³ -E	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9	E10	E11	E12	E13	E14	E15			
BWg	50	20,65	32,00	24,00	20,64	21,08	51,00	23,40	15,60	16,00	18,00	18,00	10,35	10,35	10,35	14	20,816	10,554	
BWg	100	19,37	21,76	24,00	19,32	19,84	28,90	22,10	15,40	x	18,00	18,00	9,20	9,20	9,20	13	18,022	5,999	
BWg	150	19,91	19,20	25,00	19,92	21,08	25,50	20,80	15,20	x	18,00	18,00	x	x	x	10	20,261	3,128	
BWg	200	24,89	x	28,00	24,96	26,04	x	x	15,00	x	18,00	18,00	x	x	x	7	22,127	5,005	
BWg	250	34,31	x	30,00	34,32	35,96	x	x	14,80	x	x	x	x	x	x	5	29,878	8,714	
BWg	300	43,40	x	x	43,32	44,64	x	x	14,60	x	x	x	x	x	x	4	36,491	14,606	

Grundrissform 7

		%															n _e	MW	StabW
	kg/m ³ -E	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9	E10	E11	E12	E13	E14	E15			
BWg	50	21,51	32,00	24,00	22,36	21,08	57,00	25,20	15,70	16,00	18,00	18,00	10,62	10,62	10,62	14	21,622	11,880	
BWg	100	20,18	21,76	24,00	20,93	19,84	32,30	23,80	15,50	x	18,00	18,00	9,44	9,44	9,44	13	18,663	6,616	
BWg	150	20,74	19,20	25,00	21,58	21,08	28,50	22,40	15,30	x	18,00	18,00	x	x	x	10	20,980	3,776	
BWg	200	25,93	x	28,00	27,04	26,04	x	x	15,10	x	18,00	18,00	x	x	x	7	22,586	5,328	
BWg	250	35,74	x	30,00	37,18	35,96	x	x	14,90	x	x	x	x	x	x	5	30,756	9,289	
BWg	300	45,21	x	x	46,93	44,64	x	x	14,70	x	x	x	x	x	x	4	37,871	15,478	

Grundrissform 8

		%															n _e	MW	StabW
	kg/m ³ -E	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9	E10	E11	E12	E13	E14	E15			
BWg	50	22,37	33,00	23,00	22,36	21,25	54,00	27,00	15,90	17,00	17,00	17,00	10,98	10,98	10,98	14	21,630	11,254	
BWg	100	20,98	22,44	23,00	20,93	20,00	30,60	25,50	15,70	x	17,00	17,00	9,76	9,76	9,76	13	18,649	6,369	
BWg	150	21,57	19,80	24,00	21,58	21,25	27,00	24,00	15,60	x	17,00	17,00	x	x	x	10	20,880	3,608	
BWg	200	26,96	x	27,00	27,04	26,25	x	x	15,30	x	17,00	17,00	x	x	x	7	22,365	5,583	
BWg	250	37,17	x	29,00	37,18	36,25	x	x	15,10	x	x	x	x	x	x	5	30,939	9,494	
BWg	300	47,02	x	x	46,93	45,00	x	x	14,90	x	x	x	x	x	x	4	38,463	15,736	

A.3.4 Stabstahl ø 12

Stabdurchmesser 12

Grundrissform 1

		%														n _e	MW	StabW
kg/m ³ -E	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9	E10	E11	E12	E13	E14	E15			
BWg	50	12,72	18,00	17,00	12,70	13,00	23,00	15,00	13,00	10,00	12,00	12,00	7,00	7,00	7,00	14	12,816	4,504
BWg	100	11,97	13,00	16,00	12,00	12,00	13,00	14,00	12,60	x	12,00	12,00	6,50	6,50	6,50	13	11,390	3,004
BWg	150	12,28	11,00	16,00	12,30	12,00	11,00	13,00	12,20	x	12,00	12,00	5,00	5,00	5,00	13	10,675	3,457
BWg	200	15,20	11,00	17,00	15,20	15,00	9,00	13,00	11,80	x	12,00	12,00	x	x	x	10	13,120	2,426
BWg	250	20,70	x	18,00	20,70	21,00	x	x	11,60	x	x	x	x	x	x	5	18,400	3,992
BWg	300	25,96	x	19,00	25,90	26,00	x	x	11,50	x	x	x	x	x	x	5	21,672	6,434

Grundrissform 2

		%														n _e	MW	StabW
kg/m ³ -E	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9	E10	E11	E12	E13	E14	E15			
BWg	50	13,23	19,44	19,00	13,08	13,65	26,45	15,75	13,40	11,00	12,00	12,00	7,14	7,14	7,14	14	13,601	5,339
BWg	100	12,45	14,04	18,00	12,36	12,60	14,95	14,70	13,00	x	12,00	12,00	6,63	6,63	6,63	13	11,999	3,468
BWg	150	12,77	11,88	18,00	12,67	12,60	12,65	13,65	12,60	x	12,00	12,00	5,10	5,10	5,10	13	11,240	3,832
BWg	200	15,81	11,88	19,00	15,66	15,75	10,35	13,65	12,20	x	12,00	12,00	x	x	x	10	13,829	2,645
BWg	250	21,53	x	20,00	21,32	22,05	x	x	12,00	x	x	x	x	x	x	5	19,380	4,194
BWg	300	27,00	x	21,00	26,68	27,30	x	x	11,90	x	x	x	x	x	x	5	22,775	6,614

Grundrissform 3

		%														n _e	MW	StabW
kg/m ³ -E	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9	E10	E11	E12	E13	E14	E15			
BWg	50	13,74	20,70	18,00	13,59	14,04	28,75	16,50	13,20	12,00	13,00	13,00	7,21	7,21	7,21	14	14,153	5,748
BWg	100	12,93	14,95	17,00	12,84	12,96	16,25	15,40	12,80	x	13,00	13,00	6,70	6,70	6,70	13	12,401	3,545
BWg	150	13,26	12,65	17,00	13,16	12,96	13,75	14,30	12,40	x	13,00	13,00	5,15	5,15	5,15	13	11,610	3,858
BWg	200	16,42	12,65	18,00	16,26	16,20	11,25	14,30	12,00	x	13,00	13,00	x	x	x	10	14,308	2,269
BWg	250	22,36	x	19,00	22,15	22,68	x	x	11,80	x	x	x	x	x	x	5	19,597	4,604
BWg	300	28,04	x	20,00	27,71	28,08	x	x	11,70	x	x	x	x	x	x	5	23,106	7,246

Grundrissform 4

		%														n _e	MW	StabW
kg/m ³ -E	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9	E10	E11	E12	E13	E14	E15			
BWg	50	13,99	20,70	18,00	13,84	14,43	29,90	16,50	13,30	13,00	12,00	12,00	7,56	7,56	7,56	14	14,310	5,901
BWg	100	13,17	14,95	17,00	13,08	13,32	16,90	15,40	12,90	x	12,00	12,00	7,02	7,02	7,02	13	12,444	3,490
BWg	150	13,51	12,65	17,00	13,41	13,32	14,30	14,30	12,80	x	12,00	12,00	5,40	5,40	5,40	13	11,653	3,783
BWg	200	16,72	12,65	18,00	16,57	16,65	11,70	14,30	12,10	x	12,00	12,00	x	x	x	10	14,269	2,474
BWg	250	22,77	x	19,00	22,56	23,31	x	x	11,90	x	x	x	x	x	x	5	19,909	4,790
BWg	300	28,56	x	20,00	28,23	28,86	x	x	11,80	x	x	x	x	x	x	5	23,489	7,514

Grundrissform 5

		%														n _e	MW	StabW
kg/m ³ -E	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9	E10	E11	E12	E13	E14	E15			
BWg	50	15,26	22,50	19,00	13,97	15,86	34,50	18,00	13,60	15,00	13,00	13,00	7,84	7,84	7,84	14	15,515	6,925
BWg	100	14,36	16,25	18,00	13,20	14,64	19,50	16,80	13,20	x	13,00	13,00	7,28	7,28	7,28	13	13,369	4,013
BWg	150	14,74	13,75	18,00	13,53	14,64	16,50	15,60	12,80	x	13,00	13,00	5,60	5,60	5,60	13	12,489	4,198
BWg	200	18,24	13,75	19,00	16,72	18,30	13,50	15,60	12,40	x	13,00	13,00	x	x	x	10	15,351	2,540
BWg	250	24,84	x	20,00	22,77	25,62	x	x	12,20	x	x	x	x	x	x	5	21,086	5,423
BWg	300	31,15	x	21,00	28,49	31,72	x	x	12,00	x	x	x	x	x	x	5	24,872	8,368

Grundrissform 6

		%														n _e	MW	StabW
kg/m ³ -E	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9	E10	E11	E12	E13	E14	E15			
BWg	50	15,26	23,04	20,00	15,24	16,12	39,10	19,50	14,60	15,00	x	x	8,05	8,05	8,05	12	16,835	8,511
BWg	100	14,36	16,64	19,00	14,40	14,88	22,10	18,20	14,20	x	16,00	16,00	7,48	7,48	7,48	13	14,478	4,556
BWg	150	14,74	14,08	19,00	14,76	14,88	18,70	16,90	13,80	x	16,00	16,00	5,75	5,75	5,75	13	13,547	4,717
BWg	200	18,24	14,08	20,00	18,24	18,60	15,30	16,90	13,40	x	16,00	16,00	x	x	x	10	16,676	2,107
BWg	250	24,84	x	21,00	24,84	26,04	x	x	13,20	x	x	x	x	x	x	5	21,984	5,265
BWg	300	31,15	x	22,00	31,08	32,24	x	x	13,00	x	x	x	x	x	x	5	25,894	8,310

Grundrissform 7

		%														n _e	MW	StabW
kg/m ³ -E	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9	E10	E11	E12	E13	E14	E15			
BWg	50	15,90	23,04	20,00	16,51	16,12	43,70	21,00	14,70	15,00	x	x	8,26	8,26	8,26	12	17,563	9,588
BWg	100	14,96	16,64	19,00	15,60	14,88	24,70	19,60	14,30	x	16,00	16,00	7,67	7,67	7,67	13	14,976	4,983
BWg	150	15,35	14,08	19,00	15,99	14,88	20,90	18,20	13,90	x	16,00	16,00	5,90	5,90	5,90	13	14,000	5,014
BWg	200	19,00	14,08	20,00	19,76	18,60	17,10	18,20	13,50	x	16,00	16,00	x	x	x	10	17,224	2,283
BWg	250	25,88	x	21,00	26,91	26,04	x	x	13,30	x	x	x	x	x	x	5	22,625	5,705
BWg	300	32,45	x	22,00	33,67	32,24	x	x	13,10	x	x	x	x	x	x	5	26,692	8,936

Grundrissform 8

		%														n _e	MW	StabW
kg/m ³ -E	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9	E10	E11	E12	E13	E14	E15			
BWg	50	16,54	23,76	19,00	16,51	16,25	41,40	22,50	14,90	16,00	14,00	14,00	8,54	8,54	8,54	14	17,177	8,385
BWg	100	15,56	17,16	18,00	15,60	15,00	23,40	21,00	14,50	x	14,00	14,00	7,93	7,93	7,93	13	14,770	4,765
BWg	150	15,96	14,52	18,00	15,99	15,00	19,80	19,50	14,10	x	14,00	14,00	6,10	6,10	6,10	13	13,783	4,792
BWg	200	19,76	14,52	19,00	19,76	18,75	16,20	19,50	13,70	x	14,00	14,00	x	x	x	10	16,919	2,670
BWg	250	26,91	x	20,00	26,91	26,25	x	x	13,50	x	x	x	x	x	x	5	22,714	5,916
BWg	300	33,75	x	21,00	33,67	32,50	x	x	13,30	x	x	x	x	x	x	5	26,844	9,271

A.3.5 Stabstahl ø 14

Stabdurchmesser 14

Grundrissform 1

		%															n _e	MW	StabW
kg/m ³ -E	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9	E10	E11	E12	E13	E14	E15				
BWg	50	9,87	13,00	14,00	9,90	10,00	17,00	12,00	12,00	9,00	x	x	x	x	x	9	11,863	2,544	
BWg	100	9,28	10,00	13,00	9,30	9,00	11,00	11,00	11,60	x	10,00	10,00	5,80	5,80	5,80	13	9,352	2,292	
BWg	150	9,53	9,00	13,00	9,50	10,00	9,00	10,00	11,40	x	10,00	10,00	4,40	4,40	4,40	13	8,818	2,729	
BWg	200	11,83	9,00	14,00	11,80	11,00	7,00	10,00	10,80	x	10,00	10,00	x	x	x	10	10,543	1,864	
BWg	250	16,16	x	15,00	16,20	16,00	7,00	x	10,40	x	10,00	10,00	x	x	x	8	12,595	3,639	
BWg	300	20,26	x	16,00	20,30	16,00	x	x	10,00	x	10,00	10,00	x	x	x	7	14,651	4,689	

Grundrissform 2

		%															n _e	MW	StabW
kg/m ³ -E	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9	E10	E11	E12	E13	E14	E15				
BWg	50	10,26	14,04	16,00	10,20	10,50	19,55	12,60	12,60	10,00	x	x	x	x	x	9	12,861	3,235	
BWg	100	9,65	10,80	15,00	9,58	9,45	12,65	11,55	12,00	x	10,00	10,00	5,92	5,92	5,92	13	9,879	2,731	
BWg	150	9,91	9,72	15,00	9,79	10,50	10,35	10,50	11,80	x	10,00	10,00	4,49	4,49	4,49	13	9,310	3,082	
BWg	200	12,30	9,72	16,00	12,15	11,55	8,05	10,50	11,20	x	10,00	10,00	x	x	x	10	11,148	2,128	
BWg	250	16,81	x	17,00	16,69	16,80	8,05	x	10,60	x	10,00	10,00	x	x	x	8	13,243	3,897	
BWg	300	21,07	x	18,00	20,91	16,80	x	x	10,40	x	10,00	10,00	x	x	x	7	15,311	5,074	

Grundrissform 3

		%															n _e	MW	StabW
kg/m ³ -E	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9	E10	E11	E12	E13	E14	E15				
BWg	50	10,66	14,95	15,00	10,59	10,80	11,25	13,20	12,20	11,00	x	x	x	x	x	9	13,295	3,462	
BWg	100	10,02	11,50	14,00	9,95	9,72	13,75	12,10	11,80	x	11,00	11,00	5,97	5,97	5,97	13	10,213	2,740	
BWg	150	10,29	10,35	14,00	10,17	10,80	11,25	11,00	11,60	x	11,00	11,00	4,53	4,53	4,53	13	9,619	3,052	
BWg	200	12,78	10,35	15,00	12,63	11,88	8,75	11,00	11,00	x	11,00	11,00	x	x	x	10	11,538	1,672	
BWg	250	17,45	x	16,00	17,33	17,28	8,75	x	10,60	x	11,00	11,00	x	x	x	8	13,677	3,666	
BWg	300	21,88	x	17,00	21,72	17,28	x	x	10,20	x	11,00	11,00	x	x	x	7	15,726	5,051	

Grundrissform 4

		%															n _e	MW	StabW	
kg/m ³ -E	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9	E10	E11	E12	E13	E14	E15					
BWg	50	10,86	14,95	15,00	10,79	11,10	13,30	13,20	12,50	12,00	x	x	x	x	1,08	1,08	1,08	9	13,611	3,564
BWg	100	10,21	11,50	14,00	10,14	9,99	14,30	12,10	11,90	x	10,00	10,00	6,26	6,26	6,26	13	10,225	2,678		
BWg	150	10,48	10,35	14,00	10,36	11,10	11,70	11,00	11,70	x	10,00	10,00	4,75	4,75	4,75	13	9,611	2,960		
BWg	200	13,01	10,35	15,00	12,86	12,21	9,10	11,00	11,10	x	10,00	10,00	x	x	x	10	11,464	1,791		
BWg	250	17,78	x	16,00	17,66	17,76	9,10	x	10,50	x	10,00	10,00	x	x	x	8	13,599	4,013		
BWg	300	22,29	x	17,00	22,13	17,76	x	x	10,30	x	10,00	10,00	x	x	x	7	15,639	5,549		

Grundrissform 5

		%															n _e	MW	StabW
kg/m ³ -E	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9	E10	E11	E12	E13	E14	E15				
BWg	50	11,84	16,25	16,00	10,89	12,20	25,50	14,40	12,80	14,00	x	x	x	x	x	9	14,876	4,381	
BWg	100	11,14	12,50	15,00	10,23	10,98	16,50	13,20	12,20	x	11,00	11,00	6,50	6,50	6,50	13	11,018	3,112	
BWg	150	11,44	11,25	15,00	10,45	12,20	13,50	12,00	12,00	x	11,00	11,00	4,93	4,93	4,93	13	10,355	3,310	
BWg	200	14,20	11,25	16,00	12,98	13,42	10,50	12,00	11,40	x	11,00	11,00	x	x	x	10	12,375	1,750	
BWg	250	19,39	x	17,00	17,82	19,52	10,50	x	10,90	x	11,00	11,00	x	x	x	8	14,642	4,135	
BWg	300	24,31	x	18,00	22,33	19,52	x	x	10,60	x	11,00	11,00	x	x	x	7	16,680	5,795	

Grundrissform 6

		%															n _e	MW	StabW
kg/m ³ -E	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9	E10	E11	E12	E13	E14	E15				
BWg	50	11,84	16,64	17,00	11,88	12,40	28,90	15,60	13,80	14,00	x	x	x	x	x	9	15,785	5,287	
BWg	100	11,14	12,80	16,00	11,16	11,16	18,70	14,30	13,20	x	14,00	14,00	6,67	6,67	6,67	13	12,036	3,693	
BWg	150	11,44	11,52	16,00	11,40	12,40	15,30	13,00	13,00	x	14,00	14,00	5,06	5,06	5,06	13	11,326	3,836	
BWg	200	14,20	11,52	17,00	14,16	13,64	11,90	13,00	12,40	x	14,00	14,00	x	x	x	10	13,582	1,548	
BWg	250	19,39	x	18,00	19,44	19,84	11,90	x	11,90	x	14,00	14,00	x	x	x	8	16,059	3,457	
BWg	300	24,31	x	19,00	24,36	19,84	x	x	11,60	x	14,00	14,00	x	x	x	7	18,159	5,123	

Grundrissform 7

		%															n _e	MW	StabW
kg/m ³ -E	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9	E10	E11	E12	E13	E14	E15				
BWg	50	12,34	16,64	17,00	12,87	12,40	32,30	16,80	13,90	14,00	x	x	x	x	x	9	16,472	6,228	
BWg	100	11,60	12,80	16,00	12,09	11,16	20,90	15,40	13,30	x	14,00	14,00	6,84	6,84	6,84	13	12,445	4,033	
BWg	150	11,91	11,52	16,00	12,35	12,40	17,10	14,00	13,10	x	14,00	14,00	5,19	5,19	5,19	13	11,689	4,016	
BWg	200	14,79	11,52	17,00	15,34	13,64	13,30	14,00	12,50	x	14,00	14,00	x	x	x	10	14,009	1,507	
BWg	250	20,20	x	18,00	21,06	19,84	13,30	x	12,00	x	14,00	14,00	x	x	x	8	16,550	3,603	
BWg	300	25,33	x	19,00	26,39	19,84	x	x	11,70	x	14,00	14,00	x	x	x	7	18,608	5,738	

Grundrissform 8

		%															n _e	MW	StabW
kg/m ³ -E	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9	E10	E11	E12	E13	E14	E15				
BWg	50	12,83	17,16	15,00	12,87	12,50	30,60	18,00	14,10	15,00	x	x	x	x	x	9	16,451	5,639	
BWg	100	12,06	13,20	14,00	12,09	11,25	19,80	16,50	13,50	x	12,00	12,00	7,08	7,08	7,08	13	12,126	3,673	
BWg	150	12,39	11,88	14,00	12,35	12,50	16,20	15,00	13,20	x	12,00	12,00	5,37	5,37	5,37	13	11,356	3,642	
BWg	200	15,38	11,88	15,00	15,34	13,75	12,60	15,00	12,60	x	12,00	12,00	x	x	x	10	13,555	1,498	
BWg	250	21,01	x	16,00	21,06	20,00	12,60	x	12,20	x	12,00	12,00	x	x	x	8	15,859	4,218	
BWg	300	26,34	x	17,00	26,39	20,00	x	x	11,90	x	12,00	12,00	x	x	x	7	17,947	6,508	

A.3.6 Stabstahl ø 16

Stabdurchmesser 16

Grundrissform 1

		%														n _e	MW	StabW
kg/m ³ -E	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9	E10	E11	E12	E13	E14	E15			
BWg	50	7,67	11,00	11,00	7,70	7,00	13,00	11,00	11,00	8,00	x	x	x	x	x	9	9,708	2,120
BWg	100	7,23	9,00	10,00	7,20	7,00	9,00	10,00	10,60	x	9,00	9,00	5,50	5,50	5,50	13	8,041	1,819
BWg	150	7,42	8,00	10,00	7,40	7,00	8,00	9,00	10,40	x	9,00	9,00	4,00	4,00	4,00	13	7,478	2,216
BWg	200	9,12	8,00	11,00	9,10	9,00	6,00	9,00	9,80	x	9,00	9,00	3,50	3,50	3,50	13	7,655	2,613
BWg	250	12,34	8,00	12,00	12,30	12,00	6,00	8,00	9,40	x	9,00	9,00	x	x	x	10	9,804	2,230
BWg	300	15,53	8,00	13,00	15,50	12,00	6,00	8,00	9,00	x	9,00	9,00	x	x	x	10	10,503	3,305

Grundrissform 2

		%														n _e	MW	StabW
kg/m ³ -E	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9	E10	E11	E12	E13	E14	E15			
BWg	50	7,98	11,88	13,00	7,93	7,35	14,95	11,55	11,40	9,00	x	x	x	x	x	9	10,560	2,621
BWg	100	7,52	9,72	12,00	7,42	7,35	10,35	10,50	11,00	x	9,00	9,00	5,61	5,61	5,61	13	8,514	2,168
BWg	150	7,72	8,64	12,00	7,62	7,35	9,20	9,45	10,80	x	9,00	9,00	4,08	4,08	4,08	13	7,925	2,524
BWg	200	9,48	8,64	13,00	9,37	9,45	6,90	9,45	10,20	x	9,00	9,00	3,57	3,57	3,57	13	8,093	2,894
BWg	250	12,83	8,64	14,00	12,67	12,60	6,90	8,40	9,80	x	9,00	9,00	x	x	x	10	10,384	2,415
BWg	300	16,15	8,64	15,00	15,97	12,60	6,90	8,40	9,40	x	9,00	9,00	x	x	x	10	11,106	3,485

Grundrissform 3

		%														n _e	MW	StabW
kg/m ³ -E	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9	E10	E11	E12	E13	E14	E15			
BWg	50	8,28	12,65	12,00	8,24	7,56	16,25	12,10	11,20	10,00	x	x	x	x	x	9	10,920	2,746
BWg	100	7,81	10,35	11,00	7,70	7,56	11,25	11,00	10,80	x	10,00	10,00	5,67	5,67	5,67	13	8,805	2,202
BWg	150	8,01	9,20	11,00	7,92	7,56	10,00	9,90	10,60	x	10,00	10,00	4,12	4,12	4,12	13	8,196	2,544
BWg	200	9,85	9,20	12,00	9,74	9,72	7,50	9,90	10,00	x	10,00	10,00	3,61	3,61	3,61	13	8,363	2,871
BWg	250	13,33	9,20	13,00	13,16	12,96	7,50	8,80	9,60	x	10,00	10,00	x	x	x	10	10,755	2,150
BWg	300	16,77	9,20	14,00	16,59	12,96	7,50	8,80	9,20	x	10,00	10,00	x	x	x	10	11,502	3,340

Grundrissform 4

		%														n _e	MW	StabW
kg/m ³ -E	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9	E10	E11	E12	E13	E14	E15			
BWg	50	8,44	12,65	12,00	8,39	7,77	16,90	12,10	11,30	10,00	x	x	x	x	x	9	11,061	2,842
BWg	100	7,95	10,35	11,00	7,85	7,77	11,70	11,00	10,90	x	9,00	9,00	5,94	5,94	5,94	13	8,795	2,086
BWg	150	8,16	9,20	11,00	8,07	7,77	10,40	9,90	10,70	x	9,00	9,00	4,32	4,32	4,32	13	8,166	2,406
BWg	200	10,03	9,20	12,00	9,92	9,99	7,80	9,90	10,10	x	9,00	9,00	3,78	3,78	3,78	13	8,329	2,758
BWg	250	13,57	9,20	13,00	13,41	13,32	7,80	8,80	9,70	x	9,00	9,00	x	x	x	10	10,680	2,328
BWg	300	17,08	9,20	14,00	16,90	13,32	7,80	8,80	9,30	x	9,00	9,00	x	x	x	10	11,440	3,550

Grundrissform 5

		%														n _e	MW	StabW
kg/m ³ -E	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9	E10	E11	E12	E13	E14	E15			
BWg	50	9,20	13,75	13,00	8,47	8,54	19,50	13,20	11,60	13,00	x	x	x	x	x	9	12,252	3,439
BWg	100	8,68	11,25	12,00	7,92	8,54	13,50	12,00	11,20	x	10,00	10,00	6,16	6,16	6,16	13	9,505	2,458
BWg	150	8,90	10,00	12,00	8,14	8,54	12,00	10,80	11,00	x	10,00	10,00	4,48	4,48	4,48	13	8,833	2,741
BWg	200	10,94	10,00	13,00	10,01	10,98	9,00	10,80	10,40	x	10,00	10,00	3,92	3,92	3,92	13	8,992	3,032
BWg	250	14,81	10,00	14,00	13,53	14,64	9,00	9,60	10,00	x	10,00	10,00	x	x	x	10	11,558	2,357
BWg	300	18,64	10,00	15,00	17,05	14,64	9,00	9,60	9,60	x	10,00	10,00	x	x	x	10	12,353	3,602

Grundrissform 6

		%														n _e	MW	StabW
kg/m ³ -E	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9	E10	E11	E12	E13	E14	E15			
BWg	50	9,20	14,08	14,00	9,24	8,68	22,10	14,30	12,60	13,00	x	x	x	x	x	9	13,023	4,093
BWg	100	8,68	11,52	13,00	8,64	8,68	15,30	13,00	12,20	x	13,00	13,00	6,33	6,33	6,33	13	10,461	3,087
BWg	150	8,90	10,24	13,00	8,88	8,68	13,60	11,70	12,00	x	13,00	13,00	4,60	4,60	4,60	13	9,754	3,389
BWg	200	10,94	10,24	14,00	10,92	11,16	10,20	11,70	11,40	x	13,00	13,00	4,03	4,03	4,03	13	9,895	3,524
BWg	250	14,81	10,24	15,00	14,76	14,88	10,20	10,40	11,00	x	13,00	13,00	x	x	x	10	12,729	2,092
BWg	300	18,64	10,24	16,00	18,60	14,88	10,20	10,40	10,60	x	13,00	13,00	x	x	x	10	13,556	3,342

Grundrissform 7

		%														n _e	MW	StabW
kg/m ³ -E	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9	E10	E11	E12	E13	E14	E15			
BWg	50	9,59	14,08	14,00	10,01	8,68	24,70	15,40	12,70	13,00	x	x	x	x	x	9	13,573	4,759
BWg	100	9,04	11,52	13,00	9,36	8,68	17,10	14,00	12,30	x	13,00	13,00	6,49	6,49	6,49	13	10,805	3,324
BWg	150	9,28	10,24	13,00	9,62	8,68	15,20	12,60	12,10	x	13,00	13,00	4,72	4,72	4,72	13	10,067	3,550
BWg	200	11,40	10,24	14,00	11,83	11,16	11,40	12,60	11,50	x	13,00	13,00	4,13	4,13	4,13	13	10,194	3,589
BWg	250	15,43	10,24	15,00	15,99	14,88	11,40	11,20	11,10	x	13,00	13,00	x	x	x	10	13,124	2,088
BWg	300	19,41	10,24	16,00	20,15	14,88	11,40	11,20	10,70	x	13,00	13,00	x	x	x	10	13,998	3,552

Grundrissform 8

		%														n _e	MW	StabW
kg/m ³ -E	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9	E10	E11	E12	E13	E14	E15			
BWg	50	9,97	14,52	12,00	10,01	8,75	23,40	15,80	12,90	14,00	x	x	x	x	x	9	13,561	4,445
BWg	100	9,40	11,88	11,00	9,36	8,75	16,20	15,00	12,50	x	10,00	10,00	6,71	6,71	6,71	13	10,325	2,995
BWg	150	9,65	10,56	11,00	9,62	8,75	14,40	13,50	12,30	x	10,00	10,00	4,88	4,88	4,88	13	9,570	3,113
BWg	200	11,86	10,56	12,00	11,83	11,25	10,80	13,50	11,70	x	10,00	10,00	4,27	4,27	4,27	13	9,716	3,239
BWg	250	16,04	10,56	13,00	15,99	15,00	10,80	12,00	11,30	x	10,00	10,00	x	x	x	10	12,469	2,405
BWg	300	20,19	10,56	14,00	20,15	15,00	10,80	12,00	11,00	x	10,00	10,00	x	x	x	10	13,370	3,947

A.3.7 Stabstahl ø 20

Stabdurchmesser 20

Grundrissform 1

		%															n _e	MW	StabW
kg/m ³ -E	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9	E10	E11	E12	E13	E14	E15				
BWg	50	5,91	x	9,00	5,90	5,00	x	x	10,00	7,00	x	x	x	x	x	6	7,135	1,964	
BWg	100	5,55	6,00	9,00	5,60	5,00	5,00	6,00	9,60	x	7,00	7,00	x	x	x	10	6,575	1,599	
BWg	150	5,70	7,00	9,00	5,70	5,00	5,00	5,00	9,20	x	7,00	7,00	3,80	3,80	3,80	13	5,923	1,823	
BWg	200	7,07	7,00	8,00	7,10	7,00	4,00	5,00	8,80	x	7,00	7,00	3,30	3,30	3,30	13	5,990	1,938	
BWg	250	9,65	7,00	9,00	9,70	10,00	4,00	4,50	8,40	x	7,00	7,00	3,00	3,00	3,00	13	6,558	2,738	
BWg	300	12,00	7,00	10,00	12,00	16,00	4,00	4,50	8,40	x	7,00	7,00	x	x	x	10	8,750	3,736	

Grundrissform 2

		%															n _e	MW	StabW
kg/m ³ -E	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9	E10	E11	E12	E13	E14	E15				
BWg	50	6,15	x	11,00	6,08	5,25	x	x	10,40	8,00	x	x	x	x	x	6	7,812	2,418	
BWg	100	5,77	6,48	11,00	5,77	5,25	5,75	6,30	10,00	x	7,00	7,00	x	x	x	10	7,032	1,926	
BWg	150	5,93	7,56	11,00	5,87	5,25	5,75	5,25	9,60	x	7,00	7,00	3,88	3,88	3,88	13	6,295	2,160	
BWg	200	7,35	7,56	10,00	7,31	7,35	4,60	5,25	9,20	x	7,00	7,00	3,37	3,37	3,37	13	6,295	2,192	
BWg	250	10,04	7,56	11,00	9,99	10,50	4,60	4,73	9,80	x	7,00	7,00	3,06	3,06	3,06	13	7,030	3,056	
BWg	300	12,48	7,56	12,00	12,36	16,80	4,60	4,73	8,40	x	7,00	7,00	x	x	x	10	9,293	3,950	

Grundrissform 3

		%															n _e	MW	StabW
kg/m ³ -E	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9	E10	E11	E12	E13	E14	E15				
BWg	50	6,38	x	10,00	6,31	5,40	x	x	10,20	9,00	x	x	x	x	x	6	7,883	2,097	
BWg	100	5,99	6,90	10,00	5,99	5,40	6,25	6,60	9,80	x	8,00	8,00	x	x	x	10	7,294	1,609	
BWg	150	6,16	8,05	10,00	6,10	5,40	6,25	5,50	9,40	x	8,00	8,00	3,91	3,91	3,91	13	6,507	2,045	
BWg	200	7,64	8,05	10,00	7,60	7,56	5,00	5,50	9,00	x	8,00	8,00	3,40	3,40	3,40	13	6,657	2,251	
BWg	250	10,42	8,05	10,00	10,38	10,80	5,00	4,95	8,60	x	8,00	8,00	3,09	3,09	3,09	13	7,190	2,970	
BWg	300	12,96	8,05	11,00	12,84	17,28	5,00	4,95	8,20	x	8,00	8,00	x	x	x	10	9,628	3,873	

Grundrissform 4

		%															n _e	MW	StabW
kg/m ³ -E	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9	E10	E11	E12	E13	E14	E15				
BWg	50	6,50	x	10,00	6,43	5,55	x	x	10,30	11,00	x	x	x	x	x	6	8,297	2,386	
BWg	100	6,11	6,90	10,00	6,10	5,55	6,50	6,60	9,90	x	7,00	7,00	x	x	x	10	7,166	1,537	
BWg	150	6,27	8,05	10,00	6,21	5,55	6,50	5,50	9,50	x	7,00	7,00	4,10	4,10	4,10	13	6,453	1,901	
BWg	200	7,78	8,05	10,00	7,74	7,77	5,20	5,50	9,10	x	7,00	7,00	3,56	3,56	3,56	13	6,602	2,143	
BWg	250	10,62	8,05	10,00	10,57	11,10	5,20	4,95	8,70	x	7,00	7,00	3,24	3,24	3,24	13	7,147	2,961	
BWg	300	13,20	8,05	11,00	13,08	17,76	5,20	4,95	8,30	x	7,00	7,00	x	x	x	10	9,554	4,112	

Grundrissform 5

		%															n _e	MW	StabW
kg/m ³ -E	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9	E10	E11	E12	E13	E14	E15				
BWg	50	7,09	x	11,00	6,49	6,10	x	x	10,60	12,00	x	x	x	x	x	6	8,880	2,601	
BWg	100	6,66	7,50	11,00	6,16	6,10	7,50	7,20	10,20	x	8,00	8,00	x	x	x	10	7,832	1,616	
BWg	150	6,84	8,75	11,00	6,27	6,10	7,50	6,00	9,90	x	8,00	8,00	4,26	4,26	4,26	13	7,010	2,135	
BWg	200	8,48	8,75	10,00	7,81	8,54	6,00	6,00	9,40	x	8,00	8,00	3,70	3,70	3,70	13	7,082	2,231	
BWg	250	11,58	8,75	11,00	10,67	12,20	6,00	5,40	9,00	x	8,00	8,00	3,36	3,36	3,36	13	7,745	3,197	
BWg	300	14,40	8,75	12,00	13,20	19,52	6,00	5,40	8,60	x	8,00	8,00	x	x	x	10	10,387	4,364	

Grundrissform 6

		%															n _e	MW	StabW
kg/m ³ -E	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9	E10	E11	E12	E13	E14	E15				
BWg	50	7,09	x	12,00	7,08	6,20	x	x	11,60	12,00	x	x	x	x	x	6	9,329	2,803	
BWg	100	6,66	7,68	12,00	6,72	6,20	8,50	7,80	11,20	x	11,00	11,00	x	x	x	10	8,876	2,202	
BWg	150	6,84	8,96	12,00	6,84	6,20	8,50	6,50	10,90	x	11,00	11,00	4,37	4,37	4,37	13	7,835	2,753	
BWg	200	8,48	8,96	11,00	8,52	8,68	6,80	6,50	10,40	x	11,00	11,00	3,80	3,80	3,80	13	7,902	2,758	
BWg	250	11,58	8,96	12,00	11,64	12,40	6,80	5,85	10,00	x	11,00	11,00	3,45	3,45	3,45	13	8,583	3,513	
BWg	300	14,40	8,96	13,00	14,40	19,84	6,80	5,85	9,60	x	11,00	11,00	x	x	x	10	11,485	4,126	

Grundrissform 7

		%															n _e	MW	StabW
kg/m ³ -E	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9	E10	E11	E12	E13	E14	E15				
BWg	50	7,39	x	12,00	7,67	6,20	x	x	11,70	12,00	x	x	x	x	x	6	9,417	2,685	
BWg	100	6,94	7,68	12,00	7,28	6,20	9,50	8,40	11,30	x	11,00	11,00	x	x	x	10	9,130	2,096	
BWg	150	7,13	8,96	12,00	7,41	6,20	9,50	7,00	11,00	x	11,00	11,00	4,48	4,48	4,48	13	8,050	2,717	
BWg	200	8,84	8,96	11,00	9,23	8,68	7,60	7,00	10,50	x	11,00	11,00	3,89	3,89	3,89	13	8,115	2,714	
BWg	250	12,06	8,96	12,00	12,61	12,40	7,60	6,30	10,10	x	11,00	11,00	3,54	3,54	3,54	13	8,819	3,541	
BWg	300	15,00	8,96	13,00	15,60	19,84	7,60	6,30	9,90	x	11,00	11,00	x	x	x	10	11,820	4,104	

Grundrissform 8

		%															n _e	MW	StabW
kg/m ³ -E	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9	E10	E11	E12	E13	E14	E15				
BWg	50	7,68	x	10,00	7,67	6,25	x	x	11,90	13,00	x	x	x	x	x	6	9,417	2,662	
BWg	100	7,22	7,92	10,00	7,28	6,25	9,00	9,00	11,50	x	8,00	8,00	x	x	x	10	8,417	1,517	
BWg	150	7,41	9,24	10,00	7,41	6,25	9,00	7,50	11,20	x	8,00	8,00	4,64	4,64	4,64	13	7,532	2,079	
BWg	200	9,19	9,24	9,00	9,23	8,75	7,20	7,50	10,70	x	8,00	8,00	4,03	4,03	4,03	13	7,607	2,228	
BWg	250	12,55	9,24	10,00	12,61	12,50	7,20	6,75	10,30	x	8,00	8,00	3,66	3,66	3,66	13	8,317	3,296	
BWg	300	15,60	9,24	11,00	15,60	20,00	7,20	6,75	9,90	x	8,00	8,00	x	x	x	10	11,129	4,447	

A.3.8 Stabstahl ø 26

Stabdurchmesser 26

Grundrissform 1

	kg/m ³ -E	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9	E10	E11	E12	E13	E14	E15	n _e	MW	StabW
BWg	50	4,83	x	7,00	4,80	5,00	x	x	9,00	6,00	x	x	x	x	x	x	6	6,105	1,658
BWg	100	4,55	5,00	7,00	4,60	5,00	4,00	5,00	8,60	x	x	x	x	x	x	x	8	5,469	1,538
BWg	150	4,67	4,50	7,00	4,70	5,00	4,00	4,50	8,20	x	5,00	5,00	x	x	x	x	10	5,257	1,303
BWg	200	5,75	4,50	6,00	5,80	6,00	3,00	4,50	7,80	x	5,00	5,00	3,00	3,00	3,00	3,00	13	4,796	1,500
BWg	250	7,80	4,50	6,00	7,30	8,00	3,00	4,00	7,40	x	5,00	5,00	2,50	2,50	2,50	2,50	13	5,038	2,099
BWg	300	9,83	4,50	7,00	9,80	10,00	3,00	4,00	7,40	x	5,00	5,00	2,00	2,00	2,00	2,00	13	5,472	3,010

Grundrissform 2

		%																	
	kg/m ³ -E	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9	E10	E11	E12	E13	E14	E15	n _e	MW	StabW
BWg	50	5,02	x	9,00	4,94	5,25	x	x	9,40	7,00	x	x	x	x	x	x	6	6,770	2,032
BWg	100	4,73	5,40	9,00	4,74	5,25	4,60	5,25	9,00	x	x	x	x	x	x	x	8	5,996	1,876
BWg	150	4,86	4,86	9,00	4,84	5,25	4,60	4,73	9,20	x	5,00	5,00	x	x	x	x	10	5,733	1,783
BWg	200	5,98	4,86	8,00	5,97	6,30	3,45	4,73	8,20	x	5,00	5,00	3,06	3,06	3,06	3,06	13	5,128	1,742
BWg	250	8,11	4,86	8,00	7,52	8,40	3,45	4,20	7,80	x	5,00	5,00	2,55	2,55	2,55	2,55	13	5,384	2,302
BWg	300	10,22	4,86	9,00	10,09	10,50	3,45	4,20	7,40	x	5,00	5,00	2,04	2,04	2,04	2,04	13	5,834	3,234

Grundrissform 3

		%																	
	kg/m ³ -E	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9	E10	E11	E12	E13	E14	E15	n _e	MW	StabW
BWg	50	5,22	x	8,00	5,14	5,40	x	x	9,20	8,00	x	x	x	x	x	x	6	6,770	2,032
BWg	100	4,91	5,75	8,00	4,92	5,40	5,00	5,50	8,80	x	x	x	x	x	x	x	8	6,036	1,504
BWg	150	5,04	5,18	8,00	5,03	5,40	5,00	4,95	9,00	x	6,00	6,00	x	x	x	x	10	5,960	1,414
BWg	200	6,21	5,18	7,00	6,21	6,48	3,75	4,95	8,00	x	6,00	6,00	3,09	3,09	3,09	3,09	13	5,311	1,617
BWg	250	8,42	5,18	7,00	7,81	8,64	3,75	4,40	7,60	x	6,00	6,00	2,58	2,58	2,58	2,58	13	5,579	2,252
BWg	300	10,62	5,18	8,00	10,49	10,80	3,75	4,40	7,20	x	6,00	6,00	2,06	2,06	2,06	2,06	13	6,047	3,224

Grundrissform 4

		%																	
	kg/m ³ -E	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9	E10	E11	E12	E13	E14	E15	n _e	MW	StabW
BWg	50	5,31	x	8,00	5,23	5,55	x	x	9,30	9,00	x	x	x	x	x	x	6	7,066	1,915
BWg	100	5,01	5,75	8,00	5,01	5,55	5,20	5,50	8,90	x	x	x	x	x	x	x	8	6,115	1,484
BWg	150	5,14	5,18	8,00	5,12	5,55	5,20	4,95	9,10	x	5,00	5,00	x	x	x	x	10	5,824	1,470
BWg	200	6,33	5,18	7,00	6,32	6,66	3,90	4,95	8,10	x	5,00	5,00	3,24	3,24	3,24	3,24	13	5,242	1,572
BWg	250	8,58	5,18	7,00	7,96	8,88	3,90	4,40	7,70	x	5,00	5,00	2,70	2,70	2,70	2,70	13	5,515	2,272
BWg	300	10,81	5,18	8,00	10,68	11,10	3,90	4,40	7,30	x	5,00	5,00	2,16	2,16	2,16	2,16	13	5,988	3,300

Grundrissform 5

		%																	
	kg/m ³ -E	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9	E10	E11	E12	E13	E14	E15	n _e	MW	StabW
BWg	50	5,80	x	9,00	5,28	6,10	x	x	9,60	10,00	x	x	x	x	x	x	6	7,629	2,126
BWg	100	5,46	6,25	9,00	5,06	6,10	6,00	6,00	9,20	x	x	x	x	x	x	x	8	6,634	1,571
BWg	150	5,60	5,63	9,00	5,17	6,10	6,00	5,40	8,80	x	6,00	6,00	x	x	x	x	10	6,370	1,367
BWg	200	6,90	5,63	8,00	6,38	7,32	4,50	5,40	8,10	x	6,00	6,00	3,36	3,36	3,36	3,36	13	5,716	1,676
BWg	250	9,36	5,63	8,00	8,03	9,76	4,50	4,80	7,90	x	6,00	6,00	2,80	2,80	2,80	2,80	13	6,029	2,444
BWg	300	11,80	5,63	9,00	10,78	12,20	4,50	4,80	7,60	x	6,00	6,00	2,24	2,24	2,24	2,24	13	6,540	3,522

Grundrissform 6

		%																	
	kg/m ³ -E	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9	E10	E11	E12	E13	E14	E15	n _e	MW	StabW
BWg	50	5,80	x	10,00	5,76	6,20	x	x	10,60	11,00	x	x	x	x	x	x	6	8,226	2,552
BWg	100	5,46	6,40	10,00	5,52	6,20	6,80	6,50	10,20	x	x	x	x	x	x	x	8	7,135	1,888
BWg	150	5,60	5,76	10,00	5,64	6,20	6,80	5,85	9,20	x	9,00	9,00	x	x	x	x	10	7,305	1,772
BWg	200	6,90	5,76	9,00	6,96	7,44	5,10	5,85	9,10	x	9,00	9,00	3,45	3,45	3,45	3,45	13	6,497	2,191
BWg	250	9,36	5,76	9,00	8,76	9,92	5,10	5,20	8,90	x	9,00	9,00	2,88	2,88	2,88	2,88	13	6,817	2,766
BWg	300	11,80	5,76	10,00	11,76	12,40	5,10	5,20	8,60	x	9,00	9,00	2,30	2,30	2,30	2,30	13	7,347	3,736

Grundrissform 7

		%																	
	kg/m ³ -E	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9	E10	E11	E12	E13	E14	E15	n _e	MW	StabW
BWg	50	6,04	x	10,00	6,24	6,20	x	x	10,20	11,00	x	x	x	x	x	x	6	8,280	2,348
BWg	100	5,69	6,40	10,00	5,98	6,20	7,60	7,00	10,30	x	x	x	x	x	x	x	8	7,396	1,803
BWg	150	5,84	5,76	10,00	6,11	6,20	7,60	6,30	9,50	x	9,00	9,00	x	x	x	x	10	7,531	1,687
BWg	200	7,19	5,76	9,00	7,54	7,44	5,70	6,30	9,20	x	9,00	9,00	3,54	3,54	3,54	3,54	13	6,673	2,153
BWg	250	9,75	5,76	9,00	9,49	9,92	5,70	5,60	9,10	x	9,00	9,00	2,95	2,95	2,95	2,95	13	7,013	2,785
BWg	300	12,29	5,76	10,00	12,74	12,40	5,70	5,60	8,70	x	9,00	9,00	2,36	2,36	2,36	2,36	13	7,559	3,826

Grundrissform 8

		%																	
	kg/m ³ -E	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9	E10	E11	E12	E13	E14	E15	n _e	MW	StabW
BWg	50	6,28	x	8,00	6,24	6,25	x	x	10,90	12,00	x	x	x	x	x	x	6	8,278	2,572
BWg	100	5,92	6,60	8,00	5,98	6,25	7,20	7,50	10,50	x	x	x	x	x	x	x	8	7,243	1,512
BWg	150	6,07	5,94	8,00	6,11	6,25	7,20	6,75	9,80	x	6,00	6,00	x	x	x	x	10	6,812	1,244
BWg	200	7,48	5,94	7,00	7,54	7,50	5,40	6,75	9,40	x	6,00	6,00	3,66	3,66	3,66	3,66	13	6,153	1,742
BWg	250	10,14	5,94	7,00	9,49	10,00	5,40	6,00	9,10	x	6,00	6,00	3,05	3,05	3,05	3,05	13	6,478	2,573
BWg	300	12,78	5,94	8,00	12,74	12,50	5,40	6,00	8,90	x	6,00	6,00	2,44	2,44	2,44	2,44	13	7,045	3,767

A.3.9 Stabstahl ø 30

Stabdurchmesser 30

Grundrissform 1

	kg/m³-E	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9	E10	E11	E12	E13	E14	E15	n _e	MW	StabW
BWg	50	4,57	x	x	4,60	5,00	x	x	8,00	5,00	x	x	x	x	x	x	5	5,434	1,449
BWg	100	4,33	5,00	x	4,30	4,00	4,00	5,00	7,70	x	x	x	x	x	x	x	7	4,904	1,302
BWg	150	4,43	1,50	5,00	4,40	4,00	4,00	4,50	7,40	x	4,00	4,00	x	x	x	x	10	4,323	1,428
BWg	200	5,36	1,50	5,00	5,40	5,00	3,00	4,50	7,00	x	4,00	4,00	2,50	2,50	2,50	2,50	13	4,020	1,556
BWg	250	7,11	4,00	4,00	7,10	7,00	3,00	4,00	6,60	x	4,00	4,00	2,00	2,00	2,00	2,00	13	4,370	1,963
BWg	300	8,85	4,00	5,00	8,90	9,00	3,00	4,00	6,20	x	4,00	4,00	1,80	1,80	1,80	1,80	13	4,796	2,672

Grundrissform 2

		%																	
	kg/m³-E	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9	E10	E11	E12	E13	E14	E15	n _e	MW	StabW
BWg	50	4,75	x	x	4,74	5,25	x	x	8,40	6,00	x	x	x	x	x	x	5	5,828	1,527
BWg	100	4,50	5,40	x	4,43	4,20	4,60	5,25	8,10	x	x	x	x	x	x	x	7	5,212	1,347
BWg	150	4,61	1,62	7,00	4,53	4,20	4,60	4,73	7,80	x	4,00	4,00	x	x	x	x	10	4,708	1,689
BWg	200	5,57	1,62	7,00	5,56	5,25	3,45	4,73	7,40	x	4,00	4,00	2,55	2,55	2,55	2,55	13	4,325	1,790
BWg	250	7,39	4,32	6,00	7,31	7,35	3,45	4,20	7,00	x	4,00	4,00	2,04	2,04	2,04	2,04	13	4,704	2,087
BWg	300	9,20	4,32	7,00	9,17	9,45	3,45	4,20	6,60	x	4,00	4,00	1,84	1,84	1,84	1,84	13	5,146	2,838

Grundrissform 3

		%																	
	kg/m³-E	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9	E10	E11	E12	E13	E14	E15	n _e	MW	StabW
BWg	50	4,94	x	x	4,92	5,40	x	x	8,20	7,00	x	x	x	x	x	x	5	6,092	1,454
BWg	100	4,68	5,75	x	4,60	4,32	5,00	5,50	7,90	x	x	x	x	x	x	x	7	5,392	1,216
BWg	150	4,78	1,73	6,00	4,71	4,32	5,00	4,95	7,60	x	5,00	5,00	x	x	x	x	10	4,909	1,453
BWg	200	5,79	1,73	6,00	5,78	5,40	3,75	4,95	7,20	x	5,00	5,00	2,58	2,58	2,58	2,58	13	4,486	1,676
BWg	250	7,68	4,60	5,00	7,60	7,56	3,75	4,40	6,80	x	5,00	5,00	2,06	2,06	2,06	2,06	13	4,890	2,073
BWg	300	9,56	4,60	6,00	9,52	9,72	3,75	4,40	6,40	x	5,00	5,00	1,85	1,85	1,85	1,85	13	5,347	2,838

Grundrissform 4

		%																	
	kg/m³-E	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9	E10	E11	E12	E13	E14	E15	n _e	MW	StabW
BWg	50	5,03	x	x	5,01	5,55	x	x	8,30	8,00	x	x	x	x	x	x	5	6,378	1,635
BWg	100	4,76	5,75	x	4,69	4,44	5,20	5,50	8,00	x	x	x	x	x	x	x	7	5,477	1,206
BWg	150	4,87	1,73	6,00	4,80	4,44	5,20	4,95	7,70	x	4,00	4,00	x	x	x	x	10	4,768	1,524
BWg	200	5,90	1,73	6,00	5,89	5,55	3,90	4,95	7,30	x	4,00	4,00	2,70	2,70	2,70	2,70	13	4,408	1,669
BWg	250	7,82	4,60	5,00	7,74	7,77	3,90	4,40	6,90	x	4,00	4,00	2,16	2,16	2,16	2,16	13	4,816	2,126
BWg	300	9,74	4,60	6,00	9,70	9,99	3,90	4,40	6,50	x	4,00	4,00	1,94	1,94	1,94	1,94	13	5,281	2,935

Grundrissform 5

		%																	
	kg/m³-E	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9	E10	E11	E12	E13	E14	E15	n _e	MW	StabW
BWg	50	5,48	x	x	5,06	6,10	x	x	8,60	9,00	x	x	x	x	x	x	5	6,849	1,825
BWg	100	5,20	6,25	x	4,73	4,88	6,00	6,00	8,30	x	x	x	x	x	x	x	7	5,908	1,212
BWg	150	5,32	1,88	7,00	4,84	4,88	6,00	5,40	8,00	x	5,00	5,00	x	x	x	x	10	5,331	1,598
BWg	200	6,43	1,88	7,00	5,94	6,10	4,50	5,40	7,60	x	5,00	5,00	2,80	2,80	2,80	2,80	13	4,865	1,811
BWg	250	8,53	5,00	6,00	7,81	8,54	4,50	4,80	7,20	x	5,00	5,00	2,24	2,24	2,24	2,24	13	5,316	2,247
BWg	300	10,62	5,00	7,00	9,79	10,98	4,50	4,80	6,90	x	5,00	5,00	2,02	2,02	2,02	2,02	13	5,818	3,112

Grundrissform 6

		%																	
	kg/m³-E	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9	E10	E11	E12	E13	E14	E15	n _e	MW	StabW
BWg	50	5,48	x	x	5,52	6,20	x	x	9,60	10,00	x	x	x	x	x	x	5	7,361	2,249
BWg	100	5,20	6,40	x	5,16	4,96	6,80	6,50	9,30	x	x	x	x	x	x	x	7	6,331	1,506
BWg	150	5,32	1,92	8,00	5,28	4,96	6,80	5,85	9,00	x	7,00	7,00	x	x	x	x	10	6,113	1,951
BWg	200	6,43	1,92	8,00	6,48	6,20	5,10	5,85	8,60	x	7,00	7,00	2,88	2,88	2,88	2,88	13	5,477	2,169
BWg	250	8,53	5,12	7,00	8,52	8,68	5,10	5,20	8,20	x	7,00	7,00	2,30	2,30	2,30	2,30	13	5,942	2,433
BWg	300	10,62	5,12	8,00	10,68	11,16	5,10	5,20	7,90	x	7,00	7,00	2,07	2,07	2,07	2,07	13	6,461	3,231

Grundrissform 7

		%																	
	kg/m³-E	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9	E10	E11	E12	E13	E14	E15	n _e	MW	StabW
BWg	50	5,71	x	x	5,98	6,20	x	x	9,70	10,00	x	x	x	x	x	x	5	7,519	2,138
BWg	100	5,41	6,40	x	5,59	4,96	7,60	7,00	9,40	x	x	x	x	x	x	x	7	6,623	1,536
BWg	150	5,54	1,92	8,00	5,72	4,96	7,60	6,30	9,10	x	7,00	7,00	x	x	x	x	10	6,314	1,980
BWg	200	6,70	1,92	8,00	7,02	6,20	5,70	6,30	8,70	x	7,00	7,00	2,95	2,95	2,95	2,95	13	5,645	2,198
BWg	250	8,89	5,12	7,00	9,23	8,68	5,70	5,60	8,30	x	7,00	7,00	2,36	2,36	2,36	2,36	13	6,123	2,497
BWg	300	11,06	5,12	8,00	11,57	11,16	5,70	5,60	8,00	x	7,00	7,00	2,12	2,12	2,12	2,12	13	6,660	3,338

Grundrissform 8

		%																	
	kg/m³-E	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9	E10	E11	E12	E13	E14	E15	n _e	MW	StabW
BWg	50	5,94	x	x	5,98	6,25	x	x	9,90	10,00	x	x	x	x	x	x	5	7,614	2,136
BWg	100	5,63	6,60	x	5,59	5,00	7,20	7,50	9,60	x	x	x	x	x	x	x	7	6,731	1,558
BWg	150	5,76	1,98	6,00	5,72	5,00	7,20	6,75	9,30	x	4,00	4,00	x	x	x	x	10	5,571	2,010
BWg	200	6,97	1,98	6,00	7,02	6,25	5,40	6,75	8,90	x	4,00	4,00	3,05	3,05	3,05	3,05	13	5,109	2,068
BWg	250	9,24	5,28	5,00	9,23	8,75	5,40	6,00	8,50	x	4,00	4,00	2,44	2,44	2,44	2,44	13	5,594	2,590
BWg	300	11,51	5,28	6,00	11,57	11,25	5,40	6,00	8,20	x	4,00	4,00	2,20	2,20	2,20	2,20	13	6,138	3,485

A.3.10 Stabstahl ø 32

Stabdurchmesser 32

Grundrissform 1

		%														n _E	MW	StabW	
kg/m ³ -E	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9	E10	E11	E12	E13	E14	E15				
BWg	50	x	x	x	x	x	x	x	x	7,20	x	x	x	x	x	x	1	7,200	x
BWg	100	x	x	x	x	x	x	x	x	6,90	x	x	x	x	x	x	1	6,900	x
BWg	150	x	4,50	x	x	x	x	4,50	6,60	x	x	x	x	x	x	3	5,200	1,212	
BWg	200	x	4,50	x	x	x	x	4,50	6,20	x	x	x	x	x	x	3	5,067	0,981	
BWg	250	x	4,00	x	x	x	x	4,00	5,80	x	x	x	x	x	x	3	4,600	1,039	
BWg	300	x	4,00	x	x	x	x	4,00	5,50	x	x	x	x	x	x	3	4,500	0,866	

Grundrissform 2

		%														n _E	MW	StabW	
kg/m ³ -E	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9	E10	E11	E12	E13	E14	E15				
BWg	50	x	x	x	x	x	x	x	x	7,60	x	x	x	x	x	x	1	7,600	x
BWg	100	x	x	x	x	x	x	x	x	7,30	x	x	x	x	x	x	1	7,300	x
BWg	150	x	4,86	x	x	x	x	4,73	7,00	x	x	x	x	x	x	3	5,528	1,276	
BWg	200	x	4,86	x	x	x	x	4,73	6,80	x	x	x	x	x	x	3	5,462	1,161	
BWg	250	x	4,32	x	x	x	x	4,20	6,20	x	x	x	x	x	x	3	4,907	1,122	
BWg	300	x	4,32	x	x	x	x	4,20	5,90	x	x	x	x	x	x	3	4,807	0,949	

Grundrissform 3

		%														n _E	MW	StabW	
kg/m ³ -E	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9	E10	E11	E12	E13	E14	E15				
BWg	50	x	x	x	x	x	x	x	x	7,40	x	x	x	x	x	x	1	7,400	x
BWg	100	x	x	x	x	x	x	x	x	7,10	x	x	x	x	x	x	1	7,100	x
BWg	150	x	5,18	x	x	x	x	4,95	6,80	x	x	x	x	x	x	3	5,642	1,009	
BWg	200	x	5,18	x	x	x	x	4,95	6,40	x	x	x	x	x	x	3	5,508	0,780	
BWg	250	x	4,60	x	x	x	x	4,40	6,00	x	x	x	x	x	x	3	5,000	0,872	
BWg	300	x	4,60	x	x	x	x	4,40	5,70	x	x	x	x	x	x	3	4,900	0,700	

Grundrissform 4

		%														n _E	MW	StabW	
kg/m ³ -E	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9	E10	E11	E12	E13	E14	E15				
BWg	50	x	x	x	x	x	x	x	x	7,50	x	x	x	x	x	x	1	7,500	x
BWg	100	x	x	x	x	x	x	x	x	7,20	x	x	x	x	x	x	1	7,200	x
BWg	150	x	5,18	x	x	x	x	4,95	6,90	x	x	x	x	x	x	3	5,675	1,067	
BWg	200	x	5,18	x	x	x	x	4,95	6,70	x	x	x	x	x	x	3	5,608	0,952	
BWg	250	x	4,60	x	x	x	x	4,40	6,10	x	x	x	x	x	x	3	5,033	0,929	
BWg	300	x	4,60	x	x	x	x	4,40	5,80	x	x	x	x	x	x	3	4,933	0,757	

Grundrissform 5

		%														n _E	MW	StabW	
kg/m ³ -E	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9	E10	E11	E12	E13	E14	E15				
BWg	50	x	x	x	x	x	x	x	x	7,80	x	x	x	x	x	x	1	7,800	x
BWg	100	x	x	x	x	x	x	x	x	7,50	x	x	x	x	x	x	1	7,500	x
BWg	150	x	5,63	x	x	x	x	5,40	7,20	x	x	x	x	x	x	3	6,075	0,981	
BWg	200	x	5,63	x	x	x	x	5,40	7,00	x	x	x	x	x	x	3	6,008	0,866	
BWg	250	x	5,00	x	x	x	x	4,80	6,40	x	x	x	x	x	x	3	5,400	0,872	
BWg	300	x	5,00	x	x	x	x	4,80	6,10	x	x	x	x	x	x	3	5,300	0,700	

Grundrissform 6

		%														n _E	MW	StabW	
kg/m ³ -E	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9	E10	E11	E12	E13	E14	E15				
BWg	50	x	x	x	x	x	x	x	x	8,80	x	x	x	x	x	x	1	8,800	x
BWg	100	x	x	x	x	x	x	x	x	8,50	x	x	x	x	x	x	1	8,500	x
BWg	150	x	5,76	x	x	x	x	5,85	8,20	x	x	x	x	x	x	3	6,603	1,383	
BWg	200	x	5,76	x	x	x	x	5,85	8,00	x	x	x	x	x	x	3	6,537	1,268	
BWg	250	x	5,12	x	x	x	x	5,20	7,40	x	x	x	x	x	x	3	5,907	1,294	
BWg	300	x	5,12	x	x	x	x	5,20	7,10	x	x	x	x	x	x	3	5,807	1,121	

Grundrissform 7

		%														n _E	MW	StabW	
kg/m ³ -E	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9	E10	E11	E12	E13	E14	E15				
BWg	50	x	x	x	x	x	x	x	x	8,90	x	x	x	x	x	x	1	8,900	x
BWg	100	x	x	x	x	x	x	x	x	8,60	x	x	x	x	x	x	1	8,600	x
BWg	150	x	5,76	x	x	x	x	6,30	8,30	x	x	x	x	x	x	3	6,787	1,338	
BWg	200	x	5,76	x	x	x	x	6,30	8,10	x	x	x	x	x	x	3	6,720	1,225	
BWg	250	x	5,12	x	x	x	x	5,60	7,50	x	x	x	x	x	x	3	6,073	1,259	
BWg	300	x	5,12	x	x	x	x	5,60	7,20	x	x	x	x	x	x	3	5,973	1,089	

Grundrissform 8

		%														n _E	MW	StabW	
kg/m ³ -E	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9	E10	E11	E12	E13	E14	E15				
BWg	50	x	x	x	x	x	x	x	x	9,10	x	x	x	x	x	x	1	9,100	x
BWg	100	x	x	x	x	x	x	x	x	8,80	x	x	x	x	x	x	1	8,800	x
BWg	150	x	5,94	x	x	x	x	6,75	8,50	x	x	x	x	x	x	3	7,063	1,308	
BWg	200	x	5,94	x	x	x	x	6,75	8,30	x	x	x	x	x	x	3	6,997	1,199	
BWg	250	x	5,28	x	x	x	x	6,00	7,70	x	x	x	x	x	x	3	6,327	1,243	
BWg	300	x	5,28	x	x	x	x	6,00	7,40	x	x	x	x	x	x	3	6,227	1,078	

A.3.11 Stabstahl ø 36

Stabdurchmesser 36

Grundrissform 1

		%														n _e	MW	StabW
kg/m ³ -E	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9	E10	E11	E12	E13	E14	E15			
BWg	50	4,35	x	x	4,40	4,00	x	x	6,70	4,00	x	x	x	x	x	5	4,690	1,139
BWg	100	4,14	x	x	4,10	4,00	x	x	6,40	x	x	x	x	x	x	4	4,660	1,161
BWg	150	4,23	4,00	x	4,20	4,00	5,00	4,50	6,10	x	x	x	x	x	x	7	4,576	0,756
BWg	200	5,03	4,00	4,00	5,00	5,00	5,00	4,50	5,70	x	4,00	4,00	x	x	x	10	4,623	0,607
BWg	250	6,54	4,00	3,00	6,50	7,00	5,00	4,00	5,40	x	4,00	4,00	1,90	1,90	1,90	13	4,242	1,783
BWg	300	8,25	4,00	3,00	8,30	8,00	5,00	4,00	5,00	x	4,00	4,00	1,70	1,70	1,70	13	4,512	2,381

Grundrissform 2

		%														n _e	MW	StabW
kg/m ³ -E	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9	E10	E11	E12	E13	E14	E15			
BWg	50	4,52	x	x	4,53	4,20	x	x	7,10	5,00	x	x	x	x	x	5	5,071	1,169
BWg	100	4,31	x	x	4,22	4,20	x	x	6,80	x	x	x	x	x	x	4	4,882	1,279
BWg	150	4,40	4,32	x	4,33	4,20	5,75	4,73	6,50	x	x	x	x	x	x	7	4,889	0,887
BWg	200	5,23	4,32	5,00	5,15	5,25	5,75	4,73	6,10	x	4,00	4,00	x	x	x	10	4,953	0,701
BWg	250	6,80	4,32	4,00	6,70	7,35	5,75	4,20	5,80	x	4,00	4,00	1,94	1,94	1,94	13	4,518	1,872
BWg	300	8,58	4,32	4,00	8,55	8,40	5,75	4,20	5,40	x	4,00	4,00	1,73	1,73	1,73	13	4,800	2,471

Grundrissform 3

		%														n _e	MW	StabW
kg/m ³ -E	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9	E10	E11	E12	E13	E14	E15			
BWg	50	4,70	x	x	4,71	4,32	x	x	6,90	6,00	x	x	x	x	x	5	5,325	1,086
BWg	100	4,47	x	x	4,39	4,32	x	x	6,60	x	x	x	x	x	x	4	4,945	1,105
BWg	150	4,57	4,60	x	4,49	4,32	6,25	4,95	6,30	x	x	x	x	x	x	7	5,069	0,845
BWg	200	5,43	4,60	5,00	5,35	5,40	6,25	4,95	5,90	x	5,00	5,00	x	x	x	10	5,288	0,491
BWg	250	7,06	4,60	4,00	6,96	7,56	6,25	4,40	5,60	x	5,00	5,00	1,96	1,96	1,96	13	4,792	1,943
BWg	300	8,91	4,60	4,00	8,88	8,64	6,25	4,40	5,20	x	5,00	5,00	1,75	1,75	1,75	13	5,087	2,554

Grundrissform 4

		%														n _e	MW	StabW
kg/m ³ -E	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9	E10	E11	E12	E13	E14	E15			
BWg	50	4,79	x	x	4,80	4,44	x	x	7,00	7,00	x	x	x	x	x	5	5,604	1,282
BWg	100	4,55	x	x	4,47	4,44	x	x	6,70	x	x	x	x	x	x	4	5,041	1,107
BWg	150	4,65	4,60	x	4,58	4,44	6,50	4,95	6,40	x	x	x	x	x	x	7	5,160	0,895
BWg	200	5,53	4,60	5,00	5,45	5,55	6,50	4,95	6,00	x	4,00	4,00	x	x	x	10	5,158	0,813
BWg	250	7,19	4,60	4,00	7,09	7,77	6,50	4,40	5,70	x	4,00	4,00	2,05	2,05	2,05	13	4,723	2,004
BWg	300	9,08	4,60	4,00	9,05	8,88	6,50	4,40	5,30	x	4,00	4,00	1,84	1,84	1,84	13	5,024	2,645

Grundrissform 5

		%														n _e	MW	StabW
kg/m ³ -E	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9	E10	E11	E12	E13	E14	E15			
BWg	50	5,22	x	x	4,84	4,88	x	x	7,30	8,00	x	x	x	x	x	5	6,048	1,491
BWg	100	4,97	x	x	4,51	4,88	x	x	7,00	x	x	x	x	x	x	4	5,340	1,125
BWg	150	5,08	5,00	x	4,62	4,88	7,50	5,40	6,70	x	x	x	x	x	x	7	5,597	1,078
BWg	200	6,04	5,00	5,00	5,50	6,10	7,50	5,40	6,30	x	5,00	5,00	x	x	x	10	5,684	0,814
BWg	250	7,85	5,00	4,00	7,15	8,54	7,50	4,80	6,00	x	5,00	5,00	2,13	2,13	2,13	13	5,171	2,197
BWg	300	9,90	5,00	4,00	9,13	9,76	7,50	4,80	5,60	x	5,00	5,00	1,90	1,90	1,90	13	5,492	2,843

Grundrissform 6

		%														n _e	MW	StabW
kg/m ³ -E	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9	E10	E11	E12	E13	E14	E15			
BWg	50	5,22	x	x	5,28	4,96	x	x	8,30	9,00	x	x	x	x	x	5	6,552	1,935
BWg	100	4,97	x	x	4,92	4,96	x	x	8,00	x	x	x	x	x	x	4	5,712	1,525
BWg	150	5,08	5,12	x	5,04	4,96	8,50	5,85	7,70	x	x	x	x	x	x	7	6,035	1,460
BWg	200	6,04	5,12	6,00	6,00	6,20	8,50	5,85	7,30	x	7,00	7,00	x	x	x	10	6,501	0,959
BWg	250	7,85	5,12	5,00	7,80	8,68	8,50	5,20	7,00	x	7,00	7,00	2,19	2,19	2,19	13	5,823	2,394
BWg	300	9,90	5,12	5,00	9,96	9,92	8,50	5,20	6,60	x	7,00	7,00	1,96	1,96	1,96	13	6,159	2,973

Grundrissform 7

		%														n _e	MW	StabW
kg/m ³ -E	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9	E10	E11	E12	E13	E14	E15			
BWg	50	5,44	x	x	5,72	4,96	x	x	8,40	9,00	x	x	x	x	x	5	6,704	1,855
BWg	100	5,18	x	x	5,33	4,96	x	x	8,10	x	x	x	x	x	x	4	5,891	1,480
BWg	150	5,29	5,12	x	5,46	4,96	9,50	6,30	7,80	x	x	x	x	x	x	7	6,347	1,703
BWg	200	6,29	5,12	6,00	6,50	6,20	9,50	6,30	7,90	x	7,00	7,00	x	x	x	10	6,781	1,202
BWg	250	8,18	5,12	5,00	8,45	8,68	9,50	5,60	7,10	x	7,00	7,00	2,24	2,24	2,24	13	6,027	2,544
BWg	300	10,31	5,12	5,00	10,79	9,92	9,50	5,60	6,70	x	7,00	7,00	2,01	2,01	2,01	13	6,382	3,156

Grundrissform 8

		%														n _e	MW	StabW
kg/m ³ -E	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9	E10	E11	E12	E13	E14	E15			
BWg	50	5,66	x	x	5,72	5,00	x	x	8,60	10,00	x	x	x	x	x	5	6,995	2,180
BWg	100	5,38	x	x	5,33	5,00	x	x	8,30	x	x	x	x	x	x	4	6,003	1,541
BWg	150	5,50	5,28	x	5,46	5,00	9,00	6,75	8,00	x	x	x	x	x	x	7	6,427	1,546
BWg	200	6,54	5,28	5,00	6,50	6,25	9,00	6,75	7,60	x	4,00	4,00	x	x	x	10	6,092	1,569
BWg	250	8,50	5,28	4,00	8,45	8,75	9,00	6,00	7,30	x	4,00	4,00	2,32	2,32	2,32	13	5,557	2,600
BWg	300	10,73	5,28	4,00	10,79	10,00	9,00	6,00	6,90	x	4,00	4,00	2,07	2,07	2,07	13	5,917	3,288

A.3.12 Stabstahl ø 40

Stabdurchmesser 40

Grundrissform 1

	kg/m³-E	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9	E10	E11	E12	E13	E14	E15	n _E	MW	StabW
BWg	50	4,30	x	x	4,30	4,00	x	x	6,20	x	x	x	x	x	x	x	4	4,700	1,010
BWg	100	4,10	x	x	4,00	4,00	x	x	5,90	x	x	x	x	x	x	x	4	4,500	0,935
BWg	150	4,19	4,00	x	4,10	4,00	6,00	4,50	5,60	x	x	x	x	x	x	x	7	4,627	0,827
BWg	200	4,96	4,00	3,00	4,90	5,00	6,00	4,50	5,20	x	x	x	x	x	x	x	8	4,695	0,891
BWg	250	6,43	4,00	2,00	6,40	6,00	6,00	4,00	4,90	x	x	x	x	x	x	x	8	4,966	1,559
BWg	300	7,88	4,00	2,00	7,90	8,00	6,00	4,00	4,50	x	2,00	2,00	x	x	x	x	10	4,828	2,487

Grundrissform 2

		%																	
	kg/m³-E	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9	E10	E11	E12	E13	E14	E15	n _E	MW	StabW
BWg	50	4,47	x	x	4,43	4,20	x	x	6,60	4,00	x	x	x	x	x	x	5	4,740	1,057
BWg	100	4,26	x	x	4,12	4,20	x	x	6,30	x	x	x	x	x	x	x	4	4,721	1,054
BWg	150	4,36	4,32	x	4,22	4,20	6,90	4,73	6,00	x	x	x	x	x	x	x	7	4,961	1,064
BWg	200	5,16	4,32	4,00	5,05	5,25	6,90	4,73	5,60	x	x	x	x	x	x	x	8	5,125	0,884
BWg	250	6,69	4,32	3,00	6,59	6,30	6,90	4,20	5,30	x	x	x	x	x	x	x	8	5,412	1,440
BWg	300	8,20	4,32	3,00	8,14	8,40	6,90	4,20	4,90	x	2,00	2,00	x	x	x	x	10	5,205	2,537

Grundrissform 3

		%																	
	kg/m³-E	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9	E10	E11	E12	E13	E14	E15	n _E	MW	StabW
BWg	50	4,64	x	x	4,60	4,32	x	x	6,40	5,00	x	x	x	x	x	x	5	4,993	0,823
BWg	100	4,43	x	x	4,28	4,32	x	x	6,10	x	x	x	x	x	x	x	4	4,782	0,881
BWg	150	4,53	4,60	x	4,39	4,32	7,50	4,95	5,80	x	x	x	x	x	x	x	7	5,155	1,151
BWg	200	5,36	4,60	4,00	5,24	5,40	7,50	4,95	5,40	x	x	x	x	x	x	x	8	5,306	1,012
BWg	250	6,94	4,60	3,00	6,85	6,48	7,50	4,40	5,10	x	x	x	x	x	x	x	8	5,609	1,567
BWg	300	8,51	4,60	3,00	8,45	8,64	7,50	4,40	4,70	x	2,00	2,00	x	x	x	x	10	5,380	2,686

Grundrissform 4

		%																	
	kg/m³-E	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9	E10	E11	E12	E13	E14	E15	n _E	MW	StabW
BWg	50	4,73	x	x	4,69	4,44	x	x	6,50	6,00	x	x	x	x	x	x	5	5,271	0,917
BWg	100	4,51	x	x	4,36	4,44	x	x	6,20	x	x	x	x	x	x	x	4	4,878	0,884
BWg	150	4,61	4,60	x	4,47	4,44	7,80	4,95	5,90	x	x	x	x	x	x	x	7	5,253	1,233
BWg	200	5,46	4,60	4,00	5,34	5,55	7,80	4,95	5,50	x	x	x	x	x	x	x	8	5,400	1,109
BWg	250	7,07	4,60	3,00	6,98	6,66	7,80	4,40	5,20	x	x	x	x	x	x	x	8	5,714	1,660
BWg	300	8,67	4,60	3,00	8,61	8,88	7,80	4,40	4,80	x	2,00	2,00	x	x	x	x	10	5,476	2,783

Grundrissform 5

		%																	
	kg/m³-E	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9	E10	E11	E12	E13	E14	E15	n _E	MW	StabW
BWg	50	5,16	x	x	4,73	4,88	x	x	6,80	7,00	x	x	x	x	x	x	5	5,714	1,096
BWg	100	4,92	x	x	4,40	4,88	x	x	6,50	x	x	x	x	x	x	x	4	5,175	0,914
BWg	150	5,03	5,00	x	4,51	4,88	9,00	5,40	6,20	x	x	x	x	x	x	x	7	5,717	1,542
BWg	200	5,95	5,00	4,00	5,39	6,10	9,00	5,40	5,80	x	x	x	x	x	x	x	8	5,830	1,442
BWg	250	7,72	5,00	3,00	7,04	7,32	9,00	4,80	5,60	x	x	x	x	x	x	x	8	6,185	1,931
BWg	300	9,46	5,00	3,00	8,69	9,76	9,00	4,80	5,10	x	3,00	3,00	x	x	x	x	10	6,081	2,838

Grundrissform 6

		%																	
	kg/m³-E	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9	E10	E11	E12	E13	E14	E15	n _E	MW	StabW
BWg	50	5,16	x	x	5,16	4,96	x	x	7,80	8,00	x	x	x	x	x	x	5	6,216	1,541
BWg	100	4,92	x	x	4,80	4,96	x	x	7,50	x	x	x	x	x	x	x	4	5,545	1,305
BWg	150	5,03	5,12	x	4,92	4,96	10,20	5,85	7,20	x	x	x	x	x	x	x	7	6,183	1,951
BWg	200	5,95	5,12	5,00	5,88	6,20	10,20	5,85	6,80	x	x	x	x	x	x	x	8	6,375	1,648
BWg	250	7,72	5,12	4,00	7,68	7,44	10,20	5,20	6,80	x	x	x	x	x	x	x	8	6,770	1,957
BWg	300	9,46	5,12	4,00	9,48	9,92	10,20	5,20	6,10	x	5,00	5,00	x	x	x	x	10	6,948	2,483

Grundrissform 7

		%																	
	kg/m³-E	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9	E10	E11	E12	E13	E14	E15	n _E	MW	StabW
BWg	50	5,38	x	x	5,59	4,96	x	x	7,90	8,00	x	x	x	x	x	x	5	6,365	1,465
BWg	100	5,13	x	x	5,20	4,96	x	x	7,50	x	x	x	x	x	x	x	4	5,696	1,207
BWg	150	5,24	5,12	x	5,33	4,96	11,40	6,30	7,20	x	x	x	x	x	x	x	7	6,507	2,301
BWg	200	6,20	5,12	5,00	6,37	6,20	11,40	6,30	6,80	x	x	x	x	x	x	x	8	6,674	2,009
BWg	250	8,04	5,12	4,00	8,32	7,44	11,40	5,60	6,60	x	x	x	x	x	x	x	8	7,065	2,299
BWg	300	9,85	5,12	4,00	10,27	9,92	11,40	5,60	6,20	x	5,00	5,00	x	x	x	x	10	7,236	2,774

Grundrissform 8

		%																	
	kg/m³-E	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9	E10	E11	E12	E13	E14	E15	n _E	MW	StabW
BWg	50	5,59	x	x	5,59	5,00	x	x	8,10	9,00	x	x	x	x	x	x	5	6,656	1,774
BWg	100	5,33	x	x	5,20	5,00	x	x	7,70	x	x	x	x	x	x	x	4	5,808	1,269
BWg	150	5,45	5,28	x	5,33	5,00	10,80	6,75	7,50	x	x	x	x	x	x	x	7	6,587	2,070
BWg	200	6,45	5,28	4,00	6,37	6,25	10,80	6,75	7,00	x	x	x	x	x	x	x	8	6,612	1,947
BWg	250	8,36	5,28	3,00	8,32	7,50	10,80	6,00	6,80	x	x	x	x	x	x	x	8	7,007	2,338
BWg	300	10,24	5,28	3,00	10,27	10,00	10,80	6,00	6,40	x	3,00	3,00	x	x	x	x	10	6,799	3,276

A.3.13 Mattenstahl AQ 42

Mattenstahl AQ 42

Grundrissform 1

	kg/m³-E	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9	E10	E11	E12	E13	E14	E15	n _E	MW	StabW
BWg	50	8,66	10,50	x	8,70	9,00	10,00	13,00	17,00	8,00	x	x	x	5,50	5,50	5,50	11	9,215	3,474
BWg	100	7,20	x	x	7,20	7,00	x	x	16,60	x	x	x	x	x	x	x	4	9,500	4,734
BWg	150	7,71	x	x	7,70	8,00	x	x	16,20	x	x	x	x	x	x	x	4	9,903	4,201
BWg	200	10,19	x	x	10,20	10,00	x	x	15,80	x	x	x	x	x	x	x	4	11,548	2,836
BWg	250	12,53	x	x	12,50	13,00	x	x	15,40	x	x	x	x	x	x	x	4	13,358	1,381
BWg	300	16,59	x	x	16,60	17,00	x	x	15,00	x	x	x	x	x	x	x	4	16,298	0,886

Grundrissform 2

		%																	
	kg/m³-E	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9	E10	E11	E12	E13	E14	E15	n _E	MW	StabW
BWg	50	9,01	11,34	x	8,96	9,45	11,50	13,65	17,4	8,00	x	x	x	5,61	5,61	5,61	11	9,649	3,674
BWg	100	7,49	x	x	7,42	7,35	x	x	17	x	x	x	x	x	x	x	4	9,814	4,791
BWg	150	8,02	x	x	7,93	8,40	x	x	16,6	x	x	x	x	x	x	x	4	10,237	4,247
BWg	200	10,60	x	x	10,51	10,50	x	x	16,2	x	x	x	x	x	x	x	4	11,951	2,833
BWg	250	13,03	x	x	12,88	13,65	x	x	15,8	x	x	x	x	x	x	x	4	13,839	1,349
BWg	300	17,25	x	x	17,10	17,85	x	x	15,4	x	x	x	x	x	x	x	4	16,900	1,051

Grundrissform 3

		%																	
	kg/m³-E	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9	E10	E11	E12	E13	E14	E15	n _E	MW	StabW
BWg	50	9,35	12,08	x	9,31	9,72	12,50	14,30	17,2	8,00	x	x	x	5,67	5,67	5,67	11	9,950	3,771
BWg	100	7,78	x	x	7,70	7,56	x	x	16,8	x	x	x	x	x	x	x	4	9,960	4,561
BWg	150	8,33	x	x	8,24	8,64	x	x	16,4	x	x	x	x	x	x	x	4	10,401	4,003
BWg	200	11,01	x	x	10,91	10,80	x	x	16	x	x	x	x	x	x	x	4	12,180	2,548
BWg	250	13,53	x	x	13,38	14,04	x	x	15,6	x	x	x	x	x	x	x	4	14,137	1,016
BWg	300	17,92	x	x	17,76	18,36	x	x	15,2	x	x	x	x	x	x	x	4	17,310	1,429

Grundrissform 4

		%																	
	kg/m³-E	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9	E10	E11	E12	E13	E14	E15	n _E	MW	StabW
BWg	50	9,53	12,08	x	9,48	9,99	13,00	14,30	17,3	9,00	x	x	x	5,94	5,94	5,94	11	10,227	3,681
BWg	100	7,92	x	x	7,85	7,77	x	x	16,9	x	x	x	x	x	x	x	4	10,110	4,527
BWg	150	8,48	x	x	8,39	8,88	x	x	16,5	x	x	x	x	x	x	x	4	10,564	3,963
BWg	200	11,21	x	x	11,12	11,10	x	x	16,2	x	x	x	x	x	x	x	4	12,407	2,529
BWg	250	13,78	x	x	13,63	14,43	x	x	15,7	x	x	x	x	x	x	x	4	14,385	0,944
BWg	300	18,25	x	x	18,09	18,87	x	x	15,3	x	x	x	x	x	x	x	4	17,628	1,588

Grundrissform 5

		%																	
	kg/m³-E	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9	E10	E11	E12	E13	E14	E15	n _E	MW	StabW
BWg	50	10,39	13,13	x	9,57	10,98	15,00	15,60	17,6	9,00	x	x	x	6,16	6,16	6,16	11	10,886	4,022
BWg	100	8,64	x	x	7,92	8,54	x	x	17,2	x	x	x	x	x	x	x	4	10,575	4,428
BWg	150	9,25	x	x	8,47	9,76	x	x	16,8	x	x	x	x	x	x	x	4	11,071	3,856
BWg	200	12,23	x	x	11,22	12,20	x	x	16,5	x	x	x	x	x	x	x	4	13,037	2,356
BWg	250	15,04	x	x	13,75	15,86	x	x	16	x	x	x	x	x	x	x	4	15,162	1,033
BWg	300	19,91	x	x	18,26	20,74	x	x	15,6	x	x	x	x	x	x	x	4	18,627	2,266

Grundrissform 6

		%																	
	kg/m³-E	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9	E10	E11	E12	E13	E14	E15	n _E	MW	StabW
BWg	50	10,39	13,44	x	10,44	11,16	17,00	18,6	9,00	x	x	x	x	6,33	6,33	6,33	11	11,446	4,501
BWg	100	8,64	x	x	8,64	8,68	x	x	18,2	x	x	x	x	x	x	x	4	11,040	4,773
BWg	150	9,25	x	x	9,24	9,92	x	x	17,8	x	x	x	x	x	x	x	4	11,553	4,177
BWg	200	12,23	x	x	12,24	12,40	x	x	17,5	x	x	x	x	x	x	x	4	13,592	2,607
BWg	250	15,04	x	x	15,00	16,12	x	x	17	x	x	x	x	x	x	x	4	15,789	0,960
BWg	300	19,91	x	x	19,92	21,08	x	x	16,6	x	x	x	x	x	x	x	4	19,377	1,931

Grundrissform 7

		%																	
	kg/m³-E	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9	E10	E11	E12	E13	E14	E15	n _E	MW	StabW
BWg	50	10,83	13,44	x	11,31	11,16	19,00	18,20	18,7	9,00	x	x	x	6,49	6,49	6,49	11	11,919	4,868
BWg	100	9,00	x	x	9,36	8,68	x	x	18,3	x	x	x	x	x	x	x	4	11,335	4,652
BWg	150	9,64	x	x	10,01	9,92	x	x	17,9	x	x	x	x	x	x	x	4	11,867	4,025
BWg	200	12,74	x	x	13,26	12,40	x	x	17,6	x	x	x	x	x	x	x	4	13,999	2,426
BWg	250	15,66	x	x	16,25	16,12	x	x	17,1	x	x	x	x	x	x	x	4	16,283	0,600
BWg	300	20,74	x	x	21,58	21,08	x	x	16,7	x	x	x	x	x	x	x	4	20,024	2,243

Grundrissform 8

		%																	
	kg/m³-E	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9	E10	E11	E12	E13	E14	E15	n _E	MW	StabW
BWg	50	11,26	13,86	x	11,31	11,25	18,00	19,50	18,9	10,00	x	x	x	6,71	6,71	6,71	11	12,201	4,821
BWg	100	9,36	x	x	9,36	8,75	x	x	18,5	x	x	x	x	x	x	x	4	11,493	4,681
BWg	150	10,02	x	x	10,01	10,00	x	x	18,1	x	x	x	x	x	x	x	4	12,033	4,045
BWg	200	13,25	x	x	13,26	12,50	x	x	17,8	x	x	x	x	x	x	x	4	14,202	2,425
BWg	250	16,29	x	x	16,25	16,25	x	x	17,3	x	x	x	x	x	x	x	4	16,522	0,519
BWg	300	21,57	x	x	21,58	21,25	x	x	16,9	x	x	x	x	x	x	x	4	20,324	2,288

A.3.14 Mattenstahl AQ 50

Mattenstahl AQ 50

Grundrissform 1

	kg/m³-E	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9	E10	E11	E12	E13	E14	E15	n _E	MW	StabW
BWg	50	7,74	10,00	21,00	7,70	8,00	9,00	12,00	15,00	8,00	x	x	x	5,00	5,00	5,00	12	9,453	4,679
BWg	100	6,43	x	21,00	6,40	6,00	x	x	14,60	x	x	x	x	x	x	x	5	10,886	6,707
BWg	150	6,89	x	22,00	6,90	7,00	x	x	14,20	x	x	x	x	x	x	x	5	11,398	6,711
BWg	200	9,10	x	23,00	9,00	9,00	x	x	13,80	x	x	x	x	x	x	x	5	12,780	6,075
BWg	250	11,19	x	25,00	11,20	11,00	x	x	13,40	x	x	x	x	x	x	x	5	14,358	6,030
BWg	300	14,81	x	28,00	14,80	15,00	x	x	13,00	x	x	x	x	x	x	x	5	17,122	6,135

Grundrissform 2

		%																	
	kg/m³-E	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9	E10	E11	E12	E13	E14	E15	n _E	MW	StabW
BWg	50	8,05	10,80	22,00	7,93	8,40	10,35	12,60	15,40	8,00	x	x	x	5,10	5,10	5,10	12	9,903	4,929
BWg	100	6,69	x	22,00	6,59	6,30	x	x	15,00	x	x	x	x	x	x	x	5	11,316	7,011
BWg	150	7,17	x	23,00	7,11	7,35	x	x	14,60	x	x	x	x	x	x	x	5	11,845	7,010
BWg	200	9,46	x	24,00	9,27	9,45	x	x	14,20	x	x	x	x	x	x	x	5	13,277	6,346
BWg	250	11,64	x	26,00	11,54	11,55	x	x	13,80	x	x	x	x	x	x	x	5	14,905	6,277
BWg	300	15,40	x	29,00	15,24	15,75	x	x	13,40	x	x	x	x	x	x	x	5	17,759	6,350

Grundrissform 3

		%																	
	kg/m³-E	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9	E10	E11	E12	E13	E14	E15	n _E	MW	StabW
BWg	50	8,36	11,50	22,00	8,24	8,64	11,25	13,20	15,20	8,00	x	x	x	5,15	5,15	5,15	12	10,153	4,927
BWg	100	6,94	x	22,00	6,85	6,48	x	x	14,80	x	x	x	x	x	x	x	5	11,414	6,868
BWg	150	7,44	x	23,00	7,38	7,56	x	x	14,40	x	x	x	x	x	x	x	5	11,957	6,866
BWg	200	9,83	x	24,00	9,63	9,72	x	x	14,00	x	x	x	x	x	x	x	5	13,436	6,189
BWg	250	12,09	x	26,00	11,98	11,88	x	x	13,60	x	x	x	x	x	x	x	5	15,110	6,128
BWg	300	15,99	x	29,00	15,84	16,20	x	x	13,20	x	x	x	x	x	x	x	5	18,046	6,244

Grundrissform 4

		%																	
	kg/m³-E	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9	E10	E11	E12	E13	E14	E15	n _E	MW	StabW
BWg	50	8,51	11,50	22,00	8,39	8,88	11,70	13,20	15,30	9,00	x	x	x	5,40	5,40	5,40	12	10,391	4,826
BWg	100	7,07	x	22,00	6,98	6,66	x	x	14,90	x	x	x	x	x	x	x	5	11,522	6,806
BWg	150	7,58	x	23,00	7,52	7,77	x	x	14,50	x	x	x	x	x	x	x	5	12,074	6,796
BWg	200	10,01	x	24,00	9,81	9,99	x	x	14,10	x	x	x	x	x	x	x	5	13,582	6,097
BWg	250	12,31	x	26,00	12,21	12,21	x	x	12,70	x	x	x	x	x	x	x	5	15,085	6,105
BWg	300	16,29	x	29,00	16,13	16,65	x	x	13,30	x	x	x	x	x	x	x	5	18,275	6,143

Grundrissform 5

		%																	
	kg/m³-E	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9	E10	E11	E12	E13	E14	E15	n _E	MW	StabW
BWg	50	9,29	12,50	22,00	8,47	9,76	13,50	14,40	15,60	9,00	x	x	x	5,60	5,60	5,60	12	10,943	4,904
BWg	100	7,72	x	22,00	7,04	7,32	x	x	15,20	x	x	x	x	x	x	x	5	11,855	6,614
BWg	150	8,27	x	23,00	7,59	8,54	x	x	14,80	x	x	x	x	x	x	x	5	12,440	6,581
BWg	200	10,92	x	24,00	9,90	10,98	x	x	14,40	x	x	x	x	x	x	x	5	14,040	5,822
BWg	250	13,43	x	26,00	12,32	13,42	x	x	13,00	x	x	x	x	x	x	x	5	15,634	5,813
BWg	300	17,77	x	29,00	16,28	18,30	x	x	13,60	x	x	x	x	x	x	x	5	18,990	5,885

Grundrissform 6

		%																	
	kg/m³-E	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9	E10	E11	E12	E13	E14	E15	n _E	MW	StabW
BWg	50	9,29	12,80	23,00	9,24	9,92	15,30	16,60	16,60	9,00	x	x	x	5,75	5,75	5,75	12	11,500	5,301
BWg	100	7,72	x	23,00	7,68	7,44	x	x	16,20	x	x	x	x	x	x	x	5	12,407	6,993
BWg	150	8,27	x	24,00	8,28	8,68	x	x	15,80	x	x	x	x	x	x	x	5	13,006	6,931
BWg	200	10,92	x	24,00	10,80	11,16	x	x	15,40	x	x	x	x	x	x	x	5	14,456	5,673
BWg	250	13,43	x	27,00	13,44	13,64	x	x	14,00	x	x	x	x	x	x	x	5	16,302	5,985
BWg	300	17,77	x	30,00	17,76	18,60	x	x	14,60	x	x	x	x	x	x	x	5	19,746	5,933

Grundrissform 7

		%																	
	kg/m³-E	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9	E10	E11	E12	E13	E14	E15	n _E	MW	StabW
BWg	50	9,68	12,80	23,00	10,01	9,92	17,10	16,80	16,70	9,00	x	x	x	5,90	5,90	5,90	12	11,892	5,452
BWg	100	8,04	x	23,00	8,32	7,44	x	x	16,30	x	x	x	x	x	x	x	5	12,620	6,849
BWg	150	8,61	x	24,00	8,97	8,68	x	x	15,90	x	x	x	x	x	x	x	5	13,233	6,769
BWg	200	11,38	x	24,00	11,70	11,16	x	x	15,50	x	x	x	x	x	x	x	5	14,747	5,471
BWg	250	13,99	x	27,00	14,56	13,64	x	x	14,90	x	x	x	x	x	x	x	5	16,818	5,713
BWg	300	18,51	x	30,00	19,24	18,60	x	x	14,70	x	x	x	x	x	x	x	5	20,211	5,758

Grundrissform 8

		%																	
	kg/m³-E	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9	E10	E11	E12	E13	E14	E15	n _E	MW	StabW
BWg	50	10,06	13,20	23,00	10,01	10,00	16,20	18,00	16,90	10,00	x	x	x	6,10	6,10	6,10	12	12,139	5,394
BWg	100	8,36	x	23,00	8,32	7,50	x	x	16,50	x	x	x	x	x	x	x	5	12,736	6,812
BWg	150	8,96	x	24,00	8,97	8,75	x	x	16,10	x	x	x	x	x	x	x	5	13,355	6,720
BWg	200	11,83	x	24,00	11,70	11,25	x	x	15,50	x	x	x	x	x	x	x	5	14,856	5,389
BWg	250	14,55	x	27,00	14,56	13,75	x	x	14,90	x	x	x	x	x	x	x	5	16,951	5,633
BWg	300	19,25	x	30,00	19,24	18,75	x	x	14,70	x	x	x	x	x	x	x	5	20,389	5,702

A.3.15 Mattenstahl AQ 55

Mattenstahl AQ 55

Grundrissform 1

	kg/m³-E	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9	E10	E11	E12	E13	E14	E15	n _E	MW	StabW
BWg	50	7,04	9,50	19,00	7,00	7,00	9,00	10,00	14,00	7,00	x	x	x	x	x	x	9	9,949	4,092
BWg	100	5,85	9,50	19,00	5,90	6,00	x	10,00	13,50	x	x	x	x	x	x	x	7	9,964	4,891
BWg	150	6,27	x	20,00	6,30	6,00	x	9,00	13,00	x	x	x	x	x	x	x	6	10,095	5,542
BWg	200	8,28	x	21,00	8,30	8,00	x	x	12,50	x	x	x	x	x	x	x	5	11,616	5,569
BWg	250	10,19	x	23,00	10,20	10,00	x	x	12,00	x	x	x	x	x	x	x	5	13,078	5,606
BWg	300	13,49	x	26,00	13,50	13,00	x	x	11,50	x	x	x	x	x	x	x	5	15,498	5,927

Grundrissform 2

		%																	
	kg/m³-E	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9	E10	E11	E12	E13	E14	E15	n _E	MW	StabW
BWg	50	7,32	10,26	20,00	7,21	7,35	10,35	10,50	14,40	8,00	x	x	x	x	x	x	9	10,599	4,221
BWg	100	6,08	10,26	20,00	6,08	6,30	x	10,50	13,90	x	x	x	x	x	x	x	7	10,446	5,141
BWg	150	6,52	x	21,00	6,49	6,30	x	9,45	13,50	x	x	x	x	x	x	x	6	10,543	5,829
BWg	200	8,61	x	21,00	8,55	8,40	x	x	12,90	x	x	x	x	x	x	x	5	11,892	5,434
BWg	250	10,60	x	23,00	10,51	10,50	x	x	12,70	x	x	x	x	x	x	x	5	13,461	5,415
BWg	300	14,03	x	26,00	13,91	13,65	x	x	11,90	x	x	x	x	x	x	x	5	15,897	5,713

Grundrissform 3

		%																	
	kg/m³-E	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9	E10	E11	E12	E13	E14	E15	n _E	MW	StabW
BWg	50	7,60	10,93	20,00	7,49	7,56	11,25	11,00	14,20	7,00	x	x	x	x	x	x	9	10,781	4,221
BWg	100	6,32	10,93	20,00	6,31	6,48	x	11,00	13,70	x	x	x	x	x	x	x	7	10,677	5,031
BWg	150	6,77	x	21,00	6,74	6,48	x	9,90	13,20	x	x	x	x	x	x	x	6	10,682	5,690
BWg	200	8,94	x	21,00	8,88	8,64	x	x	12,70	x	x	x	x	x	x	x	5	12,033	5,288
BWg	250	11,01	x	23,00	10,91	10,80	x	x	12,50	x	x	x	x	x	x	x	5	13,644	5,276
BWg	300	14,57	x	26,00	14,45	14,04	x	x	11,70	x	x	x	x	x	x	x	5	16,151	5,628

Grundrissform 4

		%																	
	kg/m³-E	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9	E10	E11	E12	E13	E14	E15	n _E	MW	StabW
BWg	50	7,74	10,93	20,00	7,63	7,77	11,70	11,00	14,30	8,00	x	x	x	x	x	x	9	11,008	4,089
BWg	100	6,44	10,93	20,00	6,43	6,66	x	11,00	13,80	x	x	x	x	x	x	x	7	10,750	4,983
BWg	150	6,90	x	21,00	6,87	6,66	x	9,90	13,40	x	x	x	x	x	x	x	6	10,787	5,647
BWg	200	9,11	x	21,00	9,05	8,88	x	x	12,80	x	x	x	x	x	x	x	5	12,167	5,204
BWg	250	11,21	x	23,00	11,12	11,10	x	x	12,60	x	x	x	x	x	x	x	5	13,805	5,179
BWg	300	14,84	x	26,00	14,72	14,43	x	x	11,80	x	x	x	x	x	x	x	5	16,357	5,533

Grundrissform 5

		%																	
	kg/m³-E	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9	E10	E11	E12	E13	E14	E15	n _E	MW	StabW
BWg	50	8,45	11,88	20,00	7,70	8,54	13,50	12,00	14,60	9,00	x	x	x	x	x	x	9	11,740	3,945
BWg	100	7,02	11,88	20,00	6,49	7,32	x	12,00	19,20	x	x	x	x	x	x	x	7	11,986	5,670
BWg	150	7,52	x	21,00	6,93	7,32	x	10,80	13,70	x	x	x	x	x	x	x	6	11,212	5,464
BWg	200	9,94	x	21,00	9,13	9,76	x	x	13,10	x	x	x	x	x	x	x	5	12,585	4,950
BWg	250	12,23	x	23,00	11,22	12,20	x	x	12,90	x	x	x	x	x	x	x	5	14,310	4,895
BWg	300	16,19	x	26,00	14,85	15,86	x	x	12,10	x	x	x	x	x	x	x	5	17,000	5,282

Grundrissform 6

		%																	
	kg/m³-E	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9	E10	E11	E12	E13	E14	E15	n _E	MW	StabW
BWg	50	8,45	12,16	21,00	8,40	8,68	15,30	15,60	16,00	9,00	x	x	x	x	x	x	9	12,399	4,331
BWg	100	7,02	12,16	21,00	7,08	7,44	x	13,00	15,20	x	x	x	x	x	x	x	7	11,843	5,194
BWg	150	7,52	x	22,00	7,56	7,44	x	11,70	14,70	x	x	x	x	x	x	x	6	11,821	5,792
BWg	200	9,94	x	22,00	9,96	9,92	x	x	14,90	x	x	x	x	x	x	x	5	13,343	5,295
BWg	250	12,23	x	24,00	12,24	12,40	x	x	13,90	x	x	x	x	x	x	x	5	14,954	5,105
BWg	300	16,19	x	27,00	16,20	16,12	x	x	13,10	x	x	x	x	x	x	x	5	17,722	5,354

Grundrissform 7

		%																	
	kg/m³-E	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9	E10	E11	E12	E13	E14	E15	n _E	MW	StabW
BWg	50	8,80	12,16	21,00	9,10	8,68	17,10	14,00	15,70	9,00	x	x	x	x	x	x	9	12,838	4,431
BWg	100	7,31	12,16	21,00	7,67	7,44	x	14,00	15,30	x	x	x	x	x	x	x	7	12,126	5,121
BWg	150	7,84	x	22,00	8,19	7,44	x	12,60	14,80	x	x	x	x	x	x	x	6	12,145	5,669
BWg	200	10,35	x	22,00	10,79	9,92	x	x	14,30	x	x	x	x	x	x	x	5	13,472	5,074
BWg	250	12,74	x	24,00	13,26	12,40	x	x	14,00	x	x	x	x	x	x	x	5	15,280	4,912
BWg	300	16,86	x	27,00	17,55	16,12	x	x	13,20	x	x	x	x	x	x	x	5	18,147	5,219

Grundrissform 8

		%																	
	kg/m³-E	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9	E10	E11	E12	E13	E14	E15	n _E	MW	StabW
BWg	50	9,15	12,54	21,00	9,10	8,75	16,20	15,00	15,90	10,00	x	x	x	x	x	x	9	13,071	4,241
BWg	100	7,61	12,54	21,00	7,67	7,50	x	15,00	15,50	x	x	x	x	x	x	x	7	12,402	5,160
BWg	150	8,15	x	22,00	8,19	7,50	x	13,50	15,00	x	x	x	x	x	x	x	6	12,390	5,655
BWg	200	10,76	x	22,00	10,79	10,00	x	x	14,50	x	x	x	x	x	x	x	5	13,611	5,007
BWg	250	13,25	x	24,00	13,26	12,50	x	x	14,00	x	x	x	x	x	x	x	5	15,401	4,836
BWg	300	17,54	x	27,00	17,55	16,25	x	x	13,50	x	x	x	x	x	x	x	5	18,367	5,100

A.3.16 Mattenstahl AQ 60

Mattenstahl AQ 60

Grundrissform 1

	kg/m³-E	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9	E10	E11	E12	E13	E14	E15	n _E	MW	StabW
BWg	50	6,85	9,00	16,00	6,90	7,00	8,00	10,00	12,50	7,00	x	x	x	4,00	4,00	4,00	12	7,938	3,590
BWg	100	5,70	9,00	16,00	5,70	6,00	8,00	10,00	12,00	x	x	x	3,00	3,00	3,00	11	7,400	4,131	
BWg	150	6,10	8,00	19,00	6,10	6,00	x	9,00	11,50	x	x	x	x	x	x	7	9,386	4,691	
BWg	200	8,06	8,00	18,00	8,00	8,00	x	9,00	11,00	x	x	x	x	x	x	7	10,009	3,692	
BWg	250	9,91	x	20,00	9,90	10,00	x	8,00	10,50	x	x	x	x	x	x	6	11,385	4,307	
BWg	300	13,12	x	23,00	13,10	13,00	x	x	10,00	x	x	x	x	x	x	5	14,444	4,965	

Grundrissform 2

		%																	
	kg/m³-E	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9	E10	E11	E12	E13	E14	E15	n _E	MW	StabW
BWg	50	7,12	9,72	17,00	7,11	7,35	9,20	10,50	12,90	7,00	x	x	x	4,08	4,08	4,08	12	8,345	3,853
BWg	100	5,93	9,72	17,00	5,87	6,30	9,20	10,50	12,40	x	x	x	3,06	3,06	3,06	11	7,827	4,423	
BWg	150	6,34	8,64	18,00	6,28	6,30	x	9,45	11,90	x	x	x	x	x	x	7	9,560	4,268	
BWg	200	8,38	8,64	19,00	8,24	8,40	x	9,45	11,30	x	x	x	x	x	x	7	10,487	3,904	
BWg	250	10,31	x	21,00	10,20	10,50	x	8,40	10,90	x	x	x	x	x	x	6	11,884	4,549	
BWg	300	13,64	x	24,00	13,49	13,65	x	x	10,40	x	x	x	x	x	x	5	15,038	5,198	

Grundrissform 3

		%																	
	kg/m³-E	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9	E10	E11	E12	E13	E14	E15	n _E	MW	StabW
BWg	50	7,40	10,35	17,00	7,38	7,56	10,00	11,00	12,70	7,00	x	x	x	4,12	4,12	4,12	12	8,563	3,872
BWg	100	6,16	10,35	17,00	6,10	6,48	10,00	11,00	12,20	x	x	x	3,09	3,09	3,09	11	8,050	4,459	
BWg	150	6,59	9,20	18,00	6,53	6,48	x	9,90	11,70	x	x	x	x	x	x	7	9,771	4,149	
BWg	200	8,70	9,20	19,00	8,56	8,64	x	9,90	11,20	x	x	x	x	x	x	7	10,744	3,760	
BWg	250	10,70	x	21,00	10,59	10,80	x	8,80	10,70	x	x	x	x	x	x	6	12,099	4,427	
BWg	300	14,17	x	24,00	14,02	14,04	x	x	10,20	x	x	x	x	x	x	5	15,285	5,153	

Grundrissform 4

		%																	
	kg/m³-E	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9	E10	E11	E12	E13	E14	E15	n _E	MW	StabW
BWg	50	7,54	10,35	17,00	7,52	7,77	10,40	11,00	12,80	8,00	x	x	x	4,32	4,32	4,32	12	8,778	3,792
BWg	100	6,27	10,35	17,00	6,21	6,66	10,40	11,00	12,40	x	x	x	3,24	3,24	3,24	11	8,183	4,430	
BWg	150	6,71	9,20	18,00	6,65	6,66	x	9,90	11,80	x	x	x	x	x	x	7	9,846	4,101	
BWg	200	8,87	9,20	19,00	8,72	8,88	x	9,90	11,20	x	x	x	x	x	x	7	10,824	3,709	
BWg	250	10,90	x	21,00	10,79	11,10	x	8,80	10,80	x	x	x	x	x	x	6	12,232	4,378	
BWg	300	14,43	x	24,00	14,28	14,43	x	x	10,90	x	x	x	x	x	x	5	15,608	4,928	

Grundrissform 5

		%																	
	kg/m³-E	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9	E10	E11	E12	E13	E14	E15	n _E	MW	StabW
BWg	50	8,22	11,25	17,00	7,59	8,54	12,00	12,00	13,10	8,00	x	x	x	4,48	4,48	4,48	12	9,262	3,910
BWg	100	6,84	11,25	17,00	6,27	7,32	12,00	12,00	12,70	x	x	x	3,36	3,36	3,36	11	8,678	4,582	
BWg	150	7,32	10,00	18,00	6,71	7,32	x	10,80	12,10	x	x	x	x	x	x	7	10,321	3,948	
BWg	200	9,67	10,00	19,00	8,80	9,76	x	10,80	11,50	x	x	x	x	x	x	7	11,362	3,476	
BWg	250	11,89	x	21,00	10,89	12,20	x	9,60	11,10	x	x	x	x	x	x	6	12,780	4,128	
BWg	300	15,74	x	24,00	14,41	15,86	x	x	10,60	x	x	x	x	x	x	5	16,123	4,891	

Grundrissform 6

		%																	
	kg/m³-E	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9	E10	E11	E12	E13	E14	E15	n _E	MW	StabW
BWg	50	8,22	11,52	18,00	8,28	8,68	13,60	13,00	14,10	8,00	x	x	x	4,60	4,60	4,60	12	9,767	4,304
BWg	100	6,84	11,52	18,00	6,84	7,44	13,60	13,00	13,70	x	x	x	3,45	3,45	3,45	11	9,208	5,003	
BWg	150	7,32	10,24	19,00	7,32	7,44	x	11,70	13,20	x	x	x	x	x	x	7	10,889	4,274	
BWg	200	9,67	10,24	20,00	9,60	9,92	x	11,70	12,50	x	x	x	x	x	x	7	11,947	3,718	
BWg	250	11,89	x	22,00	11,88	12,40	x	10,40	12,70	x	x	x	x	x	x	6	13,545	4,217	
BWg	300	15,74	x	25,00	15,72	16,12	x	x	11,60	x	x	x	x	x	x	5	16,837	4,925	

Grundrissform 7

		%																	
	kg/m³-E	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9	E10	E11	E12	E13	E14	E15	n _E	MW	StabW
BWg	50	8,56	11,52	18,00	8,97	8,68	15,20	14,00	14,20	8,00	x	x	x	4,72	4,72	4,72	12	10,108	4,466
BWg	100	7,13	11,52	18,00	7,41	7,44	15,20	14,00	13,80	x	x	x	3,54	3,54	3,54	11	9,556	5,180	
BWg	150	7,63	10,24	19,00	7,93	7,44	x	12,60	13,20	x	x	x	x	x	x	7	11,148	4,190	
BWg	200	10,08	10,24	20,00	10,40	9,92	x	12,60	12,60	x	x	x	x	x	x	7	12,262	3,604	
BWg	250	12,39	x	22,00	12,87	12,40	x	11,20	12,20	x	x	x	x	x	x	6	13,843	4,034	
BWg	300	16,40	x	25,00	17,03	16,12	x	x	11,70	x	x	x	x	x	x	5	17,250	4,820	

Grundrissform 8

		%																	
	kg/m³-E	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9	E10	E11	E12	E13	E14	E15	n _E	MW	StabW
BWg	50	8,91	11,88	18,00	8,97	8,75	14,40	15,00	14,40	10,00	x	x	x	4,88	4,88	4,88	12	10,412	4,387
BWg	100	7,41	11,88	18,00	7,41	7,50	14,40	15,00	14,00	x	x	x	3,66	3,66	3,66	11	9,689	5,168	
BWg	150	7,93	10,56	19,00	7,93	7,50	x	13,50	13,40	x	x	x	x	x	x	7	11,403	4,206	
BWg	200	10,48	10,56	20,00	10,40	10,00	x	13,50	12,80	x	x	x	x	x	x	7	12,534	3,555	
BWg	250	12,88	x	22,00	12,87	12,50	x	12,00	12,40	x	x	x	x	x	x	6	14,109	3,880	
BWg	300	17,06	x	25,00	17,03	16,25	x	x	11,90	x	x	x	x	x	x	5	17,447	4,732	

A.3.17 Mattenstahl AQ 65

Mattenstahl AQ 65

Grundrissform 1

	kg/m³-E	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9	E10	E11	E12	E13	E14	E15	n _E	MW	StabW
BWg	50	6,30	8,00	14,00	6,30	6,00	8,00	9,00	11,00	6,00	x	x	x	x	x	x	9	8,289	2,716
BWg	100	5,24	8,00	14,00	5,20	5,00	8,00	9,00	10,50	x	x	x	x	x	x	x	8	8,118	3,108
BWg	150	5,61	8,00	15,00	5,60	6,00	7,00	8,00	9,90	x	x	x	x	x	x	x	8	8,139	3,138
BWg	200	7,41	8,00	15,00	7,40	7,00	x	8,00	9,40	x	x	x	x	x	x	x	7	8,887	2,804
BWg	250	9,12	8,00	17,00	9,10	9,00	x	7,00	9,20	x	x	x	x	x	x	x	7	9,774	3,288
BWg	300	12,07	8,00	19,00	12,10	12,00	x	7,00	9,00	x	x	x	x	x	x	x	7	11,310	3,993

Grundrissform 2

		%																	
	kg/m³-E	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9	E10	E11	E12	E13	E14	E15	n _E	MW	StabW
BWg	50	6,55	8,64	15,00	6,49	6,30	9,20	9,45	11,40	7,00	x	x	x	x	x	x	9	8,892	2,864
BWg	100	5,45	8,64	15,00	5,36	5,25	9,20	9,45	10,90	x	x	x	x	x	x	x	8	8,656	3,359
BWg	150	5,83	8,64	16,00	5,77	6,30	8,05	8,40	10,30	x	x	x	x	x	x	x	8	8,662	3,358
BWg	200	7,71	8,64	16,00	7,62	7,35	x	8,40	9,80	x	x	x	x	x	x	x	7	9,360	3,042
BWg	250	9,48	8,64	18,00	9,37	9,45	x	7,35	9,60	x	x	x	x	x	x	x	7	10,271	3,499
BWg	300	12,55	8,64	20,00	12,46	12,60	x	7,35	9,40	x	x	x	x	x	x	x	7	11,858	4,172

Grundrissform 3

		%																	
	kg/m³-E	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9	E10	E11	E12	E13	E14	E15	n _E	MW	StabW
BWg	50	6,80	9,20	15,00	6,74	6,48	10,00	9,90	11,20	7,00	x	x	x	x	x	x	9	9,147	2,801
BWg	100	5,66	9,20	15,00	5,56	5,40	10,00	9,90	10,70	x	x	x	x	x	x	x	8	8,928	3,309
BWg	150	6,06	9,20	16,00	5,99	6,48	8,75	8,80	10,10	x	x	x	x	x	x	x	8	8,923	3,259
BWg	200	8,00	9,20	16,00	7,92	7,56	x	8,80	9,60	x	x	x	x	x	x	x	7	9,583	2,924
BWg	250	9,85	9,20	18,00	9,74	9,72	x	7,70	9,40	x	x	x	x	x	x	x	7	10,515	3,381
BWg	300	13,04	9,20	20,00	12,95	12,96	x	7,70	9,20	x	x	x	x	x	x	x	7	12,149	4,101

Grundrissform 4

		%																	
	kg/m³-E	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9	E10	E11	E12	E13	E14	E15	n _E	MW	StabW
BWg	50	6,93	9,20	15,00	6,87	6,66	10,40	9,90	11,30	8,00	x	x	x	x	x	x	9	9,362	2,698
BWg	100	5,76	9,20	15,00	5,67	5,55	10,40	9,90	10,80	x	x	x	x	x	x	x	8	9,035	3,285
BWg	150	6,17	9,20	16,00	6,10	6,66	9,10	8,80	10,20	x	x	x	x	x	x	x	8	9,029	3,216
BWg	200	8,15	9,20	16,00	8,07	7,77	x	8,80	9,70	x	x	x	x	x	x	x	7	9,670	2,873
BWg	250	10,03	9,20	18,00	9,92	9,99	x	7,70	9,50	x	x	x	x	x	x	x	7	10,620	3,354
BWg	300	13,28	9,20	20,00	13,19	13,32	x	7,70	9,30	x	x	x	x	x	x	x	7	12,284	4,120

Grundrissform 5

		%																	
	kg/m³-E	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9	E10	E11	E12	E13	E14	E15	n _E	MW	StabW
BWg	50	7,56	10,00	15,00	6,93	7,32	12,00	10,80	11,60	8,00	x	x	x	x	x	x	9	9,912	2,709
BWg	100	6,29	10,00	15,00	5,72	6,10	12,00	10,80	11,10	x	x	x	x	x	x	x	8	9,626	3,317
BWg	150	6,73	10,00	16,00	6,16	7,32	10,50	9,60	10,50	x	x	x	x	x	x	x	8	9,602	3,117
BWg	200	8,89	10,00	16,00	8,14	8,54	x	9,60	10,00	x	x	x	x	x	x	x	7	10,167	2,670
BWg	250	10,94	10,00	18,00	10,01	10,98	x	8,40	9,80	x	x	x	x	x	x	x	7	11,162	3,136
BWg	300	14,48	10,00	20,00	13,31	14,64	x	8,40	9,60	x	x	x	x	x	x	x	7	12,919	3,993

Grundrissform 6

		%																	
	kg/m³-E	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9	E10	E11	E12	E13	E14	E15	n _E	MW	StabW
BWg	50	7,56	10,24	16,00	7,56	7,44	13,60	11,70	12,60	8,00	x	x	x	x	x	x	9	10,522	3,136
BWg	100	6,29	10,24	16,00	6,24	6,20	13,60	11,70	12,10	x	x	x	x	x	x	x	8	10,296	3,741
BWg	150	6,73	10,24	17,00	6,72	7,44	11,90	10,40	11,50	x	x	x	x	x	x	x	8	10,242	3,435
BWg	200	8,89	10,24	17,00	8,88	8,68	x	10,40	11,00	x	x	x	x	x	x	x	7	10,727	2,908
BWg	250	10,94	10,24	19,00	10,92	11,16	x	9,10	10,80	x	x	x	x	x	x	x	7	11,738	3,278
BWg	300	14,48	10,24	21,00	14,52	14,88	x	9,10	10,60	x	x	x	x	x	x	x	7	13,546	4,053

Grundrissform 7

		%																	
	kg/m³-E	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9	E10	E11	E12	E13	E14	E15	n _E	MW	StabW
BWg	50	7,88	10,24	16,00	8,19	7,44	15,20	12,60	12,70	8,00	x	x	x	x	x	x	9	10,916	3,315
BWg	100	6,55	10,24	16,00	6,76	6,20	15,20	12,60	12,30	x	x	x	x	x	x	x	8	10,731	3,923
BWg	150	7,01	10,24	17,00	7,28	7,44	13,30	11,20	11,50	x	x	x	x	x	x	x	8	10,622	3,452
BWg	200	9,26	10,24	17,00	9,62	8,68	x	11,20	11,10	x	x	x	x	x	x	x	7	11,015	2,797
BWg	250	11,40	10,24	19,00	11,83	11,16	x	9,80	10,80	x	x	x	x	x	x	x	7	12,033	3,148
BWg	300	15,09	10,24	21,00	15,73	14,88	x	9,80	10,60	x	x	x	x	x	x	x	7	13,905	4,025

Grundrissform 8

		%																	
	kg/m³-E	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9	E10	E11	E12	E13	E14	E15	n _E	MW	StabW
BWg	50	8,19	10,56	16,00	8,19	7,50	14,40	13,50	12,90	9,00	x	x	x	x	x	x	9	11,138	3,132
BWg	100	6,81	10,56	16,00	6,76	6,25	14,40	13,50	12,50	x	x	x	x	x	x	x	8	10,848	3,839
BWg	150	7,29	10,56	17,00	7,28	7,50	12,60	12,00	11,70	x	x	x	x	x	x	x	8	10,742	3,371
BWg	200	9,63	10,56	17,00	9,62	8,75	x	12,00	11,30	x	x	x	x	x	x	x	7	11,266	2,758
BWg	250	11,86	10,56	19,00	11,83	11,25	x	10,50	11,00	x	x	x	x	x	x	x	7	12,285	3,010
BWg	300	15,69	10,56	21,00	15,73	15,00	x	10,50	10,80	x	x	x	x	x	x	x	7	14,183	3,872

A.3.18 Mattenstahl AQ 70

Mattenstahl AQ 70

Grundrissform 1

		%															n _E	MW	StabW
kg/m ³ -E	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9	E10	E11	E12	E13	E14	E15				
BWg	50	6,98	8,00	10,00	7,00	7,00	7,00	9,00	9,50	6,00	4,00	4,00	x	x	x	11	7,135	1,976	
BWg	100	5,80	8,00	10,00	5,80	6,00	7,00	9,00	9,20	x	x	x	2,80	2,80	2,80	11	6,291	2,648	
BWg	150	6,21	8,00	12,00	6,20	6,00	6,00	8,00	8,90	x	x	x	2,20	2,20	2,20	11	6,174	3,090	
BWg	200	8,21	8,00	12,00	8,20	8,00	5,00	8,00	8,60	x	x	x	1,60	1,60	1,60	11	6,437	3,485	
BWg	250	10,90	8,00	13,00	10,10	10,00	x	7,00	8,30	x	x	x	x	x	x	7	9,614	2,028	
BWg	300	13,36	8,00	15,00	13,40	13,00	x	7,00	8,00	x	x	x	x	x	x	7	11,109	3,298	

Grundrissform 2

		%															n _E	MW	StabW
kg/m ³ -E	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9	E10	E11	E12	E13	E14	E15				
BWg	50	7,26	8,64	11,00	7,21	7,35	8,05	9,45	9,90	7,00	4,00	4,00	x	x	x	11	7,624	2,195	
BWg	100	6,03	8,64	11,00	5,97	6,30	8,05	9,45	9,60	x	x	x	2,86	2,86	2,86	11	6,692	2,924	
BWg	150	6,46	8,64	12,00	6,39	6,30	6,90	8,40	9,30	x	x	x	2,24	2,24	2,24	11	6,465	3,175	
BWg	200	8,54	8,64	13,00	8,45	8,40	5,75	8,40	9,00	x	x	x	1,63	1,63	1,63	11	6,825	3,725	
BWg	250	11,34	8,64	14,00	10,40	10,50	x	7,35	8,70	x	x	x	x	x	x	7	10,133	2,185	
BWg	300	13,89	8,64	16,00	13,80	13,65	x	7,35	8,40	x	x	x	x	x	x	7	11,677	3,433	

Grundrissform 3

		%															n _E	MW	StabW
kg/m ³ -E	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9	E10	E11	E12	E13	E14	E15				
BWg	50	7,54	9,20	11,00	7,49	7,56	8,75	9,90	9,70	6,00	6,00	6,00	x	x	x	11	8,103	1,734	
BWg	100	6,26	9,20	11,00	6,21	6,48	8,75	9,90	9,40	x	x	x	2,88	2,88	2,88	11	6,896	3,004	
BWg	150	6,71	9,20	12,00	6,63	6,48	7,50	8,80	9,10	x	x	x	2,27	2,27	2,27	11	6,656	3,227	
BWg	200	8,87	9,20	13,00	8,77	8,64	6,25	8,80	8,80	x	x	x	1,65	1,65	1,65	11	7,025	3,783	
BWg	250	11,77	9,20	14,00	10,81	10,80	x	7,70	8,50	x	x	x	x	x	x	7	10,397	2,141	
BWg	300	14,43	9,20	16,00	14,34	14,04	x	7,70	8,20	x	x	x	x	x	x	7	11,987	3,471	

Grundrissform 4

		%															n _E	MW	StabW
kg/m ³ -E	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9	E10	E11	E12	E13	E14	E15				
BWg	50	7,68	9,20	11,00	7,63	7,77	9,10	9,90	9,80	7,00	4,00	4,00	x	x	x	11	7,916	2,274	
BWg	100	6,38	9,20	11,00	6,32	6,66	9,10	9,90	9,50	x	x	x	3,02	3,02	3,02	11	7,012	2,971	
BWg	150	6,83	9,20	12,00	6,76	6,66	7,80	8,80	9,20	x	x	x	2,38	2,38	2,38	11	6,762	3,198	
BWg	200	9,03	9,20	13,00	8,94	8,88	6,50	8,80	8,90	x	x	x	1,73	1,73	1,73	11	7,130	3,776	
BWg	250	11,99	9,20	14,00	11,01	11,10	x	7,70	8,60	x	x	x	x	x	x	7	10,514	2,169	
BWg	300	14,70	9,20	16,00	14,61	14,43	x	7,70	8,30	x	x	x	x	x	x	7	12,133	3,556	

Grundrissform 5

		%															n _E	MW	StabW
kg/m ³ -E	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9	E10	E11	E12	E13	E14	E15				
BWg	50	8,38	10,00	11,00	7,70	8,54	10,50	10,80	10,40	8,00	6,00	6,00	x	x	x	11	8,847	1,830	
BWg	100	6,96	10,00	11,00	6,38	7,32	10,50	10,80	9,80	x	x	x	3,14	3,14	3,14	11	7,470	3,300	
BWg	150	7,45	10,00	12,00	6,82	7,32	9,00	9,60	9,50	x	x	x	2,46	2,46	2,46	11	7,189	3,257	
BWg	200	9,85	10,00	13,00	9,02	9,76	7,50	9,60	9,30	x	x	x	1,79	1,79	1,79	11	7,583	3,934	
BWg	250	13,08	10,00	14,00	11,11	12,20	x	8,40	8,90	x	x	x	x	x	x	7	11,099	2,117	
BWg	300	16,03	10,00	16,00	14,74	15,86	x	8,40	8,60	x	x	x	x	x	x	7	12,805	3,621	

Grundrissform 6

		%															n _E	MW	StabW
kg/m ³ -E	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9	E10	E11	E12	E13	E14	E15				
BWg	50	8,38	10,24	12,00	8,40	8,68	11,90	11,70	11,10	8,00	8,00	8,00	x	x	x	11	9,672	1,718	
BWg	100	6,96	10,24	12,00	6,96	7,44	11,90	11,70	10,80	x	x	x	3,22	3,22	3,22	11	7,969	3,588	
BWg	150	7,45	10,24	14,00	7,44	7,44	10,20	10,40	10,50	x	x	x	2,53	2,53	2,53	11	7,751	3,845	
BWg	200	9,85	10,24	14,00	9,84	9,92	8,50	10,40	10,30	x	x	x	1,84	1,84	1,84	11	8,052	4,203	
BWg	250	13,08	10,24	15,00	12,12	12,40	x	9,10	9,90	x	x	x	x	x	x	7	11,691	2,065	
BWg	300	16,03	10,24	17,00	16,08	16,12	x	9,10	9,60	x	x	x	x	x	x	7	13,453	3,591	

Grundrissform 7

		%															n _E	MW	StabW
kg/m ³ -E	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9	E10	E11	E12	E13	E14	E15				
BWg	50	8,73	10,24	12,00	9,10	8,68	13,30	12,60	11,20	8,00	8,00	8,00	x	x	x	11	9,986	1,983	
BWg	100	7,25	10,24	12,00	7,54	7,44	13,30	12,60	10,90	x	x	x	3,30	3,30	3,30	11	8,289	3,808	
BWg	150	7,76	10,24	14,00	8,06	7,44	11,40	11,20	10,60	x	x	x	2,60	2,60	2,60	11	8,045	3,969	
BWg	200	10,26	10,24	14,00	10,66	9,92	9,50	11,20	10,40	x	x	x	1,89	1,89	1,89	11	8,350	4,311	
BWg	250	13,63	10,24	15,00	13,13	12,40	x	9,80	10,00	x	x	x	x	x	x	7	12,028	2,042	
BWg	300	16,70	10,24	17,00	17,42	16,12	x	9,80	9,70	x	x	x	x	x	x	7	13,854	3,710	

Grundrissform 8

		%															n _E	MW	StabW
kg/m ³ -E	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9	E10	E11	E12	E13	E14	E15				
BWg	50	9,07	10,56	12,00	9,10	8,75	12,60	13,50	11,40	9,00	6,00	6,00	x	x	x	11	9,817	2,473	
BWg	100	7,54	10,56	12,00	7,54	7,50	12,60	13,50	11,10	x	x	x	3,42	3,42	3,42	11	8,417	3,813	
BWg	150	8,07	10,56	14,00	8,06	7,50	10,80	12,00	10,80	x	x	x	2,68	2,68	2,68	11	8,168	3,987	
BWg	200	10,67	10,56	14,00	10,66	10,00	9,00	12,00	10,60	x	x	x	1,95	1,95	1,95	11	8,486	4,378	
BWg	250	14,17	10,56	15,00	13,13	12,50	x	10,50	10,20	x	x	x	x	x	x	7	12,294	1,923	
BWg	300	17,37	10,56	17,00	17,42	16,25	x	10,50	9,90	x	x	x	x	x	x	7	14,143	3,602	

A.3.19 Mattenstahl AQ 76

Mattenstahl AQ 76

Grundrissform 1

	kg/m³-E	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9	E10	E11	E12	E13	E14	E15	n _E	MW	StabW
BWg	50	6,93	7,50	8,00	6,90	7,00	7,00	9,00	8,00	5,00	x	x	x	x	x	x	9	7,259	1,099
BWg	100	5,76	7,50	8,00	5,70	6,00	7,00	9,00	7,80	x	x	x	2,50	2,50	2,50	11	5,842	2,369	
BWg	150	6,17	7,50	9,00	6,10	6,00	6,00	8,00	7,60	x	x	x	1,90	1,90	1,90	11	5,643	2,586	
BWg	200	8,15	7,00	9,00	8,10	8,00	5,00	8,00	7,40	x	x	x	1,40	1,40	1,40	11	5,895	3,055	
BWg	250	10,02	7,00	10,00	10,00	10,00	5,00	7,00	7,20	x	x	x	1,10	1,10	1,10	11	6,320	3,735	
BWg	300	13,27	7,00	12,00	13,30	13,00	x	7,00	7,00	x	x	x	x	x	x	7	10,367	3,179	

Grundrissform 2

		%																		
	kg/m³-E	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9	E10	E11	E12	E13	E14	E15	n _E	MW	StabW	
BWg	50	7,21	8,10	9,00	7,11	7,35	8,05	9,45	8,40	6,00	x	x	x	x	1,02	1,02	1,02	9	7,852	1,056
BWg	100	5,99	8,10	9,00	5,87	6,30	8,05	9,45	8,20	x	x	x	2,55	2,55	2,55	11	6,237	2,637		
BWg	150	6,42	8,10	10,00	6,28	6,30	6,90	8,40	8,00	x	x	x	1,94	1,94	1,94	11	6,019	2,843		
BWg	200	8,48	7,56	10,00	8,34	8,40	5,75	8,40	7,80	x	x	x	1,43	1,43	1,43	11	6,274	3,267		
BWg	250	10,42	7,56	11,00	10,30	10,50	5,75	7,35	7,60	x	x	x	1,12	1,12	1,12	11	6,713	3,949		
BWg	300	13,80	7,56	13,00	13,70	13,65	x	7,35	7,40	x	x	x	x	x	x	7	10,923	3,272		

Grundrissform 3

		%																	
	kg/m³-E	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9	E10	E11	E12	E13	E14	E15	n _E	MW	StabW
BWg	50	7,48	8,63	9,00	7,38	7,56	8,75	9,90	9,70	6,00	x	x	x	x	x	9	8,267	1,258	
BWg	100	6,22	8,63	9,00	6,10	6,48	8,75	9,90	9,40	x	x	x	2,58	2,58	2,58	11	6,564	2,867	
BWg	150	6,66	8,63	10,00	6,53	6,48	7,50	8,80	9,10	x	x	x	1,96	1,96	1,96	11	6,324	3,024	
BWg	200	8,80	8,05	10,00	8,67	8,64	6,25	8,80	8,80	x	x	x	1,44	1,44	1,44	11	6,576	3,414	
BWg	250	10,82	8,05	11,00	10,70	10,80	6,25	7,70	8,40	x	x	x	1,13	1,13	1,13	11	7,011	4,076	
BWg	300	14,33	8,05	13,00	14,23	14,04	x	7,70	8,20	x	x	x	x	x	x	7	11,365	3,196	

Grundrissform 4

		%																	
	kg/m³-E	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9	E10	E11	E12	E13	E14	E15	n _E	MW	StabW
BWg	50	7,62	8,63	9,00	7,52	7,77	9,10	9,90	8,30	7,00	x	x	x	x	x	9	8,315	0,924	
BWg	100	6,34	8,63	9,00	6,21	6,66	9,10	9,90	8,10	x	x	x	2,70	2,70	2,70	11	6,549	2,740	
BWg	150	6,79	8,63	10,00	6,65	6,66	7,80	8,80	7,90	x	x	x	2,05	2,05	2,05	11	6,307	2,912	
BWg	200	8,97	8,05	10,00	8,83	8,88	6,50	8,80	7,20	x	x	x	1,51	1,51	1,51	11	6,524	3,350	
BWg	250	11,02	8,05	11,00	10,90	11,10	6,50	7,70	7,50	x	x	x	1,19	1,19	1,19	11	7,031	4,094	
BWg	300	14,60	8,05	13,00	14,50	14,43	x	7,70	7,30	x	x	x	x	x	x	7	11,368	3,494	

Grundrissform 5

		%																	
	kg/m³-E	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9	E10	E11	E12	E13	E14	E15	n _E	MW	StabW
BWg	50	8,32	9,38	9,00	7,59	8,54	10,50	10,80	8,60	7,00	x	x	x	x	x	9	8,858	1,239	
BWg	100	6,91	9,38	9,00	6,27	7,32	10,50	10,80	8,40	x	x	x	2,80	2,80	2,80	11	6,998	3,031	
BWg	150	7,40	9,38	10,00	6,71	7,32	9,00	9,60	8,20	x	x	x	2,13	2,13	2,13	11	6,727	3,124	
BWg	200	9,78	8,75	10,00	8,91	9,76	7,50	9,60	8,00	x	x	x	1,57	1,57	1,57	11	7,000	3,572	
BWg	250	12,02	8,75	11,00	11,00	12,20	7,50	8,40	7,80	x	x	x	1,23	1,23	1,23	11	7,488	4,329	
BWg	300	15,92	8,75	13,00	14,63	15,86	x	8,40	7,60	x	x	x	x	x	x	7	12,023	3,676	

Grundrissform 6

		%																	
	kg/m³-E	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9	E10	E11	E12	E13	E14	E15	n _E	MW	StabW
BWg	50	8,32	9,60	10,00	8,28	8,68	11,90	11,70	9,60	7,00	x	x	x	x	x	9	9,453	1,607	
BWg	100	6,91	9,60	10,00	6,84	7,44	11,90	11,70	9,40	x	x	x	2,88	2,88	2,88	11	7,492	3,409	
BWg	150	7,40	9,60	11,00	7,32	7,44	10,20	10,40	9,20	x	x	x	2,19	2,19	2,19	11	7,193	3,450	
BWg	200	9,78	8,96	11,00	9,72	9,92	8,50	10,40	9,00	x	x	x	1,61	1,61	1,61	11	7,465	3,822	
BWg	250	12,02	8,96	12,00	12,00	12,40	8,50	9,10	8,80	x	x	x	1,27	1,27	1,27	11	7,962	4,546	
BWg	300	15,92	8,96	14,00	15,96	16,12	x	9,10	8,60	x	x	x	x	x	x	7	12,666	3,609	

Grundrissform 7

		%																	
	kg/m³-E	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9	E10	E11	E12	E13	E14	E15	n _E	MW	StabW
BWg	50	8,66	9,60	10,00	8,97	8,68	13,30	12,60	9,70	8,00	x	x	x	x	x	9	9,946	1,819	
BWg	100	7,20	9,60	10,00	7,41	7,44	13,30	12,60	9,50	x	x	x	2,95	2,95	2,95	11	7,809	3,681	
BWg	150	7,71	9,60	11,00	7,93	7,44	11,40	11,20	9,30	x	x	x	2,24	2,24	2,24	11	7,483	3,633	
BWg	200	10,19	8,96	11,00	10,53	9,92	9,50	11,20	9,10	x	x	x	1,65	1,65	1,65	11	7,759	3,984	
BWg	250	12,53	8,96	12,00	13,00	12,40	9,50	9,80	8,90	x	x	x	1,30	1,30	1,30	11	8,271	4,712	
BWg	300	16,59	8,96	14,00	17,29	16,12	x	9,80	8,70	x	x	x	x	x	x	7	13,065	3,809	

Grundrissform 8

		%																	
	kg/m³-E	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9	E10	E11	E12	E13	E14	E15	n _E	MW	StabW
BWg	50	9,01	9,90	10,00	8,97	8,75	12,60	13,50	9,90	9,00	x	x	x	x	x	9	10,181	1,708	
BWg	100	7,49	9,90	10,00	7,41	7,50	12,60	13,50	9,70	x	x	x	3,05	3,05	3,05	11	7,932	3,691	
BWg	150	8,02	9,90	11,00	7,93	7,50	10,80	12,00	9,10	x	x	x	2,32	2,32	2,32	11	7,564	3,643	
BWg	200	10,60	9,24	11,00	10,53	10,00	9,00	12,00	8,90	x	x	x	1,71	1,71	1,71	11	7,854	4,050	
BWg	250	13,03	9,24	12,00	13,00	12,50	9,00	10,50	8,80	x	x	x	1,34	1,34	1,34	11	8,372	4,769	
BWg	300	17,25	9,24	14,00	17,29	16,25	x	10,50	8,70	x	x	x	x	x	x	7	13,319	3,790	

A.3.20 Mattenstahl AQ 82

Mattenstahl AQ 82

Grundrissform 1

	kg/m³-E	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9	E10	E11	E12	E13	E14	E15	n _E	MW	StabW
BWg	50	6,01	7,00	7,00	6,00	6,00	6,00	8,00	7,00	5,00	x	x	x	x	x	x	9	6,446	0,881
BWg	100	5,00	7,00	7,00	5,00	5,00	6,00	8,00	6,80	x	x	x	2,30	2,30	2,30	11	5,155	2,070	
BWg	150	5,35	7,00	8,00	5,30	5,00	6,00	7,00	6,60	x	x	x	1,60	1,60	1,60	11	5,005	2,355	
BWg	200	7,07	7,00	8,00	7,10	7,00	5,00	7,00	6,40	x	x	x	1,20	1,20	1,20	11	5,288	2,721	
BWg	250	8,69	6,50	9,00	8,70	9,00	5,00	6,00	6,20	x	x	x	1,00	1,00	1,00	11	5,645	3,278	
BWg	300	11,51	6,50	10,00	11,50	12,00	5,00	6,00	6,00	x	x	x	0,90	0,90	0,90	11	6,474	4,352	

Grundrissform 2

		%																	
	kg/m³-E	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9	E10	E11	E12	E13	E14	E15	n _E	MW	StabW
BWg	50	6,25	7,56	8,00	6,18	6,30	6,90	8,40	7,40	6,00	x	x	x	x	x	x	9	6,999	0,878
BWg	100	5,20	7,56	8,00	5,15	5,25	6,90	8,40	7,00	x	x	x	2,35	2,35	2,35	11	5,500	2,307	
BWg	150	5,56	7,56	9,00	5,46	5,25	6,90	7,35	6,90	x	x	x	1,63	1,63	1,63	11	5,353	2,618	
BWg	200	7,35	7,56	9,00	7,31	7,35	5,75	7,35	6,70	x	x	x	1,22	1,22	1,22	11	5,641	2,936	
BWg	250	9,04	7,02	10,00	8,96	9,45	5,75	6,30	6,50	x	x	x	1,02	1,02	1,02	11	6,007	3,489	
BWg	300	11,97	7,02	11,00	11,85	12,60	5,75	6,30	6,40	x	x	x	0,92	0,92	0,92	11	6,876	4,569	

Grundrissform 3

		%																	
	kg/m³-E	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9	E10	E11	E12	E13	E14	E15	n _E	MW	StabW
BWg	50	6,49	8,05	8,00	6,42	6,48	7,50	8,80	7,20	5,00	x	x	x	x	x	x	9	7,105	1,140
BWg	100	5,40	8,05	8,00	5,35	5,40	7,50	8,80	6,80	x	x	x	2,37	2,37	2,37	11	5,673	2,418	
BWg	150	5,78	8,05	9,00	5,67	5,40	7,50	7,70	6,70	x	x	x	1,65	1,65	1,65	11	5,522	2,714	
BWg	200	7,64	8,05	9,00	7,60	7,56	6,25	7,70	6,50	x	x	x	1,24	1,24	1,24	11	5,818	3,030	
BWg	250	9,39	7,48	10,00	9,31	9,72	6,25	6,60	6,30	x	x	x	1,03	1,03	1,03	11	6,194	3,586	
BWg	300	12,43	7,48	11,00	12,31	12,96	6,25	6,60	6,20	x	x	x	0,93	0,93	0,93	11	7,091	4,704	

Grundrissform 4

		%																	
	kg/m³-E	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9	E10	E11	E12	E13	E14	E15	n _E	MW	StabW
BWg	50	6,61	8,05	8,00	6,54	6,66	7,80	8,80	7,30	6,00	x	x	x	x	x	x	9	7,307	0,915
BWg	100	5,50	8,05	8,00	5,45	5,55	7,80	8,80	6,90	x	x	x	2,48	2,48	2,48	11	5,773	2,395	
BWg	150	5,89	8,05	9,00	5,78	5,55	7,80	7,70	6,80	x	x	x	1,73	1,73	1,73	11	5,613	2,708	
BWg	200	7,78	8,05	9,00	7,74	7,77	6,50	7,70	6,60	x	x	x	1,30	1,30	1,30	11	5,911	3,038	
BWg	250	9,56	7,48	10,00	9,48	9,99	6,50	6,60	6,40	x	x	x	1,08	1,08	1,08	11	6,295	3,624	
BWg	300	12,66	7,48	11,00	12,54	13,32	6,50	6,60	6,30	x	x	x	0,97	0,97	0,97	11	7,210	4,778	

Grundrissform 5

		%																	
	kg/m³-E	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9	E10	E11	E12	E13	E14	E15	n _E	MW	StabW
BWg	50	7,21	8,75	8,00	6,60	7,32	9,00	9,60	7,60	7,00	x	x	x	x	x	x	9	7,898	1,014
BWg	100	6,00	8,75	8,00	5,50	6,10	9,00	9,60	7,20	x	x	x	2,58	2,58	2,58	11	6,171	2,647	
BWg	150	6,42	8,75	9,00	5,83	6,10	9,00	8,40	7,10	x	x	x	1,79	1,79	1,79	11	5,998	2,930	
BWg	200	8,48	8,75	9,00	7,81	8,54	7,50	8,40	6,90	x	x	x	1,34	1,34	1,34	11	6,311	3,244	
BWg	250	10,43	8,13	10,00	9,57	10,98	7,50	7,20	6,70	x	x	x	1,12	1,12	1,12	11	6,715	3,843	
BWg	300	13,81	8,13	11,00	12,65	14,64	7,50	7,20	6,60	x	x	x	1,01	1,01	1,01	11	7,686	5,069	

Grundrissform 6

		%																	
	kg/m³-E	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9	E10	E11	E12	E13	E14	E15	n _E	MW	StabW
BWg	50	7,21	8,96	9,00	7,20	7,44	10,20	10,40	8,60	7,00	x	x	x	x	x	x	9	8,446	1,307
BWg	100	6,00	8,96	9,00	6,00	6,20	10,20	10,40	8,20	x	x	x	2,65	2,65	2,65	11	6,627	2,985	
BWg	150	6,42	8,96	10,00	6,36	6,20	10,20	9,10	8,10	x	x	x	1,84	1,84	1,84	11	6,442	3,264	
BWg	200	8,48	8,96	10,00	8,52	8,68	8,50	9,10	7,90	x	x	x	1,38	1,38	1,38	11	6,753	3,489	
BWg	250	10,43	8,32	11,00	10,44	11,16	8,50	7,80	7,70	x	x	x	1,15	1,15	1,15	11	7,163	4,054	
BWg	300	13,81	8,32	12,00	13,80	14,88	8,50	7,80	7,60	x	x	x	1,04	1,04	1,04	11	8,165	5,259	

Grundrissform 7

		%																	
	kg/m³-E	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9	E10	E11	E12	E13	E14	E15	n _E	MW	StabW
BWg	50	7,51	8,96	9,00	7,80	7,44	11,40	11,20	8,70	7,00	x	x	x	x	x	x	9	8,779	1,594
BWg	100	6,25	8,96	9,00	6,50	6,20	11,40	11,20	8,20	x	x	x	2,71	2,71	2,71	11	6,896	3,205	
BWg	150	6,69	8,96	10,00	6,89	6,20	11,40	9,80	8,10	x	x	x	1,89	1,89	1,89	11	6,700	3,456	
BWg	200	8,84	8,96	10,00	9,23	8,68	9,50	9,80	7,90	x	x	x	1,42	1,42	1,42	11	7,014	3,639	
BWg	250	10,86	8,32	11,00	11,31	11,16	9,50	8,40	7,70	x	x	x	1,18	1,18	1,18	11	7,436	4,204	
BWg	300	14,39	8,32	12,00	14,95	14,88	9,50	8,40	7,60	x	x	x	1,06	1,06	1,06	11	8,475	5,450	

Grundrissform 8

		%																	
	kg/m³-E	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9	E10	E11	E12	E13	E14	E15	n _E	MW	StabW
BWg	50	7,81	9,24	9,00	7,80	7,50	10,80	12,00	8,90	9,00	x	x	x	x	x	x	9	9,117	1,470
BWg	100	6,50	9,24	9,00	6,50	6,25	10,80	12,00	8,40	x	x	x	2,81	2,81	2,81	11	7,010	3,229	
BWg	150	6,96	9,24	10,00	6,89	6,25	10,80	10,50	8,30	x	x	x	1,95	1,95	1,95	11	6,799	3,449	
BWg	200	9,19	9,24	10,00	9,23	8,75	9,00	10,50	8,10	x	x	x	1,46	1,46	1,46	11	7,128	3,689	
BWg	250	11,30	8,58	11,00	11,31	11,25	9,00	9,00	7,90	x	x	x	1,22	1,22	1,22	11	7,545	4,235	
BWg	300	14,96	8,58	12,00	14,95	15,00	9,00	9,00	7,80	x	x	x	1,10	1,10	1,10	11	8,599	5,506	

A.3.21 Mattenstahl AQ 90

Mattenstahl AQ 90

Grundrissform 1

		%														n _E	MW	StabW
kg/m ³ -E	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9	E10	E11	E12	E13	E14	E15			
BWg	50	6,63	x	6,00	6,60	6,00	6,00	x	6,00	5,00	x	x	x	x	x	7	6,033	0,540
BWg	100	5,51	6,50	6,00	5,50	5,00	6,00	7,00	5,80	x	x	x	x	x	x	8	5,914	0,623
BWg	150	5,90	6,50	7,00	5,90	6,00	6,00	6,00	5,60	x	x	x	x	x	x	8	6,113	0,436
BWg	200	7,79	6,50	7,00	7,80	8,00	5,00	6,00	5,40	x	x	x	x	x	x	8	6,686	1,152
BWg	250	9,58	6,00	8,00	9,60	10,00	5,00	5,00	5,20	x	x	x	0,90	0,90	0,90	11	5,553	3,525
BWg	300	12,69	6,00	9,00	12,70	13,00	5,00	5,00	5,00	x	x	x	0,85	0,85	0,85	11	6,449	4,775

Grundrissform 2

		%														n _E	MW	StabW
kg/m ³ -E	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9	E10	E11	E12	E13	E14	E15			
BWg	50	6,90	x	7,00	6,80	6,30	6,90	x	6,40	5,00	x	x	x	x	x	7	6,470	0,701
BWg	100	5,73	7,02	7,00	5,67	5,25	6,90	7,35	6,20	x	x	x	x	x	x	8	6,389	0,779
BWg	150	6,14	7,02	8,00	6,08	6,30	6,90	6,30	6,00	x	x	x	x	x	x	8	6,592	0,682
BWg	200	8,10	7,02	8,00	8,03	8,40	5,75	6,30	5,80	x	x	x	x	x	x	8	7,176	1,101
BWg	250	9,96	6,48	9,00	9,89	10,50	5,75	5,25	5,60	x	x	x	0,92	0,92	0,92	11	5,926	3,722
BWg	300	13,20	6,48	10,00	13,08	13,65	5,75	5,25	5,40	x	x	x	0,87	0,87	0,87	11	6,855	4,987

Grundrissform 3

		%														n _E	MW	StabW
kg/m ³ -E	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9	E10	E11	E12	E13	E14	E15			
BWg	50	7,16	x	7,00	7,06	6,48	7,50	x	6,20	5,00	x	x	x	x	x	7	6,629	0,839
BWg	100	5,95	7,48	7,00	5,89	5,40	7,50	7,70	6,00	x	x	x	x	x	x	8	6,614	0,901
BWg	150	6,37	7,48	8,00	6,31	6,48	7,50	6,60	5,80	x	x	x	x	x	x	8	6,818	0,751
BWg	200	8,41	7,48	8,00	8,35	8,64	6,25	6,60	5,60	x	x	x	x	x	x	8	7,416	1,135
BWg	250	10,35	6,90	9,00	10,27	10,80	6,25	5,50	5,40	x	x	x	0,93	0,93	0,93	11	6,114	3,844
BWg	300	13,71	6,90	10,00	13,59	14,04	6,25	5,50	5,20	x	x	x	0,88	0,88	0,88	11	7,074	5,152

Grundrissform 4

		%														n _E	MW	StabW
kg/m ³ -E	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9	E10	E11	E12	E13	E14	E15			
BWg	50	7,29	x	7,00	7,19	6,66	7,80	x	6,30	6,00	x	x	x	x	x	7	6,892	0,618
BWg	100	6,06	7,48	7,00	6,00	5,55	7,80	7,70	6,10	x	x	x	x	x	x	8	6,710	0,885
BWg	150	6,49	7,48	8,00	6,43	6,66	7,80	6,60	5,90	x	x	x	x	x	x	8	6,920	0,745
BWg	200	8,57	7,48	8,00	8,50	8,88	6,50	6,60	5,70	x	x	x	x	x	x	8	7,528	1,155
BWg	250	10,54	6,90	9,00	10,46	11,10	6,50	5,50	5,50	x	x	x	0,97	0,97	0,97	11	6,220	3,904
BWg	300	13,96	6,90	10,00	13,84	14,43	6,50	5,50	5,30	x	x	x	0,92	0,92	0,92	11	7,199	5,248

Grundrissform 5

		%														n _E	MW	StabW
kg/m ³ -E	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9	E10	E11	E12	E13	E14	E15			
BWg	50	7,96	x	7,00	7,26	7,32	9,00	x	6,60	7,00	x	x	x	x	x	7	7,448	0,800
BWg	100	6,61	8,13	7,00	6,05	6,10	9,00	8,40	6,40	x	x	x	x	x	x	8	7,211	1,140
BWg	150	7,08	8,13	8,00	6,49	7,32	9,00	7,20	6,10	x	x	x	x	x	x	8	7,414	0,934
BWg	200	9,35	8,13	8,00	8,58	9,76	7,50	7,20	6,00	x	x	x	x	x	x	8	8,064	1,203
BWg	250	11,50	7,50	9,00	10,56	12,20	7,50	6,00	5,80	x	x	x	1,01	1,01	1,01	11	6,644	4,162
BWg	300	15,23	7,50	10,00	13,97	15,86	7,50	6,00	5,60	x	x	x	0,95	0,95	0,95	11	7,683	5,584

Grundrissform 6

		%														n _E	MW	StabW
kg/m ³ -E	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9	E10	E11	E12	E13	E14	E15			
BWg	50	7,96	x	8,00	7,92	7,44	10,20	x	7,60	7,00	x	x	x	x	x	7	8,017	1,026
BWg	100	6,61	8,32	8,00	6,60	6,20	10,20	9,10	7,40	x	x	x	x	x	x	8	7,804	1,380
BWg	150	7,08	8,32	9,00	7,08	7,44	10,20	7,80	7,10	x	x	x	x	x	x	8	8,003	1,121
BWg	200	9,35	8,32	9,00	9,36	9,92	8,50	7,80	7,00	x	x	x	x	x	x	8	8,656	0,949
BWg	250	11,50	7,68	10,00	11,52	12,40	8,50	6,50	6,80	x	x	x	1,04	1,04	1,04	11	7,091	4,341
BWg	300	15,23	7,68	11,00	15,24	16,12	8,50	6,50	6,60	x	x	x	0,98	0,98	0,98	11	8,164	5,760

Grundrissform 7

		%														n _E	MW	StabW
kg/m ³ -E	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9	E10	E11	E12	E13	E14	E15			
BWg	50	8,29	x	8,00	8,58	7,44	11,40	x	7,70	7,00	x	x	x	x	x	7	8,344	1,447
BWg	100	6,89	8,32	8,00	7,15	6,20	11,40	9,80	7,50	x	x	x	x	x	x	8	8,157	1,697
BWg	150	7,38	8,32	9,00	7,67	7,44	11,40	8,40	7,20	x	x	x	x	x	x	8	8,351	1,378
BWg	200	9,74	8,32	9,00	10,14	9,92	9,50	8,40	7,10	x	x	x	x	x	x	8	9,015	1,026
BWg	250	11,98	7,68	10,00	12,48	12,40	9,50	7,00	6,90	x	x	x	1,06	1,06	1,06	11	7,375	4,516
BWg	300	15,86	7,68	11,00	16,51	16,12	9,50	7,00	6,70	x	x	x	1,00	1,00	1,00	11	8,489	5,987

Grundrissform 8

		%														n _E	MW	StabW
kg/m ³ -E	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9	E10	E11	E12	E13	E14	E15			
BWg	50	8,62	x	8,00	8,58	7,50	10,80	x	7,90	8,00	x	x	x	x	x	7	8,486	1,093
BWg	100	7,16	8,58	8,00	7,15	6,25	10,80	10,50	7,70	x	x	x	x	x	x	8	8,268	1,623
BWg	150	7,67	8,58	9,00	7,67	7,50	10,80	9,00	7,40	x	x	x	x	x	x	8	8,453	1,157
BWg	200	10,13	8,58	9,00	10,14	10,00	9,00	9,00	7,30	x	x	x	x	x	x	8	9,143	0,962
BWg	250	12,45	7,92	10,00	12,48	12,50	9,00	7,50	7,10	x	x	x	1,10	1,10	1,10	11	7,477	4,540
BWg	300	16,50	7,92	11,00	16,51	16,25	9,00	7,50	6,90	x	x	x	1,04	1,04	1,04	11	8,608	6,046

A.3.22 Mattenstahl AQ 100

Mattenstahl AQ 100

Grundrissform 1

	kg/m³-E	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9	E10	E11	E12	E13	E14	E15	n _E	MW	StabW
BWg	50	6,15	x	5,00	6,10	6,00	6,00	x	5,00	5,00	x	x	x	x	x	x	7	5,607	0,570
BWg	100	5,11	6,00	5,00	5,10	5,00	6,00	7,00	4,80	x	2,00	2,00	x	x	x	x	10	4,801	1,622
BWg	150	5,48	6,00	6,00	5,50	5,00	6,00	6,00	4,60	x	x	x	x	x	x	x	8	5,573	0,537
BWg	200	7,21	6,00	6,00	7,20	7,00	5,00	6,00	4,40	x	x	x	x	x	x	x	8	6,101	1,027
BWg	250	8,90	6,00	6,00	8,90	9,00	5,00	5,00	4,20	x	x	x	x	x	x	x	8	6,625	1,998
BWg	300	11,78	6,00	7,00	11,80	12,00	5,00	5,00	4,00	x	x	x	0,80	0,80	0,80	11	5,907	4,371	

Grundrissform 2

		%																	
	kg/m³-E	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9	E10	E11	E12	E13	E14	E15	n _E	MW	StabW
BWg	50	6,40	x	6,00	6,28	6,30	6,90	x	5,40	5,00	x	x	x	x	x	x	7	6,040	0,644
BWg	100	5,31	6,48	6,00	5,25	5,25	6,90	7,35	5,20	x	2,00	2,00	x	x	x	x	10	5,175	1,834
BWg	150	5,70	6,48	7,00	5,67	5,25	6,90	6,30	5,00	x	x	x	x	x	x	x	8	6,037	0,745
BWg	200	7,50	6,48	7,00	7,42	7,35	5,75	6,30	4,80	x	x	x	x	x	x	x	8	6,574	0,945
BWg	250	9,26	6,48	7,00	9,17	9,45	5,75	5,25	4,60	x	x	x	x	x	x	x	8	7,119	1,939
BWg	300	12,25	6,48	8,00	12,15	12,60	5,75	5,25	4,40	x	x	x	0,82	0,82	0,82	11	6,303	4,556	

Grundrissform 3

		%																	
	kg/m³-E	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9	E10	E11	E12	E13	E14	E15	n _E	MW	StabW
BWg	50	6,64	x	6,00	6,53	6,48	7,50	x	5,20	5,00	x	x	x	x	x	x	7	6,193	0,871
BWg	100	5,52	6,90	6,00	5,46	5,40	7,50	7,70	5,00	x	3,00	3,00	x	x	x	x	10	5,548	1,626
BWg	150	5,92	6,90	7,00	5,89	5,40	7,50	6,60	4,80	x	x	x	x	x	x	x	8	6,250	0,905
BWg	200	7,79	6,90	7,00	7,70	7,56	6,25	6,60	4,60	x	x	x	x	x	x	x	8	6,800	1,042
BWg	250	9,61	6,90	7,00	9,52	9,72	6,25	5,50	4,40	x	x	x	x	x	x	x	8	7,363	2,039
BWg	300	12,72	6,90	8,00	12,63	12,96	6,25	5,50	4,20	x	x	x	0,82	0,82	0,82	11	6,512	4,726	

Grundrissform 4

		%																	
	kg/m³-E	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9	E10	E11	E12	E13	E14	E15	n _E	MW	StabW
BWg	50	6,77	x	6,00	6,65	6,66	7,80	x	5,30	6,00	x	x	x	x	x	x	7	6,453	0,789
BWg	100	5,62	6,90	6,00	5,56	5,55	7,80	7,70	5,10	x	2,00	2,00	x	x	x	x	10	5,423	2,027
BWg	150	6,03	6,90	7,00	6,00	5,55	7,80	6,60	4,90	x	x	x	x	x	x	x	8	6,347	0,915
BWg	200	7,93	6,90	7,00	7,85	7,77	6,50	6,60	4,70	x	x	x	x	x	x	x	8	6,906	1,057
BWg	250	9,79	6,90	7,00	9,70	9,99	6,50	5,50	4,50	x	x	x	x	x	x	x	8	7,485	2,101
BWg	300	12,96	6,90	8,00	12,86	13,32	6,50	5,50	4,50	x	x	x	0,86	0,86	0,86	11	6,648	4,808	

Grundrissform 5

		%																	
	kg/m³-E	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9	E10	E11	E12	E13	E14	E15	n _E	MW	StabW
BWg	50	7,38	x	6,00	6,71	7,32	9,00	x	5,60	6,00	x	x	x	x	x	x	7	6,859	1,166
BWg	100	6,13	7,50	6,00	5,61	6,10	9,00	8,40	5,40	x	3,00	3,00	x	x	x	x	10	6,014	1,987
BWg	150	6,58	7,50	7,00	6,05	6,10	9,00	7,20	5,20	x	x	x	x	x	x	x	8	6,828	1,146
BWg	200	8,65	7,50	7,00	7,92	8,54	7,50	7,20	5,00	x	x	x	x	x	x	x	8	7,414	1,141
BWg	250	10,68	7,50	7,00	9,79	10,98	7,50	6,00	4,80	x	x	x	x	x	x	x	8	8,031	2,236
BWg	300	14,14	7,50	8,00	12,98	14,64	7,50	6,00	4,70	x	x	x	0,90	0,90	0,90	11	7,104	5,143	

Grundrissform 6

		%																	
	kg/m³-E	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9	E10	E11	E12	E13	E14	E15	n _E	MW	StabW
BWg	50	7,38	x	7,00	7,32	7,44	10,20	x	6,60	6,00	x	x	x	x	x	x	7	7,420	1,330
BWg	100	6,13	7,68	7,00	6,12	6,20	10,20	9,10	6,40	x	5,00	5,00	x	x	x	x	10	6,883	1,683
BWg	150	6,58	7,68	8,00	6,60	6,20	10,20	7,80	6,20	x	x	x	x	x	x	x	8	7,407	1,344
BWg	200	8,65	7,68	8,00	8,64	8,68	8,50	7,80	6,00	x	x	x	x	x	x	x	8	7,994	0,902
BWg	250	10,68	7,68	8,00	10,68	11,16	8,50	6,50	5,80	x	x	x	x	x	x	x	8	8,625	2,024
BWg	300	14,14	7,68	9,00	14,16	14,88	8,50	6,50	5,70	x	x	x	0,92	0,92	0,92	11	7,574	5,293	

Grundrissform 7

		%																	
	kg/m³-E	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9	E10	E11	E12	E13	E14	E15	n _E	MW	StabW
BWg	50	7,69	x	7,00	7,93	7,44	11,40	x	6,70	7,00	x	x	x	x	x	x	7	7,880	1,611
BWg	100	6,39	7,68	7,00	6,63	6,20	11,40	9,80	6,50	x	5,00	5,00	x	x	x	x	10	7,160	2,022
BWg	150	6,85	7,68	8,00	7,15	6,20	11,40	8,40	6,30	x	x	x	x	x	x	x	8	7,748	1,669
BWg	200	9,01	7,68	8,00	9,36	8,68	9,50	8,40	6,10	x	x	x	x	x	x	x	8	8,342	1,104
BWg	250	11,13	7,68	8,00	11,57	11,16	9,50	7,00	5,90	x	x	x	x	x	x	x	8	8,992	2,151
BWg	300	14,73	7,68	9,00	15,34	14,88	9,50	7,00	5,80	x	x	x	0,94	0,94	0,94	11	7,887	5,521	

Grundrissform 8

		%																	
	kg/m³-E	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9	E10	E11	E12	E13	E14	E15	n _E	MW	StabW
BWg	50	8,00	x	7,00	7,93	7,50	10,80	x	6,90	8,00	x	x	x	x	x	x	7	8,018	1,310
BWg	100	6,64	7,92	7,00	6,63	6,25	10,80	10,50	6,70	x	3,00	3,00	x	x	x	x	10	6,844	2,587
BWg	150	7,12	7,92	8,00	7,15	6,25	10,80	9,00	6,50	x	x	x	x	x	x	x	8	7,843	1,486
BWg	200	9,37	7,92	8,00	9,36	8,75	9,00	9,00	6,30	x	x	x	x	x	x	x	8	8,463	1,034
BWg	250	11,57	7,92	8,00	11,57	11,25	9,00	7,50	6,10	x	x	x	x	x	x	x	8	9,114	2,104
BWg	300	15,31	7,92	9,00	15,34	15,00	9,00	7,50	6,00	x	x	x	0,98	0,98	0,98	11	8,000	5,573	

Literaturverzeichnis

<http://www.google.at/imgres?q=Dichtefunktion&um=1&hl=de&client=firefox-a&sa=N&rls=org.mozilla:de:official&channel=np&biw=1920&bih=937&tbm=isch&tbid=EfJaBQG1Fo9dzM:&imgrefurl=http://finance.wiwi.tu-dresden.de/Wiki-fi/index.php/Dichtefunktion&docid=Vj2bCyc>. Datum des Zugriffs: 14.02.2012.

<http://www.pruefungskoening.de/fach/mathematik/uebung/diskrete-und-stetige-verteilungsfunktionen-summenfunktionen-und>. Datum des Zugriffs: 14.02.2012.

http://de.wikipedia.org/wiki/Geometrische_Verteilung. Datum des Zugriffs: 20.02.2012.

<http://www.statistik.tuwien.ac.at/public/dutt/vorles/mb/node34.html>. Datum des Zugriffs: 22.02.2012.

http://en.wikipedia.org/wiki/File:Triangular_distribution_PMF.png. Datum des Zugriffs: 22.02.2012.

http://de.wikipedia.org/wiki/Logistische_Verteilung. Datum des Zugriffs: 22.02.2012.

<http://de.wikipedia.org/wiki/Korrelation>. Datum des Zugriffs: 21.01.2012.

<http://www.steuerlinks.de/marketing/lexikon/korrelation.html>. Datum des Zugriffs: 21.01.2012.

http://fenjafunds.at/index.php/mid,211,/lexikon_letter,K/lexikon,310,Korrelation#. Datum des Zugriffs: 21.01.2012.

<http://www.techniklexikon.net/d/korrelation/korrelation.htm>. Datum des Zugriffs: 21.01.2012.

http://www.mathe-online.at/materialien/Daniela.Eder/files/Diskrete_WK/Zusammenstellung.html. Datum des Zugriffs: 14.02.2012.

<http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/0/0d/ChiQuadratVerteilung.PNG/400px-ChiQuadratVerteilung.PNG>. Datum des Zugriffs: 20.03.2012.

<http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/6/64/TVerteilung.PNG>. Datum des Zugriffs: 20.03.2012.

AUSTRIAN STANDARDS INSTITUTE: ÖNORM B 1801-1: Bauprojekt- und Objektmanagement - Teil 1: Objektterrichtung. Wien. 2009.

BARTSCH, H.: Taschenbuch Mathematischer Formeln - 20. Auflage. Leipzig, München, Wien. Carl Hanser Verlag, 2004.

BERGER, K.: Die Korrelation von Merkmalen. <http://www.mathe-online.at/materialien/klaus.berger/files/regression/korrelation.pdf>. Datum des Zugriffs: 21.01.2012.

- BERGHOLD, A.: Schließende Statistik. http://user.meduni-graz.at/andrea.berghold/StatSS/Schliessende_Statistik.pdf. Datum des Zugriffs: 14.02.2012.
- BOLZE, K.; WERNER, F.: Grundlagen der Stochastik. http://num.math.uni-goettingen.de/f.werner/files/Stochastik_Skript.pdf. Datum des Zugriffs: 27.01.2012.
- BORTZ, J.; SCHUSTER, C.: Statistik für Human- und Sozialwissenschaftler - 7.Auflage. Berlin. Springer-Verlag GmbH, 2010.
- CHAPMAN, C.; WARD, S.: Project Risk Management - Processes, Techniques and Insights. Chichester. John Wiley & Sons Ltd., 2003.
- CHAU, K. W.: The validity of the triangular distribution assumption in Monte Carlo simulation of construction costs: empirical evidence from Hong Kong. In: Construction Management and Economics, 01/1995.
- CHAU, K. W.: Monte Carlo simulation of construction costs using subjective data. In: Construction Management and Economics, 09/1995.
- DER DUDEN: Fremdwörterbuch - 6.Auflage. Mannheim. Bibliographisches Institut & F.A. Brockhaus AG, 1997.
- HOFSTADLER, C.: Bauablaufplanung und Logistik im Baubetrieb. Berlin Heidelberg New York. Springer Verlag, 2007.
- HOFSTADLER, C.: Schararbeiten - Technologische Grundlagen, Sichtbeton, Systemauswahl, Ablaufplanung, Logistik und Kalkulation. Berlin Heidelberg. Springer-Verlag, 2008.
- HOFSTADLER, C.: Bauzeit und Baukosten für Stahlbetonarbeiten - Berechnungsmethoden und Anwendung. In: Beton- und Stahlbeton 104 (2009), Heft 5, 05/2009.
- HOFSTADLER, C.: Fitting with @RISK - The Distribution Function for Labour Consumption in Shuttering Works. http://www.palisade.com/downloads/UserConf/EU12/2012PalisadeLondonConf_ChristianHofstadler.pdf. Datum des Zugriffs: 16.05.2012.
- HOFSTADLER, C.; FRANZL, G.: Bewehrungsarbeiten im Baubetrieb. Ratschendorf. VÖBV-Verband Österreichischer Biege- und Verlegetechnik, 2011.
- KREMPL, S.: Regressionsmethoden und Anwendungen. Diplomarbeit. Graz. Karl-Franzens-Universität Graz, 2011.
- KUMMER, M. K.: Einsatz der Monte-Carlo Simulation zur Berechnung von Baukosten und Bauzeit. Masterarbeit. Graz. Technische Universität Graz, 2012.
- LECHNER, H.; LIEBENAU, S.: PM Teil 7a - Kostenplanung. Graz. Verlag der Technischen Universität Graz, 2010.

PALISADE CORPORATION: Benutzerhandbuch für @RISK. http://www.palisade.com/downloads/manuals/DE/RISK5_DE.pdf. Datum des Zugriffs: 16.02.2012.

RAABER, N.: Schriftenreihe des Instituts für Baubetrieb und Bauwirtschaft - Heft 15. Beitrag zu Ausschreibung und Vergabe von Bauleistungen. Graz. Eigenverlag der Technischen Universität Graz, 2003.

SCHACH, R.: Stochastische Investitionskostenberechnung für Verkehrsinfrastrukturprojekte. http://www.hochleistungsbahnen.tu-dresden.de/fachtagung_tr/trt5/10_trt5_vortrag10.pdf. Datum des Zugriffs: 23.03.2012.

SCHALK, H.; STEINER, G. F.: Mathematik 2 - 3.Auflage, Nachdruck. Wien. Verlag Holder-Pichler-Tempsky GmbH & Co.KG, 2008.

STAHEL, W.: Lineare Regression. <http://stat.ethz.ch/~stahel/courses/regression/reg-intro.pdf>. Datum des Zugriffs: 08.01.2011.

TECHNISCHE UNIVERSITÄT WIEN - INSTITUT FÜR STATISTIK UND WAHRSCHEINLICHKEITSTHEORIE: A.2 Stetige Verteilungen. <http://www.statistik.tuwien.ac.at/lv-guide/TABELLEN/vert-s.pdf>. Datum des Zugriffs: 20.02.2012.

TOURAN, A.; WISER, E. P.: Monte Carlo Technique with Correlated Random Variables. In: Journal of Construction Engineering and Management, 05-06/1992.

WEYERS, S.: Messung, Skalenniveaus, Gütekriterien. http://www.uni-frankfurt.de/fb/fb04/personen/weyerss/SoSe08_MeS/10Messung_Skalenniveaus.pdf. Datum des Zugriffs: 27.01.2012.

ZEHRT, T.: Diskrete Standardverteilungen. <http://wwz.unibas.ch/fileadmin/wwz/redaktion/statistik/downloads/Lehre/Mathe2/Foilen/PR13a.pdf>. Datum des Zugriffs: 27.03.2012.

ZUCCHINI, W.; BÖKER, F.; STADIE, A.: Statistik III - Kapitel 4: Diskrete Verteilungen. <http://www.statoek.wiso.uni-goettingen.de/veranstaltungen/statistik3alt/daten/sec4.pdf>. Datum des Zugriffs: 20.02.2012.

