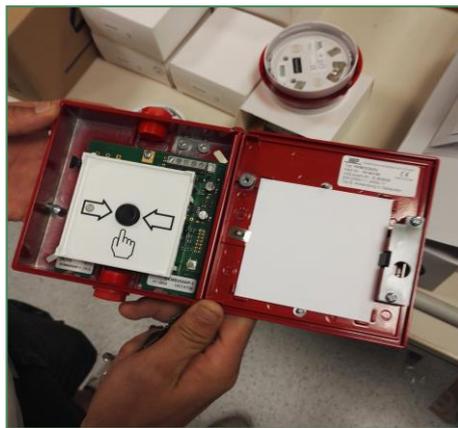


MASTERARBEIT



REFA – METHODENLEHRE: AUFWANDSWERTERMITTLUNG IN DER GEBÄUDETECHNIK

Mayer Andreas, B.Eng.

Müller Roman, B.Eng.

Vorgelegt am
Institut für Baubetrieb und Bauwirtschaft

Betreuer
Univ.-Prof. Dr.-Ing. Detlef Heck

Mitbetreuender Assistent
DDipl.-Ing. Bernhard Bauer

Graz am 16. Oktober 2017

EIDESSTÄTTLICHE ERKLÄRUNG

Wir erklären an Eides statt, dass wir 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 haben.

Graz, am

.....

(Andreas Mayer)

Graz, am

.....

(Roman Müller)

STATUTORY DECLARATION

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

Graz,
date

.....
(Andreas Mayer)

Graz,
date

.....
(Roman Müller)

Anmerkung

In der vorliegenden Masterarbeit wird auf eine Aufzählung beider Geschlechter oder die Verbindung beider Geschlechter in einem Wort zugunsten einer leichteren Lesbarkeit des Textes verzichtet. Es soll an dieser Stelle jedoch ausdrücklich festgehalten werden, dass allgemeine Personenbezeichnungen für beide Geschlechter gleichermaßen zu verstehen sind.

Danksagung

An dieser Stelle möchten wir allen Personen danken, die uns während unserer Diplomarbeit mit Rat und Tat zur Seite standen.

Für die Betreuung von universitärer Seite bedanken wir uns bei Herrn DDipl.-Ing. Bernhard Bauer.

Besonderer Dank gebührt unseren Familien und Freunden, die uns die gesamte Ausbildungszeit hindurch unterstützten.

Im Besonderen gedenke ich meiner am 12.06.2017 verstorbenen Mutter (Claudia Mayer), welcher ich diese Arbeit widme.

Für besonders engagierte Leistungen im Zusammenhang dieser Masterarbeit möchten wir uns bei Herrn Dipl.-Ing. Franz Leitinger, Herrn Wolfgang Fürnschuss sowie Herrn Ing. Markus Kühlmayer bedanken. Neben ihren alltäglichen, beruflichen Aufgaben haben sie sich in Sachen terminlicher Abstimmung und technischen Fragen immer gut um uns gekümmert.

Graz, am
(Andreas Mayer)

Graz, am
(Roman Müller)

Kurzfassung

Durch die immer weiter fortschreitende Digitalisierung im Bauwesen, vor allem in der Gebäudetechnik, werden hohe Anforderungen an das Gewerk der Elektrotechnik gestellt. Zur Ausführung und Planung werden spezialisierte Arbeitskräfte benötigt. Um Leistungen kalkulieren zu können, sind Arbeitszeitrichtwerte erforderlich. Diese beeinflussen wesentlich das Angebot des ausführenden Unternehmens. Sie setzen sich nicht nur rein aus der gemessenen Tätigkeitszeit zusammen, sondern enthalten insbesondere Zuschläge für Verteilzeit und Erholzeit, vor allem müssen aber auch verschiedene Einflussfaktoren und deren Auswirkung auf die unterschiedlichen Baustellengegebenheiten mit einbezogen werden.

Diese Arbeit gibt einen allgemeinen Überblick über die Vorgehensweise, Arbeitszeitrichtwerte zu ermitteln. Hierfür wird die Methodenlehre des Reichsausschusses für Arbeitszeitermittlung (REFA) verwendet. Zusätzlich werden die dabei beobachteten Arbeitskräfte subjektiv analysiert und es wird auf Verbesserungspotentiale eingegangen.

Abstract

The increasingly advanced digitalization in the building sector, especially in the field of building technology, places high demands on the work of the electrical craft. Specialized workers are needed for execution and planning. In order to be able to calculate benefits, working time reference values are required. These essentially influence the offer of the executing company. They are not only composed solely of the measured activity time, but also include, in particular, surcharges for distribution time and recovery time. However, different influencing factors and their effect on the different construction site conditions must also be taken into account.

This thesis provides a general overview of the approach to determine these working time reference values. For this purpose, the methodological teaching of the Reichsausschuss für Arbeitszeitermittlung (REFA) is used. In addition, the observed workforce is subjectively analyzed and potential for improvement is addressed.

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung und Fragestellung	1
1.1	Zielsetzung	1
1.2	Motivation	1
1.3	Vorgehensweise	2
2	HERESCHWERKE Regeltechnik GmbH	3
2.1	Unternehmen	3
2.2	Leistungsspektrum	3
2.2.1	Gebäudetechnik	3
2.2.2	Sicherheitstechnik	7
2.2.3	Photovoltaik	12
2.2.4	Service und Wartung	14
3	Grundlagen zur REFA – Systematik	15
3.1	Einleitung	15
3.1.1	Definition Arbeit	16
3.1.2	Definition Aufwandswert	16
3.1.3	Definition Leistung	17
3.1.4	Definition Produktivität	18
3.1.5	Zusammenhang Aufwandswert/Produktivität/Leistung	19
3.2	Das Arbeitssystem	20
3.2.1	Arbeitsaufgabe	21
3.2.2	Arbeitsablauf	21
3.2.3	Eingabe	21
3.2.4	Ausgabe	21
3.2.5	Mensch und Betriebsmittel	21
3.2.6	Umwelteinflüsse	22
3.3	Grundlagen der Datenermittlung	22
3.3.1	Verwendungszweck von Daten	22
3.3.2	Gliederung der Daten	23
3.3.2.1	Abhängige und unabhängige Daten	23
3.3.2.2	Qualitative und quantitative Daten	23
3.3.2.3	Feste und veränderliche Daten	25
3.3.2.4	Absolute und bezogene Daten	25
3.3.3	Reproduzierbarkeit von Daten	25
3.4	Vorgehensweise bei der Zeitdatenermittlung	26
3.4.1	Grundzeit t_g	29
3.4.2	Erholungszeit ter	29
3.4.3	Verteilzeit tv	30
3.4.4	Zeit je Einheit te	30
3.4.5	Rüstzeit tr	31
3.4.6	Auftragszeit T	31
3.5	Zeitaufnahmen	32
3.5.1	Fortschrittszeitaufnahme/Einzelzeitaufnahme	32
3.5.1.1	Fortschrittszeitaufnahme	33
3.5.1.2	Einzelzeitaufnahme	33
3.5.2	Statistische Auswertung beider Aufnahmemethoden	34
3.5.3	Multimomentaufnahme	37
3.5.3.1	Durchführung der klassischen MM-Aufnahme	37
3.5.4	Statistische Auswertung der Multimomentaufnahme	38

4	Datenerhebung auf den Baustellen	40
4.1	Methode der Datenerhebung	40
4.1.1	Methodenauswahl - Multimomentaufnahme MMA	40
4.1.2	Erforderlicher Beobachtungsumfang	41
4.1.3	Datenerhebungsbögen	42
4.2	Die beobachteten Baustellen	44
4.2.1	Baustelle MED CAMPUS	44
4.2.2	Baustelle BHAK/BORG Monsbergergasse	51
4.3	Beschreibung der Beobachtungen	55
4.3.1	Baustelle MED CAMPUS	55
4.3.2	Baustelle BHAK/BORG Monsbergergasse	56
5	Datenauswertung MED CAMPUS	57
5.1	Kabelzug bis 5x6 mm ²	57
5.1.1	Allgemein	57
5.1.1.1	Ablaufartengliederung des Kabelzugs	58
5.1.1.2	Beobachtungszeitraum	60
5.1.2	Aufwandswerte	60
5.1.2.1	Aufwandswert für Kabelzug bis 3x2,5 mm ²	61
5.1.2.2	Aufwandswert für Kabelzug > 3x2,5 mm ²	62
5.1.2.3	Aufwandswert für Kabelzug bis 5x6 mm ² (Gemischt)	63
5.1.2.4	Zusammensetzung der Aufwandswerte für alle Kabelzüge	66
5.1.3	Mitarbeiteranalyse	67
5.1.3.1	Mitarbeiterbeschreibung und Analyse der gesamten Tagesleistungen	67
5.1.3.2	Mitarbeiteranalyse am 04.07.2016	69
5.1.3.3	Mitarbeiteranalyse am 05.07.2016	71
5.1.3.4	Mitarbeiteranalyse am 08.07.2016	74
5.1.3.5	Mitarbeiteranalyse am 11.07.2016	76
5.1.3.6	Mitarbeiteranalyse am 12.07.2016	79
5.2	Kabelzug IT-Übertragungskabel	82
5.2.1	Allgemein	82
5.2.1.1	Ablaufartengliederung des Kabelzugs	82
5.2.1.2	Beobachtungszeitraum	84
5.2.2	Aufwandswert für Kabelzug IT-Übertragungskabel	85
5.2.3	Mitarbeiteranalyse	89
5.2.3.1	Mitarbeiterbeschreibung und Analyse der gesamten Tagesleistungen	89
5.2.3.2	Mitarbeiteranalyse am 27.07.2016	90
5.2.3.3	Mitarbeiteranalyse am 02.08.2016	93
6	Datenauswertung BHAK/BORG Monsbergergasse	95
6.1	Kabelzug Brandmeldeleitung	95
6.1.1	Allgemein	95
6.1.1.1	Ablaufartengliederung des Kabelzugs Brandmeldeleitung	96
6.1.1.2	Beobachtungszeitraum	97
6.1.2	Aufwandswert für Kabelzug Brandmeldeleitung	98
6.1.3	Mitarbeiteranalyse	102
6.1.3.1	Mitarbeiterbeschreibung und Analyse der gesamten Tagesleistungen	102
6.1.3.2	Mitarbeiteranalyse am 19.07.2016	103
6.1.3.3	Mitarbeiteranalyse am 20.07.2016	106
6.2	Herstellung Brüstungskanal	108
6.2.1	Brüstungskanalmontage	109
6.2.1.1	Ablaufartengliederung der Brüstungskanalmontage	109

6.2.1.2	Beobachtungszeitraum der Brüstungskanalmontage.....	111
6.2.1.3	Aufandswert für die Brüstungskanalmontage.....	111
6.2.1.4	Mitarbeiteranalyse Brüstungskanalmontage.....	115
6.2.2	Brüstungskanalkomplementierung	121
6.2.2.1	Ablaufartengliederung der Brüstungskanalkomplementierung	121
6.2.2.2	Beobachtungszeitraum der Brüstungskanalkomplementierung...	123
6.2.2.3	Aufandswert für Brüstungskanalkomplementierung	123
6.2.2.4	Mitarbeiteranalyse	127
6.3	Brandmeldeeinrichtung.....	134
6.3.1	Allgemein	135
6.3.1.1	Ablaufartengliederung der Vorbereitung und Montage der Brandmeldeeinrichtung.....	136
6.3.1.2	Beobachtungszeitraum	138
6.3.2	Aufandswerte	138
6.3.2.1	Zuschlagssätze für die Aufandswerte der Brandmeldeeinrichtung.....	139
6.3.2.2	Aufandswert Druckknopfmelder	143
6.3.2.3	Aufandswert Rauchmelder	145
6.3.2.4	Aufandswert akustischer Signalgeber	147
6.3.3	Mitarbeiteranalyse	149
6.3.3.1	Mitarbeiterbeschreibung und Analyse der gesamten Tagesleistungen	149
6.3.3.2	Mitarbeiteranalyse am 18.08.2016.....	150
6.3.3.3	Mitarbeiteranalyse am 22.08.2016.....	152
6.3.3.4	Mitarbeiteranalyse am 23.08.2016.....	154
6.4	Notbeleuchtung	156
6.4.1	Allgemein	156
6.4.1.1	Ablaufartengliederung des Zusammenbaus und der Montage der Notbeleuchtung	157
6.4.1.2	Beobachtungszeitraum	158
6.4.2	Aufandswerte	158
6.4.2.1	Zuschlagssätze für die Aufandswerte der Notbeleuchtung.....	159
6.4.2.2	Aufandswert Zusammenbau Notbeleuchtung	163
6.4.2.3	Aufandswert Montage Notbeleuchtung.....	165
6.4.2.4	Aufandswert Zusammenbau und Montage der Notbeleuchtung 167	
6.4.3	Mitarbeiteranalyse	168
6.4.3.1	Mitarbeiterbeschreibung und Analyse der gesamten Tagesleistungen	168
6.4.3.2	Mitarbeiteranalyse am 11.08.2016.....	169
6.4.3.3	Mitarbeiteranalyse am 12.08.2016.....	172
7	Vergleich von Aufandswerten der Herschwerke Regeltechnik GmbH mit den ermittelten Werten _____	174
7.1	MED CAMPUS	175
7.1.1	Gegenüberstellung der AW für Kabelzug bis 5x6 mm ²	175
7.1.2	Gegenüberstellung der AW für Kabelzug IT-Übertragungskabel	175
7.2	BHAK/BORG Monsbergergasse.....	176
7.2.1	Gegenüberstellung der AW für Kabelzug Brandmeldeleitung ...	176
7.2.2	Gegenüberstellung der AW Brüstungskanalmontage inkl. Brüstungskanalkomplementierung	176
7.2.3	Gegenüberstellung der AW für Brandmeldeeinrichtung	177
7.2.4	Gegenüberstellung der AW für Notbeleuchtung	178

8	Fazit und Verbesserungspotentiale	179
8.1	Potentiale in der Mitarbeiterstruktur und Zusammensetzung	179
8.2	Potentiale in der Baustellenorganisation	180
8.3	Ausblick	180
9	Literaturverzeichnis	181

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 2-1:	Logo Hereschwerke Regeltechnik GmbH	3
Abbildung 2-2:	Elektroinstallationen	4
Abbildung 2-3:	Beleuchtungskonzepte	4
Abbildung 2-4:	KNX/EIB - Systeme	5
Abbildung 2-5:	Sprechanlagen	6
Abbildung 2-6:	Telefonanlagen	6
Abbildung 2-7:	Multimediasysteme	7
Abbildung 2-8:	Alarmanlagen	8
Abbildung 2-9:	Brandmeldeanlagen	8
Abbildung 2-10:	Videoüberwachung	9
Abbildung 2-11:	Zutrittskontrolle-, Zeiterfassungssysteme	10
Abbildung 2-12:	Beschallung/Evakuierung	10
Abbildung 2-13:	Visualisierung und Management	11
Abbildung 2-14:	Funktionsweise Photovoltaik	12
Abbildung 2-15:	Montage Photovoltaik	13
Abbildung 2-16:	Service und Wartung	14
Abbildung 3-1:	Stufen zur Systemgestaltung (In Anlehnung an REFA)	15
Abbildung 3-2:	Zusammenhang Aufwandswert/Arbeitsproduktivität/Leistung	19
Abbildung 3-3:	Das Arbeitssystem	20
Abbildung 3-4:	Verwendungszweck von Daten (In Anlehnung an REFA)	23
Abbildung 3-5:	Unterscheidung von qualitativen und quantitativen Daten (In Anlehnung an REFA)	24
Abbildung 3-6:	Absolute und bezogene Daten (In Anlehnung an REFA)	25
Abbildung 3-7:	Vereinfachte Übersicht der auf Menschen bezogenen Ablaufarten	26
Abbildung 3-8:	Überführung von Ablauf- in Zeitarten	28
Abbildung 3-9:	Beispiel Fortschrittszeitmessung (In Anlehnung an REFA)	33
Abbildung 3-10:	Beispiel Einzelzeitmessung (In Anlehnung an REFA)	33
Abbildung 3-11:	Erforderliche Notierungen in Abhängigkeit von Vertrauensbereich und Anteil der Ablaufart am Gesamtablauf (S = 95%)	39
Abbildung 4-1:	Erforderliche Notierungen in Abhängigkeit von Vertrauensbereich und Anteil der Ablaufart am Gesamtablauf (S = 95%)	41
Abbildung 4-2:	Datenerhebungsbogen EDV Kabel	43
Abbildung 4-3:	MED CAMPUS - Modul 1 Übersichtsplan Bauteil 1-8	45
Abbildung 4-4:	MED CAMPUS - Lageplan Module	45
Abbildung 4-5:	MED CAMPUS - Bauplatz vor Baubeginn	49
Abbildung 4-6:	MED CAMPUS - Bauplatz mit Baustelle	49
Abbildung 4-7:	BORG - Führungsplan: Untergeschoss	52
Abbildung 4-8:	BORG - Führungsplan: Erdgeschoss	52
Abbildung 4-9:	BORG - Führungsplan: 1. Obergeschoss	53
Abbildung 4-10:	BORG - Führungsplan: 2. Obergeschoss	53
Abbildung 4-11:	BHAK/BORG Monsbergergasse - Lage	54
Abbildung 5-1:	MC - Kabel bis 5x6 mm ²	57
Abbildung 5-2:	MC - Kabel fixiert	57
Abbildung 5-3:	MC - Zeiten für Aufwandswert Kabelzug bis 3x2,5 mm ²	61
Abbildung 5-4:	MC - Zeiten für Aufwandswert Kabelzug > 3x2,5 mm ²	62
Abbildung 5-5:	MC - Zeiten für Aufwandswert Kabelzug bis 5x6 mm ² (Gemischt)	63

Abbildung 5-6:	MC - Grundzeit/Verteilzeit/Erholungszeit – Kabelzüge	64
Abbildung 5-7:	MC - Zusammensetzung der Zeit für alle Kabelzüge	66
Abbildung 5-8:	Ablaufarten MC-AK1-R (Kabelzug, 04.07.2016)	69
Abbildung 5-9:	Ablaufarten MC-AK2-D (Kabelzug, 04.07.2016)	69
Abbildung 5-10:	Ablaufarten MC-aller AK (Kabelzug, 04.07.2016)	70
Abbildung 5-11:	Ablaufarten MC-AK1-R (Kabelzug, 05.07.2016)	71
Abbildung 5-12:	Ablaufarten MC-AK2-D (Kabelzug, 05.07.2016)	71
Abbildung 5-13:	Ablaufarten MC-aller AK (Kabelzug, 05.07.2016)	73
Abbildung 5-14:	Ablaufarten MC-AK1-R (Kabelzug, 08.07.2016)	74
Abbildung 5-15:	Ablaufarten MC-AK3-W (Kabelzug, 08.07.2016)	74
Abbildung 5-16:	Ablaufarten MC-aller AK (Kabelzug, 08.07.2016)	75
Abbildung 5-17:	Ablaufarten MC-AK1-R (Kabelzug, 11.07.2016)	76
Abbildung 5-18:	Ablaufarten MC-AK3-W (Kabelzug, 11.07.2016)	76
Abbildung 5-19:	Ablaufarten MC-aller AK (Kabelzug, 11.07.2016)	78
Abbildung 5-20:	Ablaufarten MC-AK1-R (Kabelzug, 12.07.2016)	79
Abbildung 5-21:	Ablaufarten MC-AK3-W (Kabelzug, 12.07.2016)	79
Abbildung 5-22:	Ablaufarten MC-AK4-B (Kabelzug, 12.07.2016)	80
Abbildung 5-23:	Ablaufarten MC-aller AK (Kabelzug, 12.07.2016)	81
Abbildung 5-24:	MC - Kaberolle IT-Übertragungskabel	82
Abbildung 5-25:	MC - Kabelstrang IT-Übertragungskabel	82
Abbildung 5-26:	MC - Zeiten für Aufwandswert Kabelzug IT-Übertragungskabel...	85
Abbildung 5-27:	MC - Grundzeit/Verteilzeit/Erholungszeit – Kabelzug IT-Übertragungskabel	86
Abbildung 5-28:	MC - Zusammensetzung der Zeit für Kabelzug IT-Übertragungskabel	88
Abbildung 5-29:	Ablaufarten MC-AK1-R (Kabelzug IT-Übertragungskabel, 27.07.2016)	90
Abbildung 5-30:	Ablaufarten MC-AK2-D (Kabelzug IT-Übertragungskabel, 27.07.2016)	91
Abbildung 5-31:	Ablaufarten MC-aller AK (Kabelzug IT-Übertragungskabel, 27.07.2016)	92
Abbildung 5-32:	Ablaufarten MC-AK1-R (Kabelzug IT-Übertragungskabel, 02.08.2016)	93
Abbildung 5-33:	Ablaufarten MC-AK2-D (Kabelzug IT-Übertragungskabel, 02.08.2016)	93
Abbildung 5-34:	Ablaufarten MC-aller AK (Kabelzug IT-Übertragungskabel, 02.08.2016)	94
Abbildung 6-1:	MG – Kabelrolle Brandmeldeleitung	95
Abbildung 6-2:	MG - Brandmeldeleitung in abgehängter Decke	95
Abbildung 6-3:	MG - Zeiten für Aufwandswert Kabelzug Brandmeldeleitung	98
Abbildung 6-4:	MG - Grundzeit/Verteilzeit/Erholungszeit – Kabelzug Brandmeldeleitung	99
Abbildung 6-5:	MG - Zusammensetzung der Zeit für den Kabelzug Brandmeldeleitung	101
Abbildung 6-6:	Ablaufarten MG-AK1-M (Kabelzug Brandmeldeleitung, 19.07.2016)	103
Abbildung 6-7:	Ablaufarten MG-AK2-G (Kabelzug Brandmeldeleitung, 19.07.2016)	104
Abbildung 6-8:	Ablaufarten aller AK (Kabelzug Brandmeldeleitung, 19.07.2016)	105
Abbildung 6-9:	Ablaufarten MG-AK1-M (Kabelzug Brandmeldeleitung, 20.07.2016)	106

Abbildung 6-10: Ablaufarten MG-AK2-G (Kabelzug Brandmeldeleitung, 20.07.2016)	106
Abbildung 6-11: Ablaufarten aller AK (Kabelzug Brandmeldeleitung, 20.07.2016)	107
Abbildung 6-12: MG -Montierter Brüstungskanal	109
Abbildung 6-13: MG - Brüstungskanal Montagelöcher bohren	109
Abbildung 6-14: MG - Zeiten für Aufwandswert Brüstungskanalmontage	111
Abbildung 6-15: MG - Grundzeit/Verteilzeit/Erholungszeit – Brüstungskanalmontage	112
Abbildung 6-16: MG - Zusammensetzung der Zeit für die Brüstungskanalmontage	114
Abbildung 6-17: Ablaufarten MG-AK2-G (Brüstungskanalmontage, 28.07.2016)	116
Abbildung 6-18: Ablaufarten MG-AK3-B (Brüstungskanalmontage, 28.07.2016)	117
Abbildung 6-19: Ablaufarten MG-aller AK (Brüstungskanalmontage, 28.07.2016)	118
Abbildung 6-20: Ablaufarten MG-AK2-G (Brüstungskanalmontage, 04.08.2016)	119
Abbildung 6-21: Ablaufarten MG-AK3-B (Brüstungskanalmontage, 04.08.2016)	119
Abbildung 6-22: Ablaufarten MG-aller AK (Brüstungskanalmontage, 04.08.2016)	120
Abbildung 6-23: MG - Montierter Brüstungskanal mit Deckelschiene (rechter Bildrand)	121
Abbildung 6-24: MG - Leerdosen	121
Abbildung 6-25: MG - Zeiten für Aufwandswert Brüstungskanalkomplementierung	123
Abbildung 6-26: MG - Grundzeit/Verteilzeit/Erholungszeit – Brüstungskanalkomplementierung	124
Abbildung 6-27: MG - Zusammensetzung der Zeit für die Brüstungskanalkomplementierung	126
Abbildung 6-28: Ablaufarten MG-AK2-G (Brüstungskanalkomplementierung, 05.08.2016)	128
Abbildung 6-29: Ablaufarten MG-AK3-B (Brüstungskanalkomplementierung, 05.08.2016)	129
Abbildung 6-30: Ablaufarten MG-aller AK (Brüstungskanalkomplementierung, 05.08.2016)	130
Abbildung 6-31: Ablaufarten MG-AK4-K (Brüstungskanalkomplementierung, 10.08.2016)	131
Abbildung 6-32: Ablaufarten MG-AK5-D (Brüstungskanalkomplementierung, 10.08.2016)	131
Abbildung 6-33: Ablaufarten MG-aller AK (Brüstungskanalkomplementierung, 10.08.2016)	133
Abbildung 6-34: MG - Druckknopfmelder	134
Abbildung 6-35: MG – Montage Druckknopfmelder	134
Abbildung 6-36: MG - Montierter Rauchmelder	134
Abbildung 6-37: MG – Akustischer Signalgeber	134
Abbildung 6-38: MG - Zeiten für die Aufwandswerte der Brandmeldeeinrichtung	139
Abbildung 6-39: MG – Grundzeit aufgeteilt/Verteilzeit/Erholungszeit – Brandmeldeeinrichtung	140
Abbildung 6-40: MG - Grundzeit/Verteilzeit/Erholungszeit – Brandmeldeeinrichtung	140
Abbildung 6-41: MG - Zusammensetzung der Zeit für die Brandmeldeeinrichtung	142
Abbildung 6-42: Ablaufarten MG-AK4-K (Brandmeldeeinrichtung, 18.08.2016)	150
Abbildung 6-43: Ablaufarten MG-AK5-D (Brandmeldeeinrichtung, 18.08.2016)	150
Abbildung 6-44: Ablaufarten MG-aller AK (Brandmeldeeinrichtung, 18.08.2016)	151
Abbildung 6-45: Ablaufarten MG-AK4-K (Brandmeldeeinrichtung, 22.08.2016)	152

Abbildung 6-46:	Ablaufarten MG-AK5-D (Brandmeldeeinrichtung, 22.08.2016) ...	152
Abbildung 6-47:	Ablaufarten MG-aller AK (Brandmeldeeinrichtung, 22.08.2016) .	153
Abbildung 6-48:	Ablaufarten MG-AK4-K (Brandmeldeeinrichtung, 23.08.2016) ...	154
Abbildung 6-49:	Ablaufarten MG-AK5-D (Brandmeldeeinrichtung, 23.08.2016) ...	154
Abbildung 6-50:	Ablaufarten MG-aller AK (Brandmeldeeinrichtung, 23.08.2016) .	155
Abbildung 6-51:	MG - Notleuchte	156
Abbildung 6-52:	MG – Notleuchte mit Piktogramm	156
Abbildung 6-53:	MG - Beschriftung der Notleuchten	156
Abbildung 6-54:	MG - Zeiten für die Aufwandswerte der Notbeleuchtung	159
Abbildung 6-55:	MG – Grundzeit aufgeteilt/Verteilzeit/Erholungszeit – Notbeleuchtung	160
Abbildung 6-56:	MG - Grundzeit/Verteilzeit/Erholungszeit – Notbeleuchtung.....	160
Abbildung 6-57:	MG - Zusammensetzung der Zeit für die Notbeleuchtung	162
Abbildung 6-58:	Ablaufarten MG-AK1-M (Notbeleuchtung, 11.08.2016)	169
Abbildung 6-59:	Ablaufarten MG-AK6-P (Notbeleuchtung, 11.08.2016)	170
Abbildung 6-60:	Ablaufarten MG-aller AK (Notbeleuchtung, 11.08.2016)	171
Abbildung 6-61:	Ablaufarten MG-AK3-B (Notbeleuchtung, 12.08.2016)	172
Abbildung 6-62:	Ablaufarten MG-AK6-P (Notbeleuchtung, 12.08.2016)	172
Abbildung 6-63:	Ablaufarten MG-aller AK (Notbeleuchtung, 12.08.2016)	173
Abbildung 7-1:	MC - Vergleich AW Kabelzug bis 5x6 mm ²	175
Abbildung 7-2:	MC - Vergleich AW Kabelzug IT-Übertragungskabel	175
Abbildung 7-3:	MG - Vergleich AW Kabelzug Brandschutzmeldeanlagen.....	176
Abbildung 7-4:	MG - Vergleich AW Herstellung des Brüstungskanals	176
Abbildung 7-5:	MG - Vergleich AW Druckknopfmelder	177
Abbildung 7-6:	MG - Vergleich AW Rauchmelder	177
Abbildung 7-7:	MG - Vergleich AW akustische Signalgeber	178
Abbildung 7-8:	MG - Vergleich AW Notbeleuchtung	178

Tabellenverzeichnis

Tabelle 3-1:	Betrachtungsweisen der Arbeit (In Anlehnung an REFA).....	16
Tabelle 3-2:	Faktoren zur Berechnung der erzielten Genauigkeit nach dem Variationszahlverfahren (S=95%)	36
Tabelle 4-1:	MG - Bauabschnitte bis 2018	51
Tabelle 5-1:	MC - Beobachtungszeitraum Kabelzug bis 5x6 mm ²	60
Tabelle 5-2:	MC - Ablaufarten in Prozent (Kabelzug)	68
Tabelle 5-3:	MC - Verbaute Kabel am 04.07.2016	70
Tabelle 5-4:	MC - Verbaute Kabel am 05.07.2016	72
Tabelle 5-5:	MC - Verbaute Kabel am 08.07.2016	75
Tabelle 5-6:	MC - Verbaute Kabel am 11.07.2016	77
Tabelle 5-7:	MC - Verbaute Kabel am 12.07.2016	80
Tabelle 5-8:	MC - Beobachtungszeitraum Kabelzug IT-Übertragungskabel.....	84
Tabelle 5-9:	MC - Ablaufarten in Prozent (Kabelzug IT-Übertragungskabel)....	90
Tabelle 5-10:	MC - Verbaute IT-Übertragungskabel am 27.07.2016	91
Tabelle 5-11:	MC - Verbaute IT-Übertragungskabel am 02.08.2016	94
Tabelle 6-1:	MG - Beobachtungszeitraum Kabelzug Brandmeldeleitung	97
Tabelle 6-2:	MG - Ablaufarten in Prozent (Kabelzug Brandmeldeleitung)	103
Tabelle 6-3:	MG - Verbaute Brandmeldeleitung für die Brandmeldeanlagen am 19.07.2016	104
Tabelle 6-4:	MG - Verbaute Brandmeldeleitung für die Brandmeldeanlagen am 20.07.2016	107
Tabelle 6-5:	MG - Beobachtungszeitraum Brüstungskanalmontage	111
Tabelle 6-6:	MG - Ablaufarten in Prozent (Brüstungskanalmontage)	116
Tabelle 6-7:	MG - Brüstungskanalmontage am 28.07.2016	117
Tabelle 6-8:	MG - Brüstungskanalmontage am 04.08.2016	120
Tabelle 6-9:	MG - Beobachtungszeitraum Brüstungskanalkomplementierung	123
Tabelle 6-10:	MG - Ablaufarten in Prozent (Brüstungskanalkomplementierung)	128
Tabelle 6-11:	MG - Brüstungskanalkomplementierung am 05.08.2016.....	129
Tabelle 6-12:	MG - Brüstungskanalkomplementierung am 10.08.2016.....	132
Tabelle 6-13:	MG - Beobachtungszeitraum Vorbereitung und Montage der Brandmeldeeinrichtung	138
Tabelle 6-14:	MG - Ablaufarten in Prozent (Brandmeldeeinrichtung).....	149
Tabelle 6-15:	MG - Brandmeldeeinrichtung am 18.08.2016	151
Tabelle 6-16:	MG – Brandmeldeeinrichtung am 22.08.2016	153
Tabelle 6-17:	MG – Brandmeldeeinrichtung am 23.08.2016	155
Tabelle 6-18:	MG - Beobachtungszeitraum Zusammenbau und Montage der Notbeleuchtung	158
Tabelle 6-19:	MG - Ablaufarten in Prozent (Notbeleuchtung)	169
Tabelle 6-20:	MG - Notbeleuchtung am 11.08.2016	170
Tabelle 6-21:	MG - Notbeleuchtung am 12.08.2016	173

Abkürzungsverzeichnis

ÖNORM	Österreichische Norm
EN	Europäische Norm
t_g	Grundzeit
t_{er}	Erholungszeit
t_v	Verteilzeit
t_e	Zeit je Einheit
t_r	Rüstzeit
t_{rg}	Grundzeit für das Rüsten
t_{rer}	Erholungszeit für das Rüsten
t_{rv}	Verteilzeit für das Rüsten
MC	Medizinischer Campus Graz
MG	HBAK/BORG Monsbergergasse 16
HKLS	Heizung, Klima, Lüftung, Sanitär
SAT	Satellit
Std	Lohnstunde
h	Zeitstunde
EH	Einheit (m ² , kg, etc.)
ZEH	Zeiteinheit (min, h, etc.)
AW	Aufwandswert
PV	Produktivität
L	Leistung
d.V	der Verfasser
MM	Multimoment
HBK	Hauptbaukörper
BGF	Bruttogrundfläche
MUG	Medizinische Universität Graz
NW	Nordwest
SO	Südost
ZWT	Zentrum für Wissens und Technologietransfer
LKH	Landeskrankenhaus
WRG	Wärmerückgewinnung
KAGES	Krankenanstaltengesellschaft
EMV	Elektromagnetische Verträglichkeit
HAK	Handelsakademie
BHAK	Bundeshandelsakademie
BHS	Berufsbildende höhere Schule
ORG	Oberstufenrealgymnasium
BORG	Bundesoberstufenrealgymnasium
MSR	Mess-, Steuerungs- und Regelungstechnik
LB HT	Leistungsbeschreibung Haustechnik
LG	Leistungsgruppe
ULG	Unterleistungsgruppe
z_{er}	Prozentsatz der Erholungszeit
z_v	Prozentsatz der Verteilzeit
WAB	Wandanbau
DAB	Deckenanbau
DEB	Deckeneinbau

Kabelzug gemischt:

AWK _{,≤3x2,5mm²}	Aufandswert Kabelzug bis 3x2,5mm ²
AWK _{,>3x2,5mm²}	Aufandswert Kabelzug größer 3x2,5mm ² bis 5x6mm ²
AW _{tg,K,G}	Aufandswert der Grundzeit für den Kabelzug gemischt
AW _{ter,K,G}	Aufandswert der Erholzeit für den Kabelzug gemischt
AW _{tv,K,G}	Aufandswert der Verteilzeit für den Kabelzug gemischt
AW _{K,G}	Aufandswert Kabelzug gemischt
Z _{er,K}	Prozentsatz der Erholungszeit für den Kabelzug gemischt
Z _{v,K}	Prozentsatz der Verteilzeit für den Kabelzug gemischt

IT Datenkabel:

AW _{tg,K,IT}	Aufandswert der Grundzeit für die IT Datenkabel
AW _{ter,K,IT}	Aufandswert der Erholzeit für die IT Datenkabel
AW _{tv,K,IT}	Aufandswert der Verteilzeit für die IT Datenkabel
AW _{K,IT}	Aufandswert Kabelzug IT Datenkabel
Z _{er,IT}	Prozentsatz der Erholungszeit für die IT Datenkabel
Z _{v,IT}	Prozentsatz der Verteilzeit für die IT Datenkabel

Brandmeldeleitung:

AW _{tg,K,BS}	Aufandswert der Grundzeit für die Brandmeldeleitung
AW _{ter,K,BS}	Aufandswert der Erholzeit für die Brandmeldeleitung
AW _{tv,K,BS}	Aufandswert der Verteilzeit für die Brandmeldeleitung
AW _{K,BS}	Aufandswert Kabelzug Brandmeldeleitung
Z _{er,BS}	Prozentsatz der Erholungszeit für die Brandmeldeleitung
Z _{v,BS}	Prozentsatz der Verteilzeit für die Brandmeldeleitung

Brüstungskanalmontage:

AW _{tg,BK,M}	Aufandswert der Grundzeit für Brüstungskanalmontage
AW _{ter,BK,M}	Aufandswert der Erholzeit für Brüstungskanalmontage
AW _{tv,BK,M}	Aufandswert der Verteilzeit für Brüstungskanalmontage
AW _{BK,M}	Aufandswert Brüstungskanalmontage
Z _{er,BK,M}	Prozentsatz der Erholungszeit für Brüstungskanalmontage
Z _{v,BK,M}	Prozentsatz der Verteilzeit für Brüstungskanalmontage

Brüstungskanalkomplementierung:

AW _{tg,BK,K}	Aufandswert der Grundzeit für Brüstungskanalkomplementierung
AW _{ter,BK,K}	Aufandswert der Erholzeit für Brüstungskanalkomplementierung
AW _{tv,BK,K}	Aufandswert der Verteilzeit für Brüstungskanalkomplementierung
AW _{BK,K}	Aufandswert Brüstungskanalkomplementierung
Z _{er,BK,K}	Prozentsatz d. Erholungszeit für Brüstungskanalkomplementierung
Z _{v,BK,K}	Prozentsatz der Verteilzeit für Brüstungskanalkomplementierung

Brandmeldeeinrichtung:

AW_{tg, BM, D}	Aufandswert der Grundzeit für Druckknopfmelder
AW_{tg, BM, R}	Aufandswert der Grundzeit für Rauchmelder
AW_{tg, BM, S}	Aufandswert der Grundzeit für akustische Signalgeber
AW_{ter, BM, D}	Aufandswert der Erholzeit für Druckknopfmelder
AW_{ter, BM, R}	Aufandswert der Erholzeit für Rauchmelder
AW_{ter, BM, S}	Aufandswert der Erholzeit für akustische Signalgeber
AW_{tv, BM, D}	Aufandswert der Verteilzeit für Druckknopfmelder
AW_{tv, BM, R}	Aufandswert der Verteilzeit für Rauchmelder
AW_{tv, BM, S}	Aufandswert der Verteilzeit für akustische Signalgeber
AW_{BM, D}	Aufandswert Kabelzug Druckknopfmelder
AW_{BM, R}	Aufandswert Kabelzug Rauchmelder
AW_{BM, S}	Aufandswert Kabelzug akustische Signalgeber
Z_{er, BM}	Prozentsatz der Erholungszeit für Brandmeldeeinrichtung
Z_{v, BM}	Prozentsatz der Verteilzeit für Brandmeldeeinrichtung

Zusammenbau Notbeleuchtung:

AW_{tg, NB, V}	Aufandswert der Grundzeit für Vorbereitung der Notbeleuchtung
AW_{ter, NB, V}	Aufandswert der Erholzeit für Vorbereitung der Notbeleuchtung
AW_{tv, NB, V}	Aufandswert der Verteilzeit für Vorbereitung der Notbeleuchtung
AW_{NB, V}	Aufandswert Vorbereitung der Notbeleuchtung

Montage Notbeleuchtung:

AW_{tg, NB, M}	Aufandswert der Grundzeit für Montage der Notbeleuchtung
AW_{ter, NB, M}	Aufandswert der Erholzeit für Montage der Notbeleuchtung
AW_{tv, NB, M}	Aufandswert der Verteilzeit für Montage der Notbeleuchtung
AW_{NB, M}	Aufandswert Montage der Notbeleuchtung
Z_{er, NB}	Prozentsatz der Erholungszeit für Notbeleuchtung
Z_{v, NB}	Prozentsatz der Verteilzeit für Notbeleuchtung
AW_{NB}	Aufandswert Zusammenbau + Montage der Notbeleuchtung

1 Einleitung und Fragestellung

In der Bauwirtschaft erfolgt die Kalkulation von Projekten oft nicht nach realistischen Aufwänden, sondern so, dass Unternehmen durch günstiges Anbieten von Bauleistungen im Konkurrenzkampf um Aufträge bestehen können.

Aufträge werden oft nur angenommen, um anschließend Referenzprojekte aufweisen zu können, welche zu Folgeaufträgen führen sollen. Bei öffentlichen Aufträgen müssen zum Beispiel oft Kriterien, wie ein gewisses Bauvolumen oder bestimmte Qualifikationen des Bauleiters über Referenzprojekte nachgewiesen werden.¹

Was den Preisdruck, durch Übersteigen des Angebots verglichen zur Nachfrage, speziell in der Steiermark zusätzlich erhöht, ist die Nähe zu Nachbarstaaten wie Slowenien und Kroatien mit niedrigen Arbeitslöhnen.²

1.1 Zielsetzung

Die Hereschwerke Regeltechnik GmbH, als Auftraggeber dieser Masterarbeit, will ihren Kunden den tatsächlichen Aufwand einer Leistung wissenschaftlich aufzeigen. Es sollen die Arbeitsabläufe analysiert, die Arbeitskräfte beobachtet und befragt sowie Aufwandswerte ermittelt werden. Diese werden den internen Werten der Firma Hereschwerke Regeltechnik GmbH graphisch gegenübergestellt. Anschließend werden Verbesserungspotentiale aufgezeigt.

1.2 Motivation

Im Bauingenieursstudium wird die Thematik der Gebäudetechnik nur theoretisch behandelt. Die einzelnen Abläufe direkt auf der Baustelle kennenzulernen und diese zu verstehen sowie zu analysieren, war ein Grund diese Arbeit anzufertigen. Zudem war es für die Verfasser dieser Arbeit als angehende Wirtschaftsingenieure interessant, einen Einblick in die Kalkulation eines Unternehmens der Elektrotechnik zu bekommen.

Der entscheidende Punkt für die Verfasser war, dass theoretische Inhalte des Studiums, wie Einflussfaktoren auf Aufwandswerte und deren Ermittlung, praktisch auf den verschiedenen Baustellen beobachtet und ermittelt werden konnten.

¹ Vgl. BUNDESVERGABEGESETZ: BVerG 2017, S. 55ff. §§80ff.

² Vgl. HOFSTADLER, C. et al.: Projektcurzfassung - Einfluss von Lohn- und Sozialdumping auf den Wettbewerb in der Bauwirtschaft. <https://www.wko.at/branchen/stmk/gewerbe-handwerk/bau/Kurzfassung-der-Studie.pdf>. Datum des Zugriffs: 03.10.2017

1.3 Vorgehensweise

Diese Masterarbeit gliedert sich in folgende Kapitel:

HERESCHWERKE Regeltechnik GmbH

In Kapitel 2 wird das Unternehmen, Hereschwerke Regeltechnik GmbH, vorgestellt und auf sein Leistungsspektrum eingegangen.

Grundlagen zur REFA – Systematik

Dieser Abschnitt behandelt rein die theoretischen Grundlagen der REFA-Systematik. Er stellt eine Zusammenfassung der in dieser Arbeit verwendeten Literatur dar und dient als sukzessive Anleitung, um Arbeitszeitanalysen auf Baustellen durchzuführen. Die praktische Anwendung wird in Punkt „Datenerhebung auf den Baustellen“ behandelt.

Datenerhebung auf den Baustellen

Zuerst wird erläutert, warum die Multimomentaufnahme als Datenerhebungsmethode gewählt wurde. Im Weiteren werden die Baustellen, auf welchen die Beobachtungen stattfanden sowie die dort analysierten Tätigkeiten beschrieben.

Datenauswertung MED CAMPUS / Datenauswertung BHAK/BORG Monsbergergasse

In diesen beiden Kapiteln wird auf die untersuchten Tätigkeiten genauer eingegangen. Es werden gemessene Zeiten ausgewertet, Aufwandswerte ermittelt und die einzelnen Tage der Aufnahmen beleuchtet.

Vergleich von Aufwandswerten

Es werden Aufwandswerte aus der Kalkulation mit den ermittelten Aufwandswerten verglichen. Abweichungen werden errechnet und farblich illustriert.

Fazit und Verbesserungspotentiale

Im letzten Abschnitt werden die in der Zielsetzung erwähnten Verbesserungspotentiale aufgezeigt, gegliedert in Potentiale der Mitarbeiterstruktur und Zusammensetzung sowie der Organisation auf der Baustelle.

2 HERESCHWERKE Regeltechnik GmbH

2.1 Unternehmen



Abbildung 2-1: Logo Hereschwerke Regeltechnik GmbH³

Das Unternehmen mit den Standorten in der Steiermark (Wildon) und Wien (Stadt), seinen 150 Mitarbeitern und einem Jahresumsatz von 25 Millionen Euro ist seit über 125 Jahren eines der führenden Unternehmen in Österreich auf dem Gebiet der Elektrotechnik.⁴

Es werden Leistungen für Privat- sowie Gewerbekunden in allen Bereichen der Elektrotechnik angeboten. Angefangen bei Beratung, über Planung bishin zur Realisierung der Installationen. Dabei werden besonders Punkte wie Nachhaltigkeit und Energieeffizienz miteinbezogen.⁵

2.2 Leistungsspektrum

2.2.1 Gebäudetechnik

Elektroinstallationen:

Das Unternehmen führt diese Leistung für private und gewerbliche Auftraggeber durch. Dazu gehören deren Planung und anschließende Ausführung, wozu Leitungsverlegung und Montage der Steck- und Schaltgeräte zählen.⁶

Folgende Leistungen bietet das Unternehmen an:

- „Erdungsanlagen - Innerer Blitzschutz
- Objektversorgungsleitungen
- Baustromanschlüsse

³ <http://www.hereschwerke.com/>. Datum des Zugriffs: 12.07.2017

⁴ Vgl. <http://www.hereschwerke.com/>. Datum des Zugriffs: 12.07.2017

⁵ Vgl. <http://www.hereschwerke.com/>. Datum des Zugriffs: 12.07.2017

⁶ Vgl. <http://www.hereschwerke.com/>. Datum des Zugriffs: 12.07.2017

- Installation für Licht, Kraft- und Schwachstromanlage
- Strukturierte Verkabelung
- Netzersatzstromanlagen
- Verteileranlagen, Steuer- und Regelschränke⁸



Abbildung 2-2: Elektroinstallationen⁷

Beleuchtungskonzepte:

Unter Beleuchtungskonzepten versteht man individuelle Lichttechnik für das jeweilige Anforderungsprofil. Wichtig ist dabei die Effizienz der Ressource Energie.

Leistungen des Unternehmens:

- „Energieeffizienz
- Innen- und Außenbeleuchtungen
- Not- und Sicherheitsbeleuchtung
- Objektbeleuchtung, Fassadenbeleuchtung
- Straßenbeleuchtung
- Flutlichtanlagen von Sportanlagen u. ä.
- Contracting / Finanzierungs- und Betreibermodelle für Straßenbeleuchtungen, Sportanlagen, Wohnbausiedlungen, Einkaufszentren etc.“¹⁰



Abbildung 2-3: Beleuchtungskonzepte⁹

⁷ <https://diybook.at/sites/default/files/00-elektroinstallation-im-haus-thumb.jpg>. Datum des Zugriffs: 27.07.2017

⁸ <http://www.hereschwerke.com/>. Datum des Zugriffs: 12.07.2017

⁹ https://www.google.at/search?q=beleuchtungskonzepte&source=lnms&tbn=isch&sa=X&ved=0ahUKEwj4i-WniKnVAhXlhrQKHwV4AOMQ_AUICigB&biw=1314&bih=743#imgrc=__vEabE8P0K07M:. Datum des Zugriffs: 27.07.2017

¹⁰ <http://www.hereschwerke.com/>. Datum des Zugriffs: 12.07.2017

KNX/EIB – Systeme:

KNX/EIB ist ein einheitliches europäisches Installationsbus – System, mit welchem Haushaltsgeräte (Ofen, Waschmaschine, Spülmaschine etc.) und die Gebäudetechnik (Jalousie, Heizung, Klima etc.) individuell angesteuert werden können.¹¹

Konkrete Anwendungsbeispiele:

- „Anwesenheitssimulation und Urlaubsschaltung (Jalousien, Licht, Musik etc.)
- Gesamtes Licht im Haus ein/aus
- Alle Geräte in der Küche bereit/aus
- Alle oder bestimmte Jalousien auf/ab
- Individuelle Lichtstimmungen um zu fernsehen, zu entspannen, zu arbeiten, zu kochen usw.
- Reduziertes Licht nachts auf Ihrem Weg zum Bad/WC
- Alarmanlage ein/aus
- Alarmmeldungen per SMS auf Ihr Handy
- Programmierung von Heizung/Lüftung individuell nach Ihren Vorgaben
- Visualisierung des momentanen Zustandes Ihres Hauses auf Ihrem Handy“¹³



Abbildung 2-4: KNX/EIB - Systeme¹²

¹¹ Vgl. <http://www.hereschwerke.com/>. Datum des Zugriffs: 12.07.2017

¹² <http://www.eas-elektro.de/images/buehe/leistungen/gira1.jpg>. Datum des Zugriffs: 27.07.2017

¹³ <http://www.hereschwerke.com/>. Datum des Zugriffs: 12.07.2017

Sprechanlagen:

Sprechanlagen werden für die interne Kommunikation in sicherheitsrelevanten Bereichen genutzt. Hierzu zählen Tür- und Toranlagen.¹⁴

Mögliche Einsatzgebiete:

- „Türkommunikation
- Hausinterne Kommunikation
- Türüberwachung und Aufzeichnung per Video
- Schaltung der Beleuchtung über die hausinterne Video- oder Sprechanlage
- Briefkastenintegration“¹⁶



Abbildung 2-5: Sprechanlagen¹⁵

Telefonanlagen:

Telefonanlagen der neuen Generation sind flexibel konfigurierbar und passen sich an verschiedene Anforderungen an. Dazu gehören entsprechende Audioqualität und Zuverlässigkeit.¹⁷

Angeboten werden:

- „ISDN Telekommunikationssysteme
- ISDN Telefonanlagen
- Analoge Telefonanlagen
- VoIP Telefonie über Internet
- Einbindung der Telefonanlage in den Computer CTI
- Telefone
- Headsets
- GSM Gateway“¹⁹



Abbildung 2-6: Telefonanlagen¹⁸

¹⁴ Vgl. <http://www.hereschwerke.com/>. Datum des Zugriffs: 12.07.2017

¹⁵ <http://web102.atmexx.de/wp-content/uploads/sprechanlagen-300x283.jpg>. Datum des Zugriffs: 27.07.2017

¹⁶ <http://www.hereschwerke.com/>. Datum des Zugriffs: 12.07.2017

¹⁷ Vgl. <http://www.hereschwerke.com/>. Datum des Zugriffs: 12.07.2017

¹⁸ <http://www.wilms-kom.de/produkte/pict/6739.jpg>. Datum des Zugriffs: 27.07.2017

¹⁹ <http://www.hereschwerke.com/>. Datum des Zugriffs: 12.07.2017

Multimediasysteme:

Zentrale Verwaltung und Datensicherheit gehören zu einem modernen Multimediasystem. Eine Lösung für die Vernetzung und Steuerung ist deshalb immens wichtig.²⁰

Mögliche Anwendung:

- „Zentrale Ablage für TV-Aufzeichnungen, Fotos, Musik, Videos, Filme und Ihre digitalen Dokumente
- Kein Suchen nach CDs – einmal abgelegt sind die Medien in jedem Raum verfügbar
- Fotos und eigene Videos in allen Räumen bequem ansehen
- Ihr iPhone, Android oder Windows Smart Phone zur Steuerung Ihres Multimediasystems
- Kein zusätzlicher SAT-Anschluss in weiteren Räumen notwendig
- Sicherheit für Ihre Aufzeichnungen und Daten
- Erweiterbar, einfach zu bedienen, zukunftssicher, offen und wohnzimmertauglich²²



Abbildung 2-7: Multimediasysteme²¹

2.2.2 Sicherheitstechnik

Alarmanlagen:

Die Alarmanlage dient der Sicherheit von materiellen und immateriellen Gütern. Neben dem reinen Diebstahlschutz ist auch die Warnmeldung wichtig. Beispielsweise bei Brand-, Wasser- oder Gasgefahr. Differenziert werden kann zwischen Funkmeldeanlagen ohne Verkabelung, Hybridmeldeanlagen und den konventionell verkabelten Anlagen.²³

²⁰ Vgl. <http://www.hereschwerke.com/>. Datum des Zugriffs: 12.07.2017

²¹ https://www.smartraum.de/wp-content/uploads/2017/04/Spectral_NEXT_1-1024x724.jpg. Datum des Zugriffs: 27.07.2017

²² <http://www.hereschwerke.com/>. Datum des Zugriffs: 12.07.2017

²³ Vgl. <http://www.hereschwerke.com/>. Datum des Zugriffs: 12.07.2017

Im Leistungsbereich enthalten sind:

- „Einbruchmeldeanlagen
- Funkalarmanlagen
- Hybrid-Alarmanlagen
- Überfallmeldeanlagen
- Störmeldeanlagen“²⁵



Abbildung 2-8: Alarmanlagen²⁴

Brandmeldeanlagen:

„Die Brandmeldeanlage erkennt Brände und Rauchgase schon in einem sehr frühen Stadium und löst rechtzeitig einen Alarm aus.“²⁶ Besonders in öffentlichen Gebäuden ist sie unverzichtbar. Zudem gehört zu jedem größeren Gebäude ein Brandverhütungskonzept.²⁷

„Eine Brandmeldeanlage beinhaltet:

- Optische Rauchmelder
- Wärmemelder
- Optisch/Chemische Melder
- Druckknopfmelder
- Rauchansaugsysteme
- Signalgeber
- Übertragungsgeräte
- Feuerwehrbedienfelder
- Rauchwarnanlage (RWA)
- Rauchabzugsanlage
- Anbindung an Leitstände nach ÖNORM F 3003“²⁹



Abbildung 2-9: Brandmeldeanlagen²⁸

²⁴ <http://www.alarmanlagen-sachsen.de/images/Hausalarm.jpg>. Datum des Zugriffs: 27.07.2017

²⁵ <http://www.hereschwerke.com/>. Datum des Zugriffs: 12.07.2017

²⁶ <http://www.hereschwerke.com/>. Datum des Zugriffs: 12.07.2017

²⁷ <http://www.hereschwerke.com/>. Datum des Zugriffs: 12.07.2017

²⁸ <http://www.pfeifer-sicherheit.de/images/brandcollage.jpg>. Datum des Zugriffs: 27.07.2017

²⁹ <http://www.hereschwerke.com/>. Datum des Zugriffs: 12.07.2017

Videüberwachung:

Die Überwachung ermöglicht die spätere Einsichtnahme in Vorgänge rund um das jeweilige Eigentum, dient somit der Aufklärung bei Ungewissheit. Die Verknüpfung mit Zugangskontrolle ist eine optimale Ergänzung.³⁰

Dazu tragen folgende Geräte bei:

- „Analoge Kameras
- Netzwerkkameras (FULL-HD, H 264)
- Wärmebildkameras
- Digitale Videoaufzeichnungen
- Hochauflösende IP-Video-Systeme
- Videoaufschaltung auf Wachdienste
- Kennzeichenerfassungssysteme
- Videomanagementsysteme
- Intelligente Videoanalyse z. B. People-Counting, Marketingstudien
- Stand-Alone-Konzepte
- Zugriffe mittels Smart-Phones³²



Abbildung 2-10: Videüberwachung³¹

³⁰ Vgl. <http://www.hereschwerke.com/>. Datum des Zugriffs: 12.07.2017

³¹ <http://www.palaoro.net/index.php/sicherheitstechnik/videoueberwachung>. Datum des Zugriffs: 27.07.2017

³² <http://www.hereschwerke.com/>. Datum des Zugriffs: 12.07.2017

Zutrittskontrolle-, Zeiterfassungssystem:

Der herkömmliche Schlüssel wird zukünftig ersetzt. Der elektronische Schlüssel hilft bei der Abschaffung der konventionellen Schließsysteme, wenn Flucht- und Brandschutzbestimmungen eingehalten werden.³³

Systematische Lösungsansätze wären:

- „Batteriebetriebene Zylinder und Schlösser
- Verkabelte Leser
- Biometrische Leser
- Zeiterfassungsterminals
- Schrank-Schließsysteme
- Weitbereichsfunklösung
- Schlüsselverwaltung
- Bargeldloses Zahlen
- Fluchtwegüberwachungssysteme³⁵



Abbildung 2-11: Zutrittskontrolle-, Zeiterfassungssysteme³⁴

Beschallung / Evakuierung:

Die Beschallung wird wichtig, wenn es darum geht, Informationen an möglichst viele Personen gleichzeitig zu übermitteln. Neben dem informativen Teil gibt es den Aspekt der Unterhaltung.³⁶

Unter die akustischen Aufgabenstellungen fallen:

- „Übertragen von Informationen, Durchsagen, Alarmsignale und Musik
- Elektroakustische Evakuierungssysteme nach EN 16849
- Sprachverständigkeitsmessungen



Abbildung 2-12: Beschallung/Evakuierung³⁷

³³ Vgl. <http://www.hereschwerke.com/>. Datum des Zugriffs: 12.07.2017

³⁴ <http://www.sicherheit-360.de/Zutrittskontrolle/zeiterfassung.jpeg>. Datum des Zugriffs: 27.07.2017

³⁵ <http://www.hereschwerke.com/>. Datum des Zugriffs: 12.07.2017

³⁶ Vgl. <http://www.hereschwerke.com/>. Datum des Zugriffs: 12.07.2017

³⁷ <http://www.uniton.de/images/Trier/Cluster%20Trier-k.JPG>. Datum des Zugriffs: 27.07.2017

- Ermittlung von Schallpegelwerten
- Sprachalarmierungsanlagen nach EN 54³⁸

Visualisierung und Management:

Die Steuerung von mehreren Sicherheitssystemen ist von einem zentralen Punkt aus am sinnvollsten. Vor allem soll das System übergreifende Not-situationen erkennen und lösen bzw. berichten können. Hierzu gilt folgende Reihenfolge - Überwachen, Speichern und Dokumentieren.³⁹

Mögliche Leistungen:

- „Sicherheitsleitstand
- HKLS Leitstand
- Anzeige und Bedienung von Haustechnik, Alarmanlagen, Videoüberwachung, Zutrittskontrolle und Brandmeldeanlagen⁴⁰



Abbildung 2-13: Visualisierung und Management⁴¹

³⁸ <http://www.hereschwerke.com/>. Datum des Zugriffs: 12.07.2017

³⁹ Vgl. <http://www.hereschwerke.com/>. Datum des Zugriffs: 12.07.2017

⁴⁰ <http://www.hereschwerke.com/>. Datum des Zugriffs: 12.07.2017

⁴¹ <http://www.essecca.at/UserFiles/Image/produkte/63e37599fa.jpg>. Datum des Zugriffs: 27.07.2017

2.2.3 Photovoltaik

„Die Photovoltaik basiert auf der Fähigkeit bestimmter Materialien, Licht direkt in Strom umzuwandeln. Wenngleich das grundlegende physikalische Prinzip seit Langem bekannt ist, ist die technische Entwicklung der Solarzellen längst noch nicht abgeschlossen, weitere Verbesserungen sind in Zukunft zu erwarten. Halbleiter verdanken ihre Bezeichnung der Eigenschaft, dass sie sich sowohl wie ein elektrischer Leiter als auch wie ein Nichtleiter verhalten können. In einer Solarzelle wird das nicht leitende Material dadurch zu einem Leiter, dass die Elektronen durch die Absorption eines Photons aus dem nicht leitenden Kristallverbund gelöst werden. Die Bewegungsenergie, die sie dabei aufnehmen, bildet den erzeugten Strom. Die Energie des Photons muss dazu in einem materialabhängigen Intervall liegen, das exakt begrenzt ist. Photonen mit zu viel oder zu wenig Energie tragen zur Stromerzeugung nicht bei. Die Energie eines Photons ist direkt proportional zu seiner Frequenz. Daher bedeutet dies, dass der nutzbare Teil des Lichtspektrums begrenzt ist. Die Suche nach neuen Materialien, die das heute meist verwendete Silizium ersetzen sollen, wird weltweit intensiv betrieben. Im Fokus stehen dabei zwei Eigenschaften, die diese neuen Materialien aufweisen sollten. Erstens soll der nutzbare Teil des Lichtspektrums möglichst groß sein. Zweitens soll die so genannte Rekombinationsrate möglichst gering sein. Diese gibt an, wie schnell die Elektronen spontan wieder aus dem leitenden in den nicht leitenden Zustand zurückfallen. Der heute noch geringe Wirkungsgrad der organischen Photovoltaik hängt damit zusammen, dass diese Rekombinationsrate in organischen Halbleitern vergleichsweise hoch ist.“⁴²

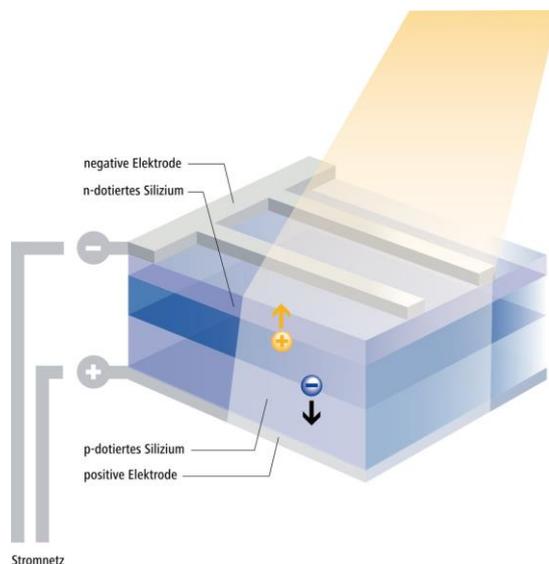


Abbildung 2-14: Funktionsweise Photovoltaik⁴³

⁴² <http://www.solaranlage.eu/photovoltaik/technik-komponenten/funktionsweise-der-photovoltaikanlage>. Datum des Zugriffs: 13.07.2017

⁴³ <http://www.solaranlage.eu/photovoltaik/technik-komponenten/funktionsweise-der-photovoltaikanlage>. Datum des Zugriffs: 13.07.2017

Im Leistungsbereich liegen:

- „Fachkundige Beratung, Planung und Montage von modernsten Photovoltaikanlagen (auf Dach- und Freiflächen, Fassaden)
- Beratung über Förderungen von Bund, Land oder Gemeinde
- Unterstützung und Abwicklung der Förderansuchen
- Wartungen von PV-Anlagen“⁴⁴



Abbildung 2-15: Montage Photovoltaik⁴⁵

⁴⁴ <http://www.hereschwerke.com/>. Datum des Zugriffs: 12.07.2017

⁴⁵ <http://www.zeiner-1a.at/gal/photo-1.jpg>. Datum des Zugriffs: 27.07.2017

2.2.4 Service und Wartung

Regelmäßige Überprüfungen sowie Instandsetzung und Reparatur sind bei allen technischen Anlagen notwendig. Zudem müssen auch bei Anforderungsänderungen die Anlagen angepasst werden.

Die Serviceleistungen in diesem Bereich beruhen auf:

- „Diverse Elektroinstallationen
- Sofortservice (u.a. Störungsbehebung)
- SAT-Anlagenbau, Antennenbau und Überprüfungen
- Blitzschutzanlagen
- Heizungsregelungen
- Verteilerumbauten
- Wartungen von Verteiler-, Fluchtweg u. Notlicht-, Brandrauchentlüftungsanlagen
- Wartungsdienste u.a. für Gemeinden und Objektbetreiber
- Konformitätsprüfungen und Zertifikate
- Mess- und Prüfarbeiten (Anlagendokumentation)
- Anlagenüberprüfungen samt Elektroattest
- Anlagenbücher erstellen bzw. nachführen
- Nachbetreuung der laufenden Anlagen (Reparaturen, Updates...)
- Outsourcing des Betriebselektrikers⁴⁷



Abbildung 2-16: Service und Wartung⁴⁶

⁴⁶ http://www.lang-kaelte.at/wp-content/uploads/2015/11/Service_Wartung_261-688x1030.jpg. Datum des Zugriffs: 27.07.2017

⁴⁷ <http://www.hereschwerke.com/>. Datum des Zugriffs: 12.07.2017

3 Grundlagen zur REFA – Systematik

Zum Verständnis der Systematik des Reichsausschusses für Arbeitszeitermittlung (REFA) ist es notwendig die theoretischen Hintergründe zu erläutern. Folgend werden die Grundlagen auf das wesentliche reduziert dargestellt.

3.1 Einleitung

Seit Anbeginn der Menschheit gibt es das Arbeitsstudium, resultierend aus dem Streben nach Arbeitserleichterung. Die ersten Arbeitsstudien sind auf Hammurabi, einem babylonischen König im 17.-18. Jahrhundert vor Christus, zurückzuführen. Dieser dachte damals schon an Arbeitsplanung und Produktionskontrollen. Dazu führte er Lohnlisten, Angaben zur Arbeitszeit und den Mindestlohn ein.⁴⁸

Die modernen Anfänge des Arbeitsstudiums wurden im Jahr 1924 in Berlin durch die Einführung des Reichsausschusses für Arbeitszeitermittlung begründet. Ausschlaggebend war die Idee, vorhandenes Wissen in einer Institution zusammenzuführen und diese Kenntnisse der Öffentlichkeit zugänglich zu machen.⁴⁹

„Die Gestaltung orientiert sich [...] an der Zielsetzung (zum Beispiel Kostensenkung) und Aufgabenabgrenzung (zum Beispiel Montage eines gegebenen Produktes). Die [...] des Arbeitsstudiums näher behandelte Vorgehensweise zur Gestaltung von Arbeitssystemen (Systemgestaltung) umfasst folgende Stufen:⁵⁰

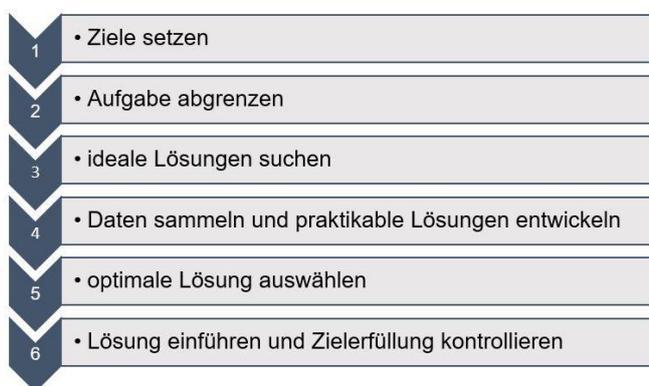


Abbildung 3-1: Stufen zur Systemgestaltung (In Anlehnung an REFA⁵¹)

⁴⁸ Vgl. VERBAND FÜR ARBEITSSTUDIEN - REFA: Methodenlehre des Arbeitsstudiums Teil 1 Grundlagen. S. 21

⁴⁹ Vgl. VERBAND FÜR ARBEITSSTUDIEN - REFA: Methodenlehre des Arbeitsstudiums Teil 1 Grundlagen. S. 29

⁵⁰ VERBAND FÜR ARBEITSSTUDIEN - REFA: Methodenlehre des Arbeitsstudiums Teil 1 Grundlagen. S. 14

⁵¹ VERBAND FÜR ARBEITSSTUDIEN - REFA: Methodenlehre des Arbeitsstudiums Teil 1 Grundlagen. S. 15

3.1.1 Definition Arbeit

Arbeit definiert sich, je nach Ausgangspunkt der Betrachtung, anders. In untenstehender Tabelle 3-1 sind die verschiedenen Betrachtungsweisen der Arbeit nach REFA aufgelistet. Dieser Tabelle kann ebenso deren Definition entnommen werden.

Tabelle 3-1: Betrachtungsweisen der Arbeit (In Anlehnung an REFA⁵²)

Betrachtungsweise	Definition
Arbeit aus Sicht des arbeitenden Menschen:	Tätigkeit zur Erfüllung einer Aufgabe
Arbeit im Sinne des Arbeitsstudiums:	Erfüllung der Aufgabe eines Arbeitssystems durch das Zusammenwirken von Menschen und Betriebsmitteln mit dem Arbeitsgegenstand
Arbeit im volkswirtschaftlichen Sinne:	Produktionsfaktor zur Herstellung von Gütern und Leistung
Arbeit in ergonomischen Sinne:	Umsatz von Energie und Verarbeitung von Information bei der Erfüllung von Arbeitsaufgaben durch den Menschen
Arbeit in der Mechanik und Physik:	Kraft x Weg

3.1.2 Definition Aufwandswert

Der Aufwandswert wird aus dem Quotienten der Summe der Lohnstunden und der Produktionsmenge gebildet.⁵³

$$\text{Aufwandswert} \left[\frac{\text{Std}}{\text{EH}} \right] = \frac{\sum \text{Lohnstunden} [\text{Std}]}{\text{Produktionsmenge} [\text{EH}]}$$

Lohnstunden [Std] sind nicht gleichbedeutend mit Zeitstunden [h]. Es können mehrere Lohnstunden je Zeitstunde [Std/h] anfallen. Dies ist bei mehreren Arbeitern, welche gleichzeitig arbeiten, der Fall. Als Produktionsmenge versteht man diejenige Menge, die während der dazu benötigten Zeitstunden eingebaut wird.

⁵² VERBAND FÜR ARBEITSSTUDIEN - REFA: Methodenlehre des Arbeitsstudiums Teil 1 Grundlagen. S. 19

⁵³ Vgl. HOFSTADLER, C.: Produktivität im Baubetrieb - Bauablaufstörungen und Produktivitätsverluste. S. 47

Aufwandswerte beeinflussen die Arbeitsproduktivität und dadurch auch die Leistung erheblich.

3.1.3 Definition Leistung

Die Leistung wird aus der Sicht des Arbeitsstudiums und des arbeitenden Menschen als Erfüllung einer Aufgabe, welche durch eine Tätigkeit zu einem Arbeitsergebnis führt, definiert:⁵⁴

$$\begin{aligned}
 \text{Leistung} \left[\frac{EH}{ZEH} \right] &\triangleq \frac{\text{Arbeitsergebnis} [EH]}{\text{Zeit} [ZEH]} \triangleq \\
 &\triangleq \frac{\text{Arbeitskraft} \left[\frac{\text{Std}}{h} \right] * \text{Arbeitszeit} \left[\frac{h}{ZEH} \right]}{\text{Aufwandswert} \left[\frac{\text{Std}}{EH} \right]}
 \end{aligned}$$

Leistung wird als das erreichte Arbeitsergebnis [Einbaumenge] durch die dazu benötigte Zeit [h] verstanden. Dies entspricht der Summe an Arbeitskräften multipliziert mit der Arbeitszeit dividiert durch den Aufwandswert. Die eingebaute Kabellänge pro Minute könnte beispielsweise ein Ergebnis sein.

⁵⁴ Vgl. VERBAND FÜR ARBEITSSTUDIEN - REFA: Methodenlehre des Arbeitsstudiums Teil 1 Grundlagen. S. 19

3.1.4 Definition Produktivität

„Die Produktivität ist [...] die wesentliche Kennzahl zur Beurteilung der Er-
giebigkeit von einzelnen Arbeiten oder des gesamten Produktions- bzw.
Wirtschaftsprozesses im Bauwesen.“⁵⁵

Sie kann wie folgt definiert werden:

$$\text{Produktivität} = \frac{\text{Output}}{\text{Input}} = \frac{\text{Leistung}}{\text{Einsatz}} = \frac{1}{\text{Aufwandswert}}$$

Es gibt mehrere Arten von Produktivität. Unterschieden wird zwischen Ar-
beitsproduktivität, bei welcher für die Größe des Einsatzes z. B. die Anzahl
der Beschäftigten oder die Anzahl der geleisteten Arbeitsstunden dient,
der Betriebsmittelproduktivität, bei welcher die Größe des Einsatzes z. B.
durch die Anzahl der eingesetzten Geräte oder deren geleisteten Geräte-
stunden beschrieben wird, und der Stoffproduktivität, bei der ein Verhältnis
der verbrauchten Stoffmenge und der Produktionsmenge gebildet wird.⁵⁶

In wirtschaftlich schwachen Regionen wird der Fokus auf die Betriebsmit-
tel- und Stoffproduktivität gelegt. In stärkeren Regionen spielt die Arbeits-
produktivität aufgrund des höheren Lohnniveaus eine wichtigere Rolle.⁵⁷

Deshalb wird nachfolgend die Arbeitsproduktivität dargestellt.

Arbeitsproduktivität

„Die Arbeitsproduktivität folgt aus dem Quotienten des Produktionsergeb-
nisses [...] und der Anzahl eingesetzter Ressourcen.“⁵⁸

$$\text{Produktivität} \left[\frac{EH}{Std} \right] = \frac{\text{Produktionsmenge} [EH]}{\sum \text{Lohnstunden} [Std]} = \frac{1}{\text{Aufwandswert} \left[\frac{Std}{EH} \right]}$$

⁵⁵ HOFSTADLER, C.: Produktivität im Baubetrieb - Bauablaufstörungen und Produktivitätsverluste. S. 9

⁵⁶ Vgl. HOFSTADLER, C.: Bauablaufplanung und Logistik im Baubetrieb. S. 17

⁵⁷ Vgl. HOFSTADLER, C.: Produktivität im Baubetrieb - Bauablaufstörungen und Produktivitätsverluste. S. 24

⁵⁸ HOFSTADLER, C.: Produktivität im Baubetrieb - Bauablaufstörungen und Produktivitätsverluste. S. 25

3.1.5 Zusammenhang Aufwandswert/Produktivität/Leistung

„Wenn bei gleichbleibender täglicher Arbeitszeit und Anzahl an Arbeitskräften der Aufwandswert steigt, sinkt die Produktivität und auch die Arbeitsleistung.“⁵⁹

Als Erklärung des Zusammenhangs dient ein Beispiel, dessen Parameter unter der Abbildung beschrieben werden.

Beispiel:

Der Aufwandswert beim Kabelzug wurde mit 2 min/m kalkuliert. Dieser Aufwandswert erhöhte sich bei einer Baustelle um 50% auf 3 min/m gegenüber der Urkalkulation. Nimmt man an, dass zwei Arbeitskräfte 8 h/d arbeiten, also 120 min/h, sinkt die Leistung von 480 m/d um 33,33% auf 320 m/d. Ebenso sinkt die Produktivität um 33,33% von 0,50 m/min auf 0,33 m/min. Dies ist graphisch in Abbildung 3-2 dargestellt.

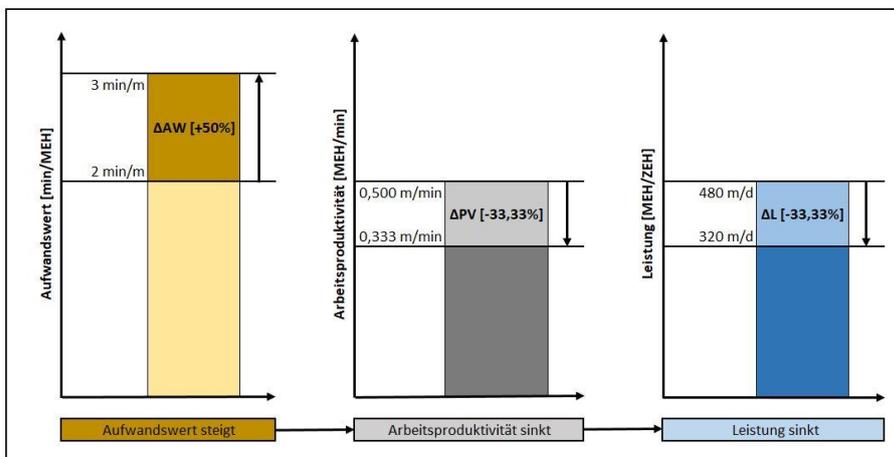


Abbildung 3-2: Zusammenhang Aufwandswert/Arbeitsproduktivität/Leistung

$$AW = \text{Aufwandswert} \left[\frac{\text{min}}{\text{EH}} \right]$$

$$PV = \frac{1}{\text{Aufwandswert} \left[\frac{\text{min}}{\text{EH}} \right]}$$

$$L = \text{Leistung} \left[\frac{\text{EH}}{\text{ZEH}} \right]$$

$$\Delta = \text{Delta} = \text{Differenz}$$

⁵⁹ HOFSTADLER, C.: Produktivität im Baubetrieb - Bauablaufstörungen und Produktivitätsverluste. S. 36

3.2 Das Arbeitssystem

Unter dem Begriff „System“ versteht man die Gesamtheit von Elementen deren Beziehungen einem bestimmten Zweck dienen. Folglich kann man sowohl den einzelnen Arbeitsplatz, welcher als Mikro-Arbeitssystem bezeichnet wird, als auch die gesamte Volkswirtschaft, welche als Makro-Arbeitssystem bezeichnet wird, als System verstehen.⁶⁰

„Wesentlich für die REFA-Methodenlehre ist die Betrachtung von Arbeitssystemen in ihrer hierarchischen Struktur [...]. Dementsprechend gibt es elementare und unterschiedlich komplexe Arbeitssysteme.“⁶¹

Sie dienen der Erfüllung von Arbeitsaufgaben. Menschen, Betriebsmittel und Umwelteinflüsse wirken auf sie ein. Nach REFA werden sie mit Begriffen aus der nachfolgenden Grafik beschrieben.⁶²

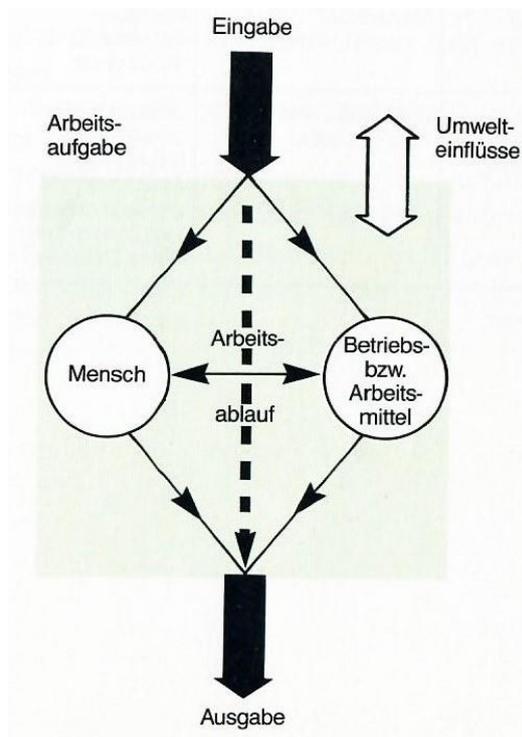


Abbildung 3-3: Das Arbeitssystem⁶³

⁶⁰ Vgl. VERBAND FÜR ARBEITSSTUDIEN - REFA: Methodenlehre des Arbeitsstudiums Teil 1 Grundlagen. S. 93ff.

⁶¹ RIEDIGER, H.-G.; STEINMETZGER, R.: Rationalisierung im Baubetrieb: Möglichkeiten der REFA-Methodenlehre. In: Nr. 1/2000. S. 41

⁶² Vgl. RIEDIGER, H.-G.; STEINMETZGER, R.: Rationalisierung im Baubetrieb: Möglichkeiten der REFA-Methodenlehre. In: Nr. 1/2000. S. 41

⁶³ VERBAND FÜR ARBEITSSTUDIEN - REFA: Methodenlehre des Arbeitsstudiums Teil 1 Grundlagen. S. 94

Die Begriffe aus Abbildung 3-3 werden nun sukzessive erläutert.

3.2.1 Arbeitsaufgabe

Die Arbeitsaufgabe definiert den Zweck des Arbeitssystems. Sie ist eine Aufforderung an den Menschen, durch seine Tätigkeit das Ziel zu erreichen.⁶⁴

Beispiele: Kabel verlegen, Steckgeräte einbauen

3.2.2 Arbeitsablauf

Er beinhaltet das Handeln beim Erfüllen von Arbeitsaufgaben und vollzieht sich im Zusammenwirken von Mensch, Arbeits-/Betriebsmittel und Eingabe.⁶⁵

3.2.3 Eingabe

Wird auch als Input bezeichnet. Man versteht im Allgemeinen darunter Arbeitsgegenstände aber auch Menschen, Informationen und Energie, welche zur Erfüllung der Arbeitsaufgabe in ihrem Zustand, ihrer Form oder ihrer Lage verwendet werden sollen.⁶⁶

Beispiele: Zu verlegende Kabel, einzubauende Steckgeräte

3.2.4 Ausgabe

Sie wird auch als Output bezeichnet und besteht aus den veränderten Inputs.⁶⁷

Beispiele: Verlegte Kabel, eingebaute Steckgeräte

3.2.5 Mensch und Betriebsmittel

Man versteht darunter die Kapazitäten des Arbeitssystems. Sie führen zu Veränderungen der Eingabe in die Ausgabe aufgrund der Arbeitsaufgabe.⁶⁸

Beispiele: Arbeiter, Werkzeug

⁶⁴ Vgl. VERBAND FÜR ARBEITSSTUDIEN - REFA: Methodenlehre des Arbeitsstudiums Teil 1 Grundlagen. S. 95

⁶⁵ Vgl. VERBAND FÜR ARBEITSSTUDIEN - REFA: Methodenlehre des Arbeitsstudiums Teil 1 Grundlagen. S. 95

⁶⁶ Vgl. VERBAND FÜR ARBEITSSTUDIEN - REFA: Methodenlehre des Arbeitsstudiums Teil 1 Grundlagen. S. 95

⁶⁷ Vgl. VERBAND FÜR ARBEITSSTUDIEN - REFA: Methodenlehre des Arbeitsstudiums Teil 1 Grundlagen. S. 95f.

⁶⁸ Vgl. VERBAND FÜR ARBEITSSTUDIEN - REFA: Methodenlehre des Arbeitsstudiums Teil 1 Grundlagen. S. 96

3.2.6 Umwelteinflüsse

Einflüsse physikalischer, chemischer, biologischer, organisatorischer sowie sozialer Natur, welche unter Umständen auch selbst erzeugt auf das Arbeitssystem wirken.⁶⁹

Beispiele: Entlohnungssystem, Klima-, Licht- und Platzverhältnisse

3.3 Grundlagen der Datenermittlung

Als Daten werden laut REFA

- 1) „Zeiten für Ablaufabschnitte, [Z. B. Zeiten für Kabel ziehen, Kabel beschriften; d. V.]
- 2) *Einflussgrößen*, von denen die Zeiten für Ablaufabschnitte abhängen, [Z.B Sanierungsbaustelle, Neubau; d. V.]
- 3) *Bezugsmengen*, auf die sich die Zeit bezieht [Z. B. Stück eingebauter Teile oder Meter eingebauter Kabellänge; d. V.], und
- 4) Daten der *Arbeitsbedingungen* [Z. B. Arbeiten in Höhe, etc.; d. V.].⁷⁰

bezeichnet.

Um Zeiten aufnehmen zu können, muss der Datenerfasser geschult sein. Er soll nicht rein die Zeit messen, sondern das Zusammenwirken der verschiedenen Einflussgrößen und deren Auswirkung auf Ablaufabschnitte erfassen, analysieren und verstehen.⁷¹ Der Zeitaufnehmer muss verstehen, dass z. B. der Kabelzug auf einer Sanierungsbaustelle aufwändiger ist als bei einem Neubau, da Nebentätigkeiten wie Abhängen der Decke bei der Sanierung anfallen.

3.3.1 Verwendungszweck von Daten

Vor der Datenerfassung ist es wichtig, den Verwendungszweck zu bestimmen. Anhand diesem kann ermittelt werden, welche und wie viele Daten aussagekräftig genug sind, um den statistischen Anforderungen zu genügen. Man unterscheidet hauptsächlich vier Verwendungszwecke im Arbeitsstudium:⁷²

⁶⁹ Vgl. VERBAND FÜR ARBEITSSSTUDIEN - REFA: Methodenlehre des Arbeitsstudiums Teil 1 Grundlagen. S. 96

⁷⁰ VERBAND FÜR ARBEITSSSTUDIEN - REFA: Methodenlehre des Arbeitsstudiums Teil 2 Datenermittlung. S. 10

⁷¹ Vgl. VERBAND FÜR ARBEITSSSTUDIEN - REFA: Methodenlehre des Arbeitsstudiums Teil 2 Datenermittlung. S. 10

⁷² Vgl. VERBAND FÜR ARBEITSSSTUDIEN - REFA: Methodenlehre des Arbeitsstudiums Teil 2 Datenermittlung. S. 12



Abbildung 3-4: Verwendungszweck von Daten (In Anlehnung an REFA⁷³)

3.3.2 Gliederung der Daten

Daten können in vier grundlegende Gruppen gegliedert werden:

- Abhängige und unabhängige Daten
- Qualitative und quantitative Daten
- Feste und veränderliche Daten
- Absolute und bezogene Daten⁷⁴

3.3.2.1 Abhängige und unabhängige Daten

Abhängige Daten sind Zielgrößen wie beispielsweise Transportzeit, Mengenleistung oder Geschwindigkeit. Unter unabhängigen Daten versteht man Einflussgrößen. Beispiele hierfür sind die Weglänge oder das Transportmittel.⁷⁵

3.3.2.2 Qualitative und quantitative Daten

Qualitative Daten stellen eine subjektive Beurteilung des Beobachters dar. Dabei spielt die Erfahrung des Urteilenden eine entscheidende Rolle. Das Ergebnis kann nicht durch Messung auf seine Richtigkeit hin überprüft werden.⁷⁶

Quantitative Daten sind zähl- und messbar. Um diese zu beurteilen, braucht es keine Erfahrung.⁷⁷

⁷³ VERBAND FÜR ARBEITSSTUDIEN - REFA: Methodenlehre des Arbeitsstudiums Teil 2 Datenermittlung, S. 12

⁷⁴ Vgl. VERBAND FÜR ARBEITSSTUDIEN - REFA: Methodenlehre des Arbeitsstudiums Teil 2 Datenermittlung, S. 12ff.

⁷⁵ Vgl. VERBAND FÜR ARBEITSSTUDIEN - REFA: Methodenlehre des Arbeitsstudiums Teil 2 Datenermittlung, S. 13

⁷⁶ Vgl. VERBAND FÜR ARBEITSSTUDIEN - REFA: Methodenlehre des Arbeitsstudiums Teil 2 Datenermittlung, S. 17

⁷⁷ Vgl. VERBAND FÜR ARBEITSSTUDIEN - REFA: Methodenlehre des Arbeitsstudiums Teil 2 Datenermittlung, S. 17

Nachfolgende Abbildung 3-5 zeigt die Unterscheidung zwischen diesen beiden Datentypen und führt dazu Beispiele an:

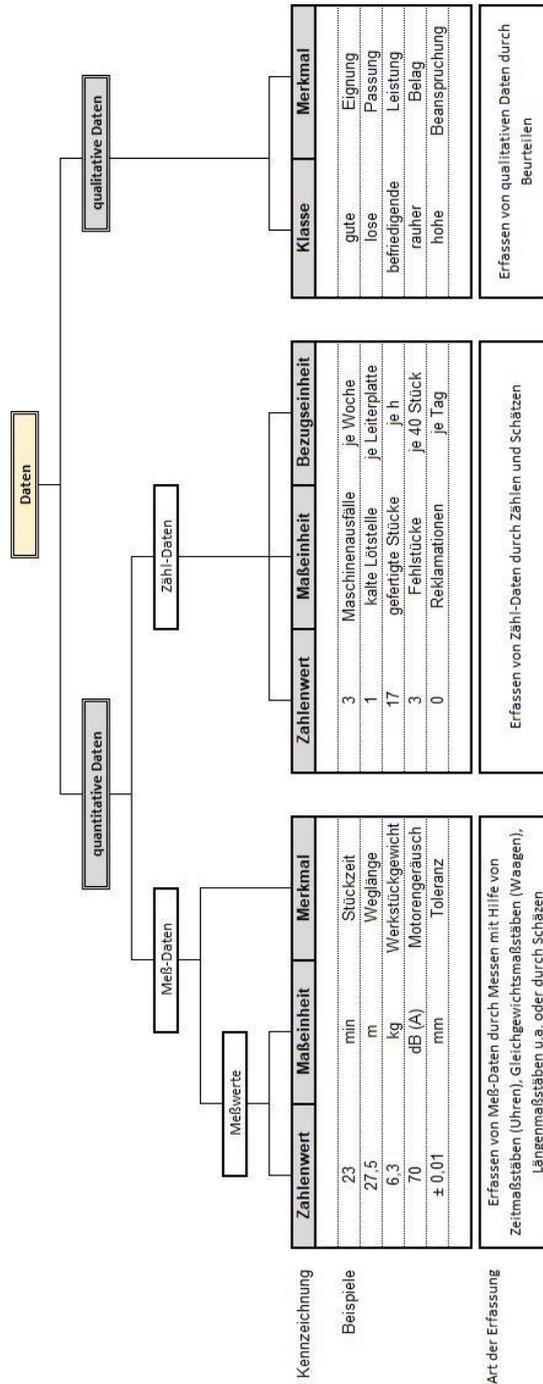


Abbildung 3-5: Unterscheidung von qualitativen und quantitativen Daten (In Anlehnung an REFA⁷⁸)

⁷⁸ VERBAND FÜR ARBEITSSTUDIEN - REFA: Methodenlehre des Arbeitsstudiums Teil 2 Datenermittlung, S. 15

3.3.2.3 Feste und veränderliche Daten

Unter festen Daten versteht man Konstante, die sich nicht über die Zeit verändern und vice versa. Feste Daten wären beispielsweise die Temperatur in einem klimatisierten Raum sowie die Drehzahl einer Bohrmaschine. Für veränderlichen Daten kann man den Verschleiß von Werkzeugen, die Erfahrung und Erschöpfung der Arbeitskräfte nennen.⁷⁹

3.3.2.4 Absolute und bezogene Daten

Man kann zwischen absoluten und bezogenen Daten unterscheiden. Verhältniszahlen können aus bezogenen Daten ermittelt werden. Die Unterschiede sowie dazugehörige Beispiele der Datentypen können nachfolgender Abbildung 3-6 entnommen werden.

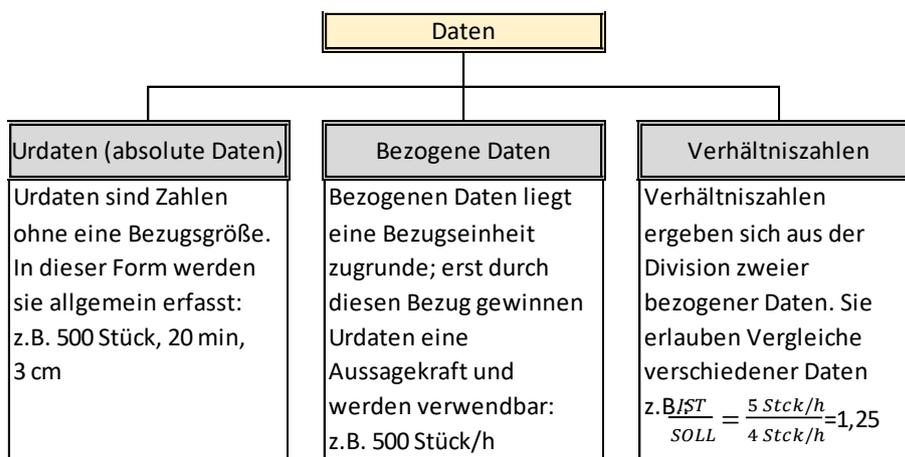


Abbildung 3-6: Absolute und bezogene Daten (In Anlehnung an REFA⁸⁰)

3.3.3 Reproduzierbarkeit von Daten

Es ist wichtig, Daten in gleicher Form wiederherstellen bzw. reproduzieren zu können, um die Möglichkeit zu schaffen, die gleichen Aufnahmen nochmals durchführen zu können. Dazu müssen alle Parameter einer zuvor getätigten Datenaufnahme bekannt sein. Voraussetzungen für die Reproduzierbarkeit von Daten sind:⁸¹

- Beschreibung des Arbeitsablaufs
- Informationen über die Arbeitsbedingungen
- Erfüllung von statistische Anforderungen⁸²

⁷⁹ Vgl. VERBAND FÜR ARBEITSSSTUDIEN - REFA: Methodenlehre des Arbeitsstudiums Teil 2 Datenermittlung, S. 18

⁸⁰ VERBAND FÜR ARBEITSSSTUDIEN - REFA: Methodenlehre des Arbeitsstudiums Teil 2 Datenermittlung, S. 19

⁸¹ Vgl. VERBAND FÜR ARBEITSSSTUDIEN - REFA: Methodenlehre des Arbeitsstudiums Teil 2 Datenermittlung, S. 12

⁸² Vgl. VERBAND FÜR ARBEITSSSTUDIEN - REFA: Methodenlehre des Arbeitsstudiums Teil 2 Datenermittlung, S. 13

3.4 Vorgehensweise bei der Zeitdatenermittlung

Begonnen wird mit der Gliederung des Arbeitsablaufs nach Arbeitsabschnitten. Im Baubetrieb sind das die üblichen Ablaufbeschreibungen nach sachlogischen, räumlichen und mengenmäßigen Aspekten. REFA bietet die Gliederung nach Ablaufarten an, wobei folgende Fragen gestellt werden müssen:⁸³

- „Welche Ablaufabschnitte sind unmittelbar wertschöpfend?
- Welche Ablaufabschnitte sind mittelbar wertschöpfend?
- Welche sind unbeeinflussbar und fallen planmäßig oder unvorhersehbar an?
- Wie groß sind deren Anteile?“⁸⁴

Daraus können Mängel und Reserven aus der Prozessgestaltung und Arbeitsausführung erkannt werden.⁸⁵ Erst sobald sich mit der Gestaltung eines Prozesses beschäftigt wird, kann verstanden werden, wo die Probleme liegen. Beispielhaft kann hier fehlendes Werkzeug bei der Montage eines Steckgerätes genannt werden. Dieses Problem der Ausführung wird im Vorfeld theoretisch oft nicht erkannt.

Die Einteilung in Ablaufarten erfolgt in folgendem Diagramm:

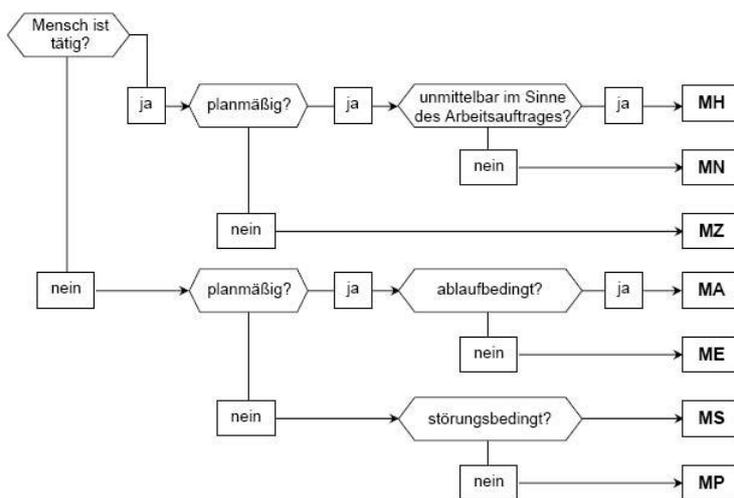


Abbildung 3-7: Vereinfachte Übersicht der auf Menschen bezogenen Ablaufarten⁸⁶

⁸³ Vgl. RIEDIGER, H.-G.; STEINMETZGER, R.: Rationalisierung im Baubetrieb: Möglichkeiten der REFA-Methodenlehre. In: Nr. 1/2000. S. 41

⁸⁴ RIEDIGER, H.-G.; STEINMETZGER, R.: Rationalisierung im Baubetrieb: Möglichkeiten der REFA-Methodenlehre. In: Nr. 1/2000. S. 41

⁸⁵ Vgl. RIEDIGER, H.-G.; STEINMETZGER, R.: Rationalisierung im Baubetrieb: Möglichkeiten der REFA-Methodenlehre. In: Nr. 1/2000. S. 41

⁸⁶ RIEDIGER, H.-G.; STEINMETZGER, R.: Rationalisierung im Baubetrieb: Möglichkeiten der REFA-Methodenlehre. In: Nr. 1/2000. S. 42

Haupttätigkeit - MH:

„Eine Haupttätigkeit ist eine planmäßige, unmittelbar der Erfüllung der Arbeitsaufgabe dienende Tätigkeit.“⁸⁷ Zum Beispiel: Kabel ziehen.

Nebentätigkeit – MN:

„Eine **Nebentätigkeit** ist eine planmäßige, nur mittelbar der Erfüllung der Arbeitsaufgabe dienende Tätigkeit.“⁸⁸ Zum Beispiel: Kabel auf die richtige Länge zuschneiden.

Zusätzliche Tätigkeit – MZ:

„Um eine **zusätzliche Tätigkeit** MZ handelt es sich, wenn deren Vorkommen oder Ablauf nicht vorausbestimmt werden kann; sie erfolgt außerplanmäßig, z. B.: Nacharbeiten, Mithilfe bei anderen Personen, Tätigkeiten ohne besonderen Auftrag (Reinigungsarbeiten, dienstliche Besprechungen).“⁸⁹

Ablaufbedingte Unterbrechung – MA:

„Das **ablaufbedingte Unterbrechen** ist ein planmäßiges Warten des Menschen auf das Ende von Ablaufabschnitten, die beim Betriebsmittel oder Arbeitsgegenstand selbständig ablaufen.“⁹⁰ Zum Beispiel: Warten auf den Arbeitskollegen, wenn dieser etwas erledigt, dass der Haupttätigkeit zugeordnet werden kann.

Störungsbedingte Unterbrechung – MS:

„Das **störungsbedingte Unterbrechen** MS ist ein zusätzliches (außerplanmäßiges) Warten des Menschen infolge technischer oder organisatorischer Störungen sowie Mangel an Information, z. B.: Klärung fehlender Maßangaben auf einer Zeichnung, Warten auf Material oder einen Reparaturtrupp.“⁹¹

⁸⁷ KÜNSTNER, G.: REFA in der Baupraxis Teil 2 Datenermittlung. S. 19

⁸⁸ VERBAND FÜR ARBEITSSTUDIEN - REFA: Methodenlehre des Arbeitsstudiums Teil 2 Datenermittlung. S. 26

⁸⁹ RIEDIGER, H.-G.; STEINMETZGER, R.: Rationalisierung im Baubetrieb: Möglichkeiten der REFA-Methodenlehre. In: Nr. 1/2000. S. 42

⁹⁰ KÜNSTNER, G.: REFA in der Baupraxis Teil 2 Datenermittlung. S. 20

⁹¹ RIEDIGER, H.-G.; STEINMETZGER, R.: Rationalisierung im Baubetrieb: Möglichkeiten der REFA-Methodenlehre. In: Nr. 1/2000. S. 42

Erholen – ME:

„**Erholen** ME ist im Sinne des Arbeitsstudiums ein Unterbrechen der Tätigkeit, um die infolge der Tätigkeit aufgetretene Arbeitsermüdung abzubauen.“⁹²

Persönlich bedingte Unterbrechung – MP:

„Ein persönlich bedingtes Unterbrechen der Tätigkeit liegt vor, wenn der Mensch seine Tätigkeit unterbricht und die Ursache persönliche Gründe hat.“⁹³ Z. B.: Gang zur Toilette, verspäteter Arbeitsbeginn.

Die einzelnen Ablaufarten ergeben in Summe den Gesamtablauf. Diese Ablaufarten werden im weiteren Zuge zu den verschiedenen Zeitarten, welche sich anschließend mehrstufig zusammenfassen lassen. Die Zeitarten, gemessen an der Gesamtzeit, werden prozentual berechnet und dienen im weiteren Verlauf der Leistungsbeurteilung.⁹⁴

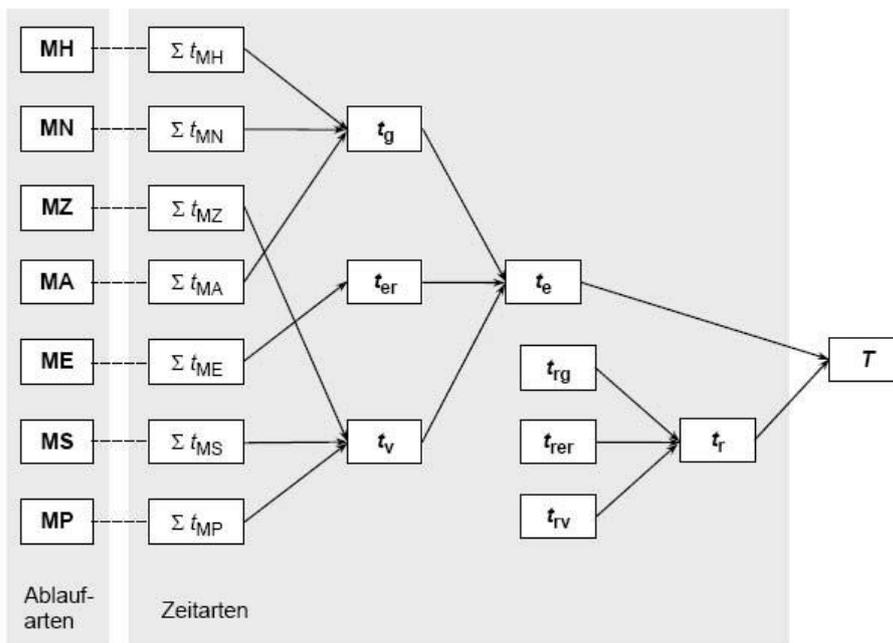


Abbildung 3-8: Überführung von Ablauf- in Zeitarten⁹⁵

⁹² RIEDIGER, H.-G.; STEINMETZGER, R.: Rationalisierung im Baubetrieb: Möglichkeiten der REFA-Methodenlehre. In: Nr. 1/2000. S. 42

⁹³ KÜNSTNER, G.: REFA in der Baupraxis Teil 2 Datenermittlung. S. 21

⁹⁴ Vgl. RIEDIGER, H.-G.; STEINMETZGER, R.: Rationalisierung im Baubetrieb: Möglichkeiten der REFA-Methodenlehre. In: Nr. 1/2000. S. 43

⁹⁵ RIEDIGER, H.-G.; STEINMETZGER, R.: Rationalisierung im Baubetrieb: Möglichkeiten der REFA-Methodenlehre. In: Nr. 1/2000. S. 43

Die **Zeitarten** können gegliedert werden in:

- t_g Grundzeit
- t_{er} Erholungszeit
- t_v Verteilzeit
- t_e Zeit je Einheit
- t_r Rüstzeit
- t_{rg} Grundzeit für das Rüsten
- t_{rer} Erholungszeit für das Rüsten
- t_{rv} Verteilzeit für das Rüsten

3.4.1 Grundzeit t_g

In der Regel stellt die Grundzeit den größten Anteil an der Zeit je Einheit dar und ist auf die Mengeneinheit 1 bezogen.⁹⁶

Die Grundzeit setzt sich aus folgenden drei Zeiten zusammen:

- Haupttätigkeit Σt_{MH}
- Nebentätigkeit Σt_{MN}
- Ablaufbedingtes Unterbrechen Σt_{MA}

$$t_g = \Sigma t_{MH} + \Sigma t_{MN} + \Sigma t_{MA}$$

3.4.2 Erholungszeit t_{er}

Die Erholungszeit ist die Zeit, die der Mensch für seine Erholung benötigt. Dieser Anteil hängt von Höhe und Dauer der Beanspruchung durch die Arbeit ab.⁹⁷

Diese Zeit verursacht Kosten und resultiert aus den vorherrschenden Arbeitsbedingungen. Arbeitsgestalterische Verbesserungsmaßnahmen sollten bei Anteilen von mehr als 5% der Tätigkeitszeit angestrebt werden.⁹⁸

$$t_{er} = \Sigma t_{ME}$$

⁹⁶ Vgl. VERBAND FÜR ARBEITSSTUDIEN - REFA: Methodenlehre des Arbeitsstudiums Teil 2 Datenermittlung. S. 44ff.

⁹⁷ Vgl. VERBAND FÜR ARBEITSSTUDIEN - REFA: Methodenlehre des Arbeitsstudiums Teil 2 Datenermittlung. S. 44

⁹⁸ Vgl. RIEDIGER, H.-G.; STEINMETZGER, R.: Rationalisierung im Baubetrieb: Möglichkeiten der REFA-Methodenlehre. In: Nr. 1/2000. S. 44

3.4.3 Verteilzeit t_v

Verteilzeiten treten während des Ablaufes mit unterschiedlicher Häufigkeit und Dauer auf.⁹⁹

Bei Bauarbeiten beträgt der Anteil der Verteilzeit an der Grundzeit ca. 25%.¹⁰⁰

Sie setzen sich wie folgt zusammen:

- Zusätzliche Tätigkeit $\sum t_{MZ}$
- Störungsbedingte Unterbrechung $\sum t_{MS}$
- Persönlich bedingte Unterbrechung $\sum t_{MP}$

$$t_v = \sum t_{vsachlich} + \sum t_{vpersönlich} = (\sum t_{MZ} + \sum t_{MS}) + \sum t_{MP}$$

3.4.4 Zeit je Einheit t_e

Die Zeit je Einheit wird auch als Aufwandswert bezeichnet und beschreibt die Vorgabezeit für die Ausführung eines Ablaufs. Sie bezieht sich auf die Mengeneinheit 1, 100 oder 1000 und setzt sich zusammen aus:¹⁰¹

- Grundzeit t_g
- Erholungszeit t_{er}
- Verteilzeit t_v

$$t_e = t_g + t_{er} + t_v$$

⁹⁹ Vgl. VERBAND FÜR ARBEITSSTUDIEN - REFA: Methodenlehre des Arbeitsstudiums Teil 2 Datenermittlung. S. 44

¹⁰⁰ Vgl. LANG, A.: Ein Verfahren zur Bewertung von Bauablaufstörungen und zur Projektsteuerung. S. 109

¹⁰¹ Vgl. VERBAND FÜR ARBEITSSTUDIEN - REFA: Methodenlehre des Arbeitsstudiums Teil 2 Datenermittlung. S. 52

3.4.5 Rüstzeit t_r

Zur Rüstzeit zählen Vor- und Nachbereiten des Arbeitssystems zur Zielerreichung.¹⁰²

In der Struktur gleicht sie den Grundzeiten und wird in der Baupraxis oft ganz oder nur in Teilen der Zeit je Einheit hinzugerechnet.¹⁰³

- Grundzeit für das Rüsten t_{rg}
- Erholzeit für das Rüsten t_{rer}
- Verteilzeit für das Rüsten t_{rv}

$$t_r = t_{rg} + t_{rer} + t_{rv}$$

3.4.6 Auftragszeit T

Die Auftragszeit ist die Vorgabezeit für das Ausführen eines Auftrages durch einen Menschen und stellt eine wichtige Grundlage für Abrechnung, Kalkulation und Bauablaufplanung dar.¹⁰⁴

Es werden für die Ermittlung der Auftragszeit Prozentsätze für Erholungs- und Verteilzeiten herangezogen, da IST-Zeitaufnahmen situationsspezifische, nicht verallgemeinbare Aufwände enthalten.¹⁰⁵

Sie wird berechnet aus:

- Zeit je Einheit t_e
- Menge m
- Rüstzeit t_r

$$T [\text{Std}] = t_e \left[\frac{\text{Std}}{\text{EH}} \right] * m [\text{EH} + t_r]$$

¹⁰² Vgl. KÜNSTNER, G.: REFA in der Baupraxis Teil 2 Datenermittlung. S. 31

¹⁰³ Vgl. RIEDIGER, H.-G.; STEINMETZGER, R.: Rationalisierung im Baubetrieb: Möglichkeiten der REFA-Methodenlehre. In: Nr. 1/2000. S. 44

¹⁰⁴ Vgl. RIEDIGER, H.-G.; STEINMETZGER, R.: Rationalisierung im Baubetrieb: Möglichkeiten der REFA-Methodenlehre. In: Nr. 1/2000. S. 44

¹⁰⁵ Vgl. RIEDIGER, H.-G.; STEINMETZGER, R.: Rationalisierung im Baubetrieb: Möglichkeiten der REFA-Methodenlehre. In: Nr. 1/2000. S. 44

3.5 Zeitaufnahmen

„Zeitaufnahmen bestehen in der Beschreibung des Arbeitssystems, im besonderen des Arbeitsverfahrens, der Arbeitsmethode und der Arbeitsbedingungen, und in der Erfassung der Bezugsmengen, der Einflussgrößen, der Leistungsgrade und Ist-Zeiten für einzelne Ablaufabschnitte; deren Auswertung ergeben Soll-Zeiten für bestimmte Ablaufabschnitte.“¹⁰⁶

„Wie bei allen Methoden des Arbeitsstudiums hängt auch das Vorgehen bei der Zeitaufnahme sehr stark sowohl von der Art der untersuchten Arbeitsaufgabe als auch vom Ziel der Untersuchung ab. So werden an die Zeitaufnahme andere Ansprüche gestellt, wenn die damit ermittelten Vorgabezeiten zur Entlohnung verwendet werden sollen, als wenn sie auch z. B. als Grundlage für die bessere Auslastung von Betriebsmitteln dienen sollen. Ebenso ist es ein Unterschied, ob die zu ermittelnden Zeiten voraussichtlich häufig in Form von Planzeiten oder nur einmal oder gelegentlich wiederverwendet werden.“¹⁰⁷

Zur Aufnahme stehen grundlegend mehrere verschiedene Methoden zur Verfügung. Folgend werden die Einzelzeitaufnahme/Fortschrittszeitaufnahme und die Multimomentaufnahme ausführlicher behandelt.

3.5.1 Fortschrittszeitaufnahme/Einzelzeitaufnahme

Für die Fortschrittszeitaufnahme sowie der Einzelzeitaufnahme ist eine fachliche Schulung des Beobachters unumgänglich, um den Ablauf in einzelne Abschnitte gliedern zu können.¹⁰⁸ Ebenso ist das Vorhandensein eines Zeitaufnahmegerätes (Armbanduhr, Stoppuhr oder anderes Zeitmessgerät) notwendig.¹⁰⁹ Hierbei ist zu beachten, dass Arbeitsgruppen schwer beobachtet werden können, weshalb die im Punkt 3.5.3 beschriebene Multimomentaufnahme besser für den Baubetrieb geeignet ist.¹¹⁰ Durch den hohen Aufwand stellen diese Arten der Zeitmessung einen großen Kostenfaktor dar.

¹⁰⁶ VERBAND FÜR ARBEITSSSTUDIEN - REFA: Methodenlehre des Arbeitsstudiums Teil 2 Datenermittlung. S. 81

¹⁰⁷ VERBAND FÜR ARBEITSSSTUDIEN - REFA: Methodenlehre des Arbeitsstudiums Teil 2 Datenermittlung. S. 81

¹⁰⁸ Vgl. VERBAND FÜR ARBEITSSSTUDIEN - REFA: Methodenlehre des Arbeitsstudiums Teil 2 Datenermittlung. S. 84

¹⁰⁹ Vgl. VERBAND FÜR ARBEITSSSTUDIEN - REFA: Methodenlehre des Arbeitsstudiums Teil 2 Datenermittlung. S. 90ff.

¹¹⁰ Vgl. RIEDIGER, H.-G.; STEINMETZGER, R.: Rationalisierung im Baubetrieb: Möglichkeiten der REFA-Methodenlehre. In: Nr. 1/2000. S. 46

3.5.1.1 Fortschrittszeitaufnahme

Der gesamte Ablauf wird vor der Aufnahme in einzelne Ablaufabschnitte, Anfang und Ende stellen Messpunkte dar, gegliedert. Während der Zeitmessung wird bei Erreichen der Messpunkte die Zeit der laufenden Uhr abgelesen und notiert. Bei Arbeitsaufnahme wird das Zeitmessgerät gestartet, gestoppt wird es erst bei Beendigung der Arbeit. Die Dauer der einzelnen Ablaufabschnitte kann durch Subtraktion zweier aufeinander folgender Abschnitte errechnet werden.¹¹¹

Beispiel:

Ablaufabschnitte	Messpunkt	Teil einspannen	Messpunkt	Teil bearbeiten	Messpunkt	Teil ausspannen, weglegen	Messpunkt	Teil einspannen	Messpunkt
		F1		F2		F3		F4	
gemessene Fortschrittszeit F in HM	0	30	60	85	120				
errechnete Einzelzeit ti		ti1 = 30 HM		ti2 = 30 HM		ti3 = 25 HM		ti4 = 35 HM	

Abbildung 3-9: Beispiel Fortschrittszeitmessung (In Anlehnung an REFA¹¹²)

3.5.1.2 Einzelzeitaufnahme

Wie auch bei der Fortschrittszeitaufnahme muss der Ablauf vor Beginn in Ablaufabschnitte gegliedert werden. Bei dieser Methode wird das Zeitmessgerät am ersten Messpunkt gestartet und beim nächsten Messpunkt wieder gestoppt. Es wird jeder Ablaufabschnitt einzeln gemessen. Wichtig dabei ist es, die Lückenlosigkeit zu gewährleisten und die gesamte Zeit des Ablaufes gesondert zu messen, um die Summe der Ablaufabschnitte zu überprüfen.¹¹³

Beispiel:

Ablaufabschnitte	Messpunkte	Teil einspannen	loslassen	Teil bearbeiten	Masch. hält	Teil ausspannen, weglegen	loslassen	Teil einspannen	loslassen
		ti1 = 30		ti2 = 30		ti3 = 25		ti4 = 35	
gemessene Einzelzeit ti in HM	0	30	0	30	0	25	0	35	0

Abbildung 3-10: Beispiel Einzelzeitmessung (In Anlehnung an REFA¹¹⁴)

¹¹¹ Vgl. VERBAND FÜR ARBEITSSSTUDIEN - REFA: Methodenlehre des Arbeitsstudiums Teil 2 Datenermittlung, S. 86

¹¹² VERBAND FÜR ARBEITSSSTUDIEN - REFA: Methodenlehre des Arbeitsstudiums Teil 2 Datenermittlung, S. 86

¹¹³ Vgl. VERBAND FÜR ARBEITSSSTUDIEN - REFA: Methodenlehre des Arbeitsstudiums Teil 2 Datenermittlung, S. 87

¹¹⁴ VERBAND FÜR ARBEITSSSTUDIEN - REFA: Methodenlehre des Arbeitsstudiums Teil 2 Datenermittlung, S. 87

3.5.2 Statistische Auswertung beider Aufnahmemethoden

Bei der statistischen Auswertung soll ermittelt werden, wie viele Stichproben notwendig sind, um eine signifikante Aussage zu treffen. Jeder Wert stellt dabei eine Stichprobe dar, aus dem mit statistischen Mitteln auf die Grundgesamtheit geschlossen werden kann.¹¹⁵

Mögliche Verfahren sind das Streuzahlverfahren und das Variationszahlverfahren. Die Literatur empfiehlt für die elektronische Datenverarbeitung das Variationszahlverfahren, welches deswegen beschrieben wird. Notwendige Parameter sind dabei der Mittelwert, die Varianz und die Variationszahl.¹¹⁶

Nachfolgende Vorgehensweise zeigt die Bestimmung der Genauigkeit:¹¹⁷

Mittelwerte der Einzelzeiten je Ablaufabschnitt:

Der Mittelwert berechnet sich aus der Summe der Einzelzeiten geteilt durch die Anzahl der Messungen.

$$\bar{t} [Std] = \frac{\sum t_i [Std]}{n}$$

t_i = Einzelzeit

n = Anzahl der Messungen

Varianz:

Die Verteilung von Werten um den Mittelwert wird als Varianz bezeichnet. Dabei ist die Varianz ein Streuungsmaß. Die Summe der quadrierten Abweichungen aller Messwerte vom arithmetischen Mittel und die anschließende Division durch die Anzahl der Messwerte ist die Vorgehensweise bei der Berechnung. Die empirische Varianz einer Stichprobe ist „ s^2 “.¹¹⁸

$$Var = s^2 = \frac{1}{n-1} * \left[\sum t_i^2 - \frac{1}{n} * (\sum t_i)^2 \right]$$

¹¹⁵ VERBAND FÜR ARBEITSSTUDIEN - REFA: Methodenlehre des Arbeitsstudiums Teil 2 Datenermittlung. S. 161ff.

¹¹⁶ VERBAND FÜR ARBEITSSTUDIEN - REFA: Methodenlehre des Arbeitsstudiums Teil 2 Datenermittlung. S. 162ff.

¹¹⁷ VERBAND FÜR ARBEITSSTUDIEN - REFA: Methodenlehre des Arbeitsstudiums Teil 2 Datenermittlung. S. 177ff.

¹¹⁸ Vgl. <https://de.statista.com/statistik/lexikon/definition/138/varianz/>. Datum des Zugriffs: 15.08.2017

Standardabweichung:

„Die Standardabweichung ist ein Maß für die Streubreite der Werte eines Merkmals rund um dessen Mittelwert (arithmetisches Mittel). Vereinfacht gesagt, ist die Standardabweichung die durchschnittliche Entfernung aller gemessenen Ausprägungen eines Merkmals vom Durchschnitt.“¹¹⁹

$$s = \sqrt{\text{Var}}$$

Variationszahl:

Die Variationszahl stellt die prozentuale Abweichung vom Mittelwert dar und wird durch Division der Standardabweichung durch den Mittelwert errechnet.

$$v [\%] = \frac{s}{\bar{t}} * 100$$

Relativer Vertrauensbereich:

Der relative Vertrauensbereich ist ein statistisches Maß. Er gibt bei einer frei wählbaren Aussagewahrscheinlichkeit, meist jedoch mit 95%, an, um wieviel Prozent die wahre, jedoch unbekannte Grundgesamtheit, z. B. eine Soll-Zeit, vom verwendeten Stichprobenmittelwert höchstens nach oben oder unten abweicht.¹²⁰ Die Werte für $t(S;f)$ bei einer Aussagewahrscheinlichkeit von 95% und $f = n-1$ Beobachtungen kann der Tabelle 3-2 entnommen werden.

$$\varepsilon [\%] = \frac{t(S;f)}{\sqrt{n}} * v [\%]$$

f = $n - 1$ (*Beobachtungen*)

S = *Statistische Sicherheit*

$t(S;f)$ = *Tabellenwert für $S = 95\%$*

¹¹⁹ <https://de.statista.com/statistik/lexikon/definition/126/standardabweichung/>. Datum des Zugriffs: 15.08.2017

¹²⁰ Vgl. <http://refa-consulting.de/relativer-vertrauensbereich>. Datum des Zugriffs: 15.08.2017

Tabelle 3-2: Faktoren zur Berechnung der erzielten Genauigkeit nach dem Variationszahlverfahren (S=95%)¹²¹

f	t(S;f)	f	t(S;f)	f	t(S;f)
1	12,71	14	2,145	27	2,052
2	4,303	15	2,131	28	2,048
3	3,182	16	2,120	29	2,045
4	2,776	17	2,110	30	2,042
5	2,571	18	2,101	40	2,041
6	2,447	19	2,093	50	2,009
7	2,365	20	2,086	60	2,000
8	2,306	21	2,080	80	1,990
9	2,262	22	2,074	100	1,984
10	2,228	23	2,069	200	1,972
11	2,201	24	2,064	500	1,965
12	2,179	25	2,060	∞	1,960
13	2,160	26	2,056		= u(S)

¹²¹ KÜNSTNER, G.: REFA in der Baupraxis Teil 2 Datenermittlung. S. 60

3.5.3 Multimomentaufnahme

Die Multimomentaufnahme (MM-Aufnahme) ist ein Zählvorgang. Zuvor werden Ablaufarten definiert, in einer Tabelle aufgelistet und nach jedem Vorkommen notiert. Nach dem Erfassen der Daten kann jede Ablaufart prozentual am Gesamtablauf bestimmt werden.¹²²

Bei dieser Methode der Aufnahme soll die Planung und Auswertung durch eine qualifizierte Arbeitskraft erfolgen.¹²³ Für die Durchführung ist jedoch keine besondere Qualifikation des Zeitnehmers nötig.¹²⁴

Bei zyklischen Arbeiten gibt es bessere Aufnahmemethoden.¹²⁵ Im Bauwesen findet sie, aufgrund von nicht zyklischen Arbeiten, oft Anwendung.

Zeitpunkte, wie bei der Einzelzeitaufnahme/Fortschrittszeitaufnahme dürfen nicht festgelegt werden, sondern müssen zufällig sein, damit jedes Ereignis die gleiche Chance erhält vorzukommen.¹²⁶

Die MM-Aufnahme kann unterbrochen und wieder begonnen werden.¹²⁷

3.5.3.1 Durchführung der klassischen MM-Aufnahme

„Die Durchführung der MM-Aufnahme besteht aus dem

- Planen
- Ausführen und
- Auswerten.

Die einzelnen Schritte dabei sind:

1. Ziel festlegen
2. Ablaufarten festlegen und beschreiben
3. Rundgangsplan festlegen
4. Erforderlichen Beobachtungsumfang n festlegen
5. Rundgangszeitpunkt bestimmen
6. Beobachtungen durchführen
7. Zwischenauswerten
8. Endauswerten

¹²² Vgl. KÜNSTNER, G.: REFA in der Baupraxis Teil 2 Datenermittlung, S. 66

¹²³ Vgl. VERBAND FÜR ARBEITSSSTUDIEN - REFA: Methodenlehre des Arbeitsstudiums Teil 2 Datenermittlung, S. 263

¹²⁴ Vgl. VERBAND FÜR ARBEITSSSTUDIEN - REFA: Methodenlehre des Arbeitsstudiums Teil 2 Datenermittlung, S. 263

¹²⁵ Vgl. KÜNSTNER, G.: REFA in der Baupraxis Teil 2 Datenermittlung, S. 66

¹²⁶ Vgl. KÜNSTNER, G.: REFA in der Baupraxis Teil 2 Datenermittlung, S. 66

¹²⁷ Vgl. VERBAND FÜR ARBEITSSSTUDIEN - REFA: Methodenlehre des Arbeitsstudiums Teil 2 Datenermittlung, S. 263

Die Schritte 1 bis 5 gehören zum Planen, der Schritt 6 zum Ausführen, die Schritte 7 und 8 zum Auswerten.

Eine MM-Aufnahme kann nicht selten mehrere Wochen dauern. Deshalb muß auf ihre Planung besonders Wert gelegt werden, damit die Ergebnisse tatsächlich verwendet werden können.“¹²⁸

Das Ergebnis einer MM-Aufnahme kann beispielsweise durch extreme Witterungsverhältnisse oder durch Stillstand der Arbeiten wegen Lieferverzögerungen des benötigten Materials bei der Aufnahme verfälscht werden.

3.5.4 Statistische Auswertung der Multimomentaufnahme

„Die Zusammenhänge zwischen Vertrauensbereich, statistischer Sicherheit und Anzahl der Beobachtungen können aus der MM-Hauptformel abgelesen werden.“¹²⁹

Folgend werden die dafür benötigten Eingabeparameter und die Hauptformel vorgestellt.

Beobachtungsumfang n:

Der Beobachtungsumfang n sagt aus, wie viele Beobachtungen bei einem bestimmten prozentualen Anteil einer Ablaufart (bekannt oder geschätzt) am Gesamtablauf und einem gewählten absoluten Vertrauensbereich notwendig sind.

$$n = \frac{1,96^2 * p [\%] * (100 - p [\%])}{f [\%]^2}$$

Absoluter Vertrauensbereich in Prozent:

Der absolute Vertrauensbereich ist ein Maß zur Beurteilung der Qualität erhobener Daten. Mit seiner Hilfe wird der Streubereich der Werte einer Stichprobe begrenzt. Beim Ermitteln von Zeitdaten werden der relative sowie der absolute Vertrauensbereich genutzt.¹³⁰

Er gibt an, wie weit die ermittelten Werte vom wahren Wert abweichen bzw. abweichen dürfen. Je größer dieser gewählt wird, desto weniger Daten müssen ermittelt werden.¹³¹

¹²⁸ KÜNSTNER, G.: REFA in der Baupraxis Teil 2 Datenermittlung. S. 69

¹²⁹ KÜNSTNER, G.: REFA in der Baupraxis Teil 2 Datenermittlung. S. 67

¹³⁰ Vgl. <http://refa-consulting.de/vertrauensbereich>. Datum des Zugriffs: 15.08.2017

¹³¹ Vgl. <http://refa-consulting.de/vertrauensbereich>. Datum des Zugriffs: 15.08.2017

Die Berechnung des absoluten Vertrauensbereiches ist nachfolgend dargestellt.

$$f_i^I = \pm 1,96 * \sqrt{\frac{p [\%] * (100 - p [\%])}{n}}$$

„Statt n, p und f können auch n', p' und f' eingesetzt werden.

n = Gesamtzahl der aufgenommenen Notierungen

n' = Gesamtzahl der erforderlichen Notierungen

p = kleinster prozentualer Anteil der Ablaufart am Gesamtablauf (oder der Prozentsatz der Ablaufart, die am meisten interessiert)

p' = wie p, jedoch Erwartungswert, d.h. geschätzter Anteil in % von n

f = berechneter absoluter Vertrauensbereich in %

f' = gewünschter absoluter Vertrauensbereich in %.“¹³²

Abbildung 3-11 beschreibt diesen Zusammenhang grafisch:

Mit Bestimmung des prozentualen Anteils einer Ablaufart am Gesamtablauf und dem gewünschten absoluten Vertrauensbereich kann die erforderliche Anzahl an Beobachtungen herausgelesen werden.

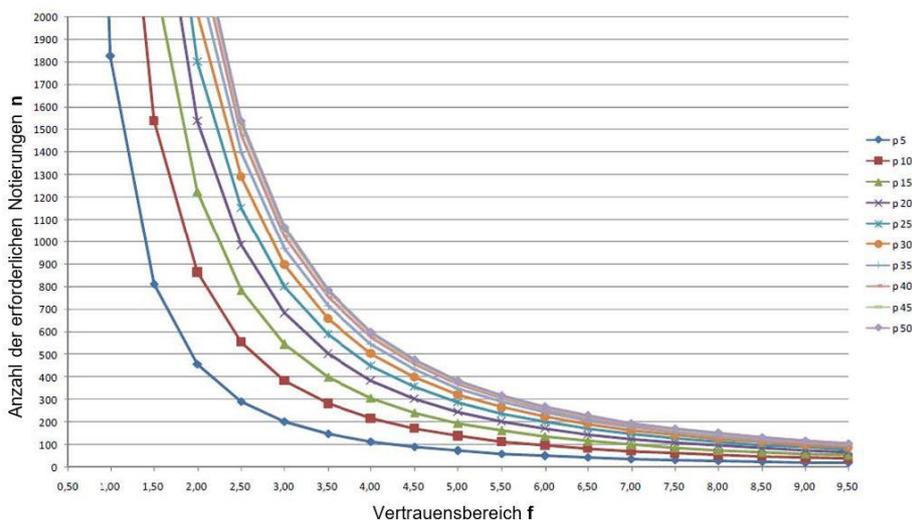


Abbildung 3-11: Erforderliche Notierungen in Abhängigkeit von Vertrauensbereich und Anteil der Ablaufart am Gesamtablauf (S = 95%)

¹³² KÜNSTNER, G.: REFA in der Baupraxis Teil 2 Datenermittlung. S. 67

4 Datenerhebung auf den Baustellen

Jedes Projekt ist mit Unsicherheiten behaftet. In der Bauindustrie ist jedes Bauwerk einzigartig und somit dessen Bauabläufe nicht exakt planbar. Hinzu kommen häufige Planänderungen. Serienfertigung ist nur selten anwendbar und nur dann möglich, wenn gleiche Arbeitsabschnitte gebildet werden.¹³³

Prozessverläufe hängen vor allem in der Gebäudetechnik stark von den gelieferten Materialien sowie den Bedingungen auf der Baustelle ab. Bei Materialien ist beim Einbau zwischen hochwertigen Markenprodukten, bei welchen Einstellungen später leicht vorgenommen werden können und billigeren Produkten, bei denen die Einstellungen manuell, umständlich und vor dem Einbau getätigt werden müssen, zu differenzieren. Die Art des Bauvorhabens, Neubau oder Sanierung, hat ebenso einen wesentlichen Einfluss auf die Arbeitsprozesse.

4.1 Methode der Datenerhebung

4.1.1 Methodenauswahl - Multimomentaufnahme MMA

Zur Aufnahme der Daten wurde die Multimomentaufnahme gewählt (Kapitel 3.5.3). Zu Beginn der Aufnahmen war es noch unklar, wie viele Personen beobachtet werden sollen bzw. können. Außerdem war bekannt, dass Arbeiten oft unterbrochen und zu einem anderen Zeitpunkt wieder aufgenommen werden. Durch die anfangs unbekannte Zahl an zu untersuchenden Baustellen war es nicht möglich abzuschätzen, welche Übersichtlichkeit die Arbeitsplätze bieten würden.

Eine Messung mittels Einzelzeiten/Fortschrittszeiten wäre durch diese Ausgangssituation nicht möglich gewesen. Diese eignen sich besonders bei lückenlosen zyklischen Arbeiten, was auf Baustellen meist nicht der Fall ist.

¹³³ Vgl. RIEDIGER, H.-G.; STEINMETZGER, R.: Rationalisierung im Baubetrieb: Möglichkeiten der REFA-Methodenlehre. In: Nr. 1/2000. S. 44

4.1.2 Erforderlicher Beobachtungsumfang

Die Autoren haben sich vor Beginn dieser Arbeit dafür entschieden, einen Vertrauensbereich von 4% bei einer statistischen Sicherheit von 95% anzustreben. Die 95% sind aus Sicht der Literatur und auch aus den Überlegungen der Autoren vollkommen ausreichend, um Aufwandswerte für die Baubranche zu bestimmen. „Mit anderen Worten: es ist nach Abschluß der Multimomentaufnahme sicher (95% Sicherheit), daß der wahre, jedoch unbekannte Anteil der Ablaufart weniger als 4% von dem Multimomentenergebnis abweicht.“¹³⁴

Dieses Ziel setzt voraus, dass ein Beobachtungsumfang von max. 600, bei einem prozentualen Anteil der Tätigkeit am Aufwandswert von 50%, erreicht wird.

Wie man in Abbildung 4-1 sieht, verbessert sich mit höherem Beobachtungsumfang der absolute Vertrauensbereich, was anzustreben ist. Ziel der Beobachtungen war es, so viele Notierungen, wie in gegebener Zeit (ca. 3 Monate) möglich, aufzunehmen.

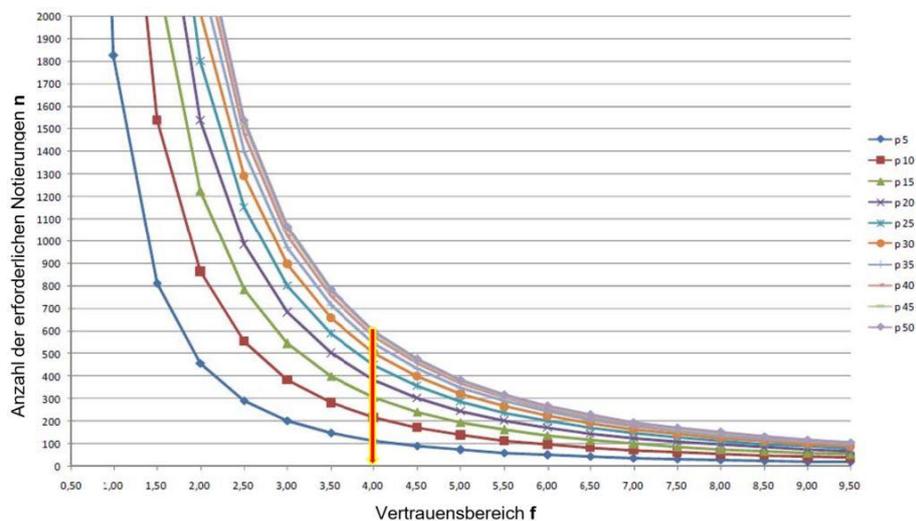


Abbildung 4-1: Erforderliche Notierungen in Abhängigkeit von Vertrauensbereich und Anteil der Ablaufart am Gesamtablauf (S = 95%)

¹³⁴ KÜNSTNER, G.: REFA in der Baupraxis Teil 2 Datenermittlung. S. 241

4.1.3 Datenerhebungsbögen

Die Datenerhebungsbögen wurden für jede Baustelle und Ablaufart einzeln erstellt. In Abbildung 4-2 ist exemplarisch ein Datenerhebungsbogen dargestellt. Im linken oberen Rand sieht man die Bezeichnung der Baustelle, das Datum, das Kürzel für den beobachteten Arbeiter und den Namen des Subunternehmens, falls eines beschäftigt war. Oben in der Mitte sieht man den Beginn der Datenaufnahme, das Datum und die Mittagspause. Die Ablaufarten wurden in Haupt-, Neben- und zusätzliche Tätigkeiten in der oberen Hälfte gegliedert. In der unteren Hälfte befinden sich ablaufbedingte, störungsbedingte, erholungsbedingte, persönlich bedingte Unterbrechungen und der Posten „Nicht erkennbar“.

Nach den ersten Probedurchläufen wurde das Intervall auf eine Minute gesetzt, da jeder Arbeiter einzeln und durchgehend beobachtet werden musste. Da die Arbeiten immer in Teams, welche aus zwei Personen bestanden, erledigt wurden und deren Arbeitsplatz ständigen Positionsänderungen unterworfen war, waren Rundgänge sowie die Beobachtung mehrerer Teams nicht möglich. Zudem hätte man die Arbeiter teilweise nicht mehr wiedergefunden, da sie auch nicht zwingend beobachtet werden wollten. Durch die Tatsache, dass durchgehend im Innenraum beobachtet wurde und ständige Raumwechsel stattfanden, konnten auch keine Kameras angebracht werden.

Der Datenerhebungsbogen für den Kabelzug der EDV (IT-Übertragungskabel) ist in Abbildung 4-2 ersichtlich.

4.2 Die beobachteten Baustellen

4.2.1 Baustelle MED CAMPUS

Alle Informationen bezüglich der Baustelle stammen aus der Projektbeschreibung der Hereschwerke Regeltechnik GmbH:

Allgemein

Das Projekt MED CAMPUS Hauptbaukörper (HBK) – Modul 1 ist der zweite von drei Bauabschnitten für den von 2012 bis 2018 zu errichtenden MED CAMPUS GRAZ mit insgesamt ca. 96.000 m² BGF. Es ist Bestandteil des Programms MED CAMPUS GRAZ der Medizinischen Universität Graz und wird in unmittelbarer Nachbarschaft und enger Verbindung zum Neubau der vorklinischen Forschungs- und Lehrflächen der MUG errichtet.

Baukörper

Der HBK - Modul 1 weist im Grundriss eine Gesamtlänge von ca. 210 m und eine Gesamtbreite von ca. 60 m auf. Der Baukörper besteht aus den großflächigen Bereichen UG, EG, OG01 und den als sechs nach NW/SO ausgerichteten Einzeltrakten der Regelgeschosse vom OG02 bis OG06. Die Querverbindung der sechs Trakte sowie die Anbindung an das Zentrum für Wissens- und Technologietransfer (ZWT) erfolgt geschossweise mit offenen oder geschlossenen Verbindungsbrücken. Der Gebäudeabstand zwischen den Baukörpern beträgt ca. 4 bzw. 6 m.

Durch die Auflösung des Baukörpers in Einzeltrakte entsteht auf Ebene OG02 eine Campusebene, die mit Realisierung des dritten Bauabschnittes (HBK - Modul 2) an das Gelände des Landeskrankenhauses (LKH) angebunden wird.

Mit den 8 Geschossen (5 Regelgeschosse OG02 - OG06, OG01, EG und UG) fällt das Gebäude in die Kategorie Hochhaus mit einem Fluchtniveau < 32 m. Die Regelgeschosshöhe beträgt 4,20 m. Die Gesamthöhe vom Gebäude inkl. Untergeschoss beträgt ca. 35,50 m. Die Gebäudehöhe über Gelände ist max. 30,30 m.

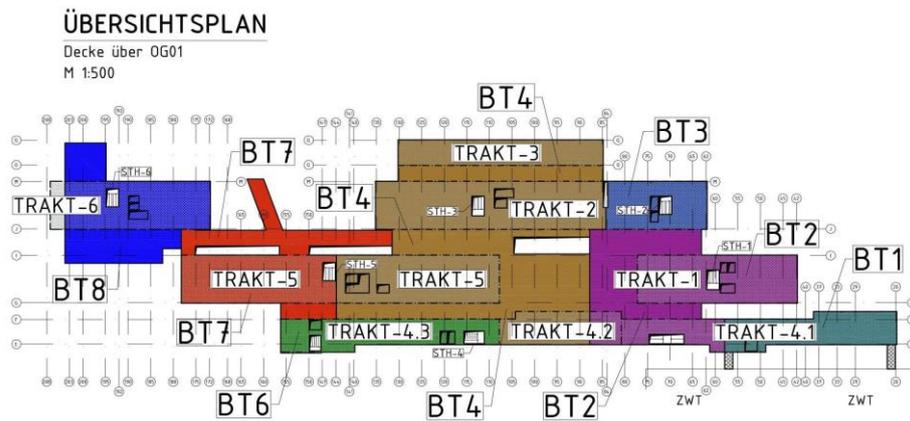


Abbildung 4-3: MED CAMPUS - Modul 1 Übersichtsplan Bauteil 1-8

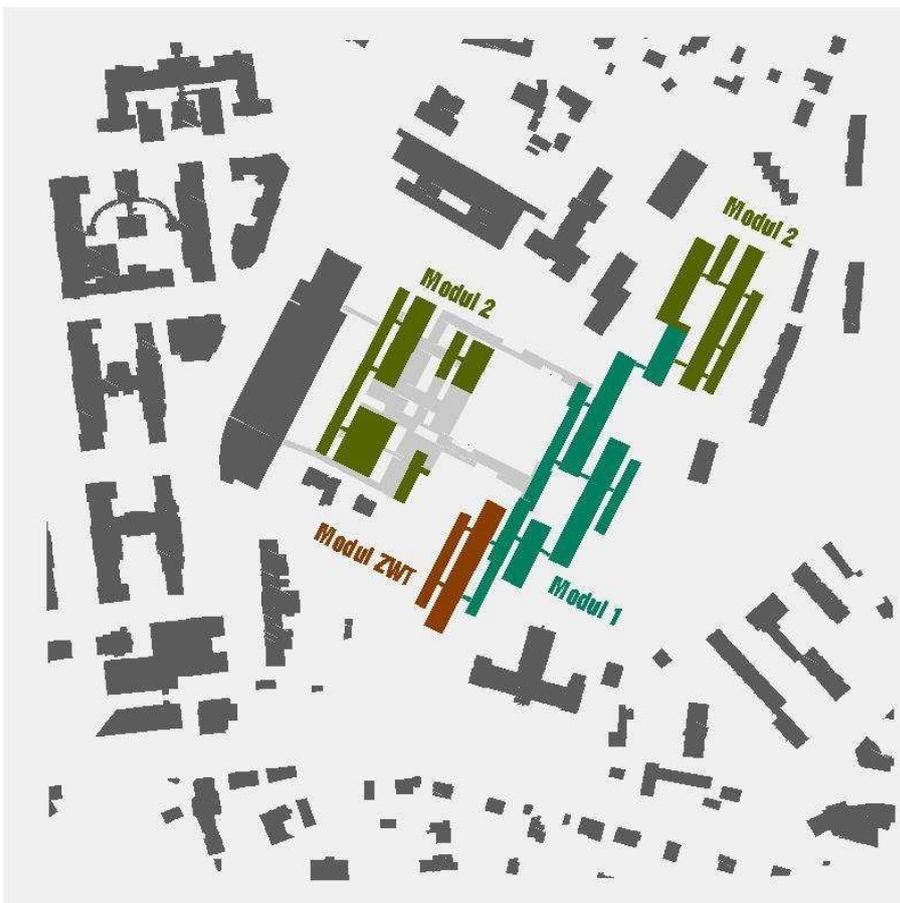


Abbildung 4-4: MED CAMPUS - Lageplan Module

- 1. Bauabschnitt: Zentrum für Wissens- und Technologietransfer
- 2. Bauabschnitt: Hauptbaukörper - Modul 1
- 3. Bauabschnitt: Hauptbaukörper - Modul 2 (M2-Ost und M2-West)

Nutzung

Die Flächen im UG stehen als Tiefgarage, Technik- und Lagerflächen sowie als Institutsflächen für spezielle Nutzungen zur Verfügung. Die zusammenhängenden Geschoßflächen EG und OG01 werden vorwiegend für die allgemeine Lehre mit zweigeschossigem Hörsaalzentrum mit Aula und Seminarbereich, für die spezielle Lehre und als Infrastrukturf Flächen genutzt. Die zentrale Probenannahme des Hygieneinstitutes befindet sich ebenfalls im EG. Die Einzeltrakte der Regelgeschosse bestehen aus breiten Baukörpern mit Erschließungs- und Infrastruktorkernen für vorwiegende Labornutzung sowie schmalen Baukörpern mit vorwiegender Büronutzung.

Der HBK - Modul 1 umfasst eine Bruttogrundfläche von 44.824 m², eine Nettoraumfläche von ca. 40.178 m² sowie eine Nutzfläche von ca. 20.812 m². Dachflächen werden zur Aufstellung von Haustechnikgeräten verwendet, verbleibende Flächen werden begrünt.

Die Hauptzugänge befinden sich im Erdgeschossbereich des Hörsaalzentrums. Über eine repräsentative Treppenanlage sowie über innenliegende Erschließungs-/Infrastrukturkerne mit Treppen und Aufzügen erfolgt die vertikale Verteilung. Weitere Zugänge UG bis OG02 befinden sich im Bereich der Erschließungskerne.

Alle Labore wurden entsprechend einem Raster von 1,15 Metern entwickelt, wodurch eine hohe Effizienz in der Abfolge Arbeitstisch-Verkehrsfläche-Arbeitstisch ermöglicht wird. Ein weitgehend variabler Ausbau von Laborflächen ist in der Planung berücksichtigt worden. Die Planung der Büroflächen ermöglicht verschiedene Nutzungsvarianten, sowohl Zellenbüros, Kombibüros als auch Großraumbüro können realisiert werden. Die Umsetzung des Rasters von 1,15 Metern über das komplette Projekt ermöglicht ein hohes Maß an Flexibilität in der Planung und für spätere Umbauten.

Nachhaltigkeit

Der Gebäudekomplex HBK - Modul 1 soll sich durch eine sehr hohe Energieperformance und ökologische und ökonomische Nachhaltigkeit auszeichnen. Die umfassende nachhaltige Konzeption umfasst alle wesentlichen Parameter aus den Bereichen Architektur, Energy Design, Gebäudetechnik, Bauphysik und Laborplanung.

Haustechnik

Hauptschwerpunkt des ökologisch und ökonomisch nachhaltigen Energiekonzeptes für den HBK sollen möglichst geringe Lebenszykluskosten der einzelnen Bereiche sein. Sämtliche Energien sollen so gut wie rückgewonnen und sinnvoll in das Gebäude zurückgespeist werden.

Auflistung der vorgesehenen Maßnahmen:

- *Wärmerückgewinnungssysteme bei den Lüftungsanlagen*
- *Freie Kühlung der Kälteerzeugung*
- *Wärmerückgewinnung der Kälteerzeugung über Rückkühler - Thermische Solaranlage*

Die Wärmeversorgung des gegenständlichen Objektes bezieht Geothermie aus Erdsonden sowie aus Energiepfählen bzw. Fernwärme aus dem Versorgungsnetz. Die Luftheritzer der Lüftungsanlagen bzw. die Nachheizregister in den Labors bzw. Auswertebereichen sind generell mit variablen Volumenstromreglern ausgestattet bzw. werden vom Niedertemperaturnetz (max.40°C) versorgt. Die Heizdecke wird ebenfalls über Niedertemperatur (38°C) versorgt.

Die Nachheizregister der einzelnen Laborräume nach den Volumenstromreglern werden teilweise über die WRG des Rückkühlerkreises der Kälte mit Niedertemperaturwarmwasser bzw. über die Geothermie versorgt.

Beschreibung Tragwerkskonstruktion

Aufgrund der gegebenen Geometrie und Spannweiten wird die Tragstruktur de Gebäudes hauptsächlich aus Stahlbetonbauteilen zusammengesetzt. Die Abtragung der auftretenden vertikalen Lasten erfolgt über die Stützen in der Fassadenebene sowie durch die innen liegenden Stützen. Die Stützen werden hauptsächlich in Ortbeton ausgeführt. Die Stiegen- und Liftkerne tragen ebenfalls vertikale Lasten ab. Die Abtragung der Gebäudelasten in den Baugrund erfolgt über eine kombinierte Pfahl-Plattengründung.

Die Gebäudeaussteifung erfolgt über die innen liegende Stiegen- und Liftkerne bzw. über die sonstigen Stahlbetonwände. Die Geschossdecken dienen als horizontale Aussteifungsscheiben. Das gesamte Bauwerk wird durch Bauteilfugen in 7 einzelne Bauteile untergliedert. Die Ausbildung von Bauteilfugen dient dazu, Beanspruchungen aus Schwinden, Temperatur und Differenzsetzungen zu minimieren.

Die Bauteilfugen werden bis auf die Bodenplattenoberkante geführt. Die Bodenplatte wird fugenlos ausgeführt. Durch die gewählte Betonierreihenfolge soll sichergestellt werden, dass die Zwängungen aufgrund des Schwindens des Betons auf ein Minimum reduziert werden. Die Abdichtung des Untergeschoßes ist als Braune Wanne konzipiert.

Überbauungen:

Im Bereich der oberen Geschosse sind die einzelnen Baukörper teilweise mit Überbauungen verbunden. Die Überbauungen befinden sich im Trakt 4 (Überbauung West) im OG04 bis OG06 sowie im Trakt 6 (Überbauung Nord) in den Geschossen 5 und 6. Diese Überbauungen werden als Stahlfachwerke mit einer Bauhöhe über 2 Geschosse konzipiert. Die Fachwerke können aufgrund der Raumaufteilungen nur in den außenliegenden Fassadenebenen ausgeführt werden. Die innen liegenden Stützen bei der Überbauung Nord werden in den untersten Ebenen über Stahlträger in die außenliegenden Stahlfachwerke ausgewechselt.

Verbindungsbrücken:

Die zwischen den einzelnen Trakten verlaufenden Verbindungsbrücken werden aus Stahlbeton hergestellt. Der Anschluss an die Geschossdecken der Trakte erfolgt gelenkig über Thermokörbe oder durch eine Lagerung mittels Konsole. Die Verbindungsbrücken zum bestehenden ZWT werden in Stahlbetonverbundbauweise ausgeführt.

Lage der Baustelle

Das Baugelände HBK - Modul 1 liegt südöstlich des LKH Graz. Die Entfernung zum Zentrum der Grazer Innenstadt beträgt ca. 3 km. Das Grundstück liegt in unmittelbarer Nähe zum Riesplatz mit Anbindung an den öffentlichen Verkehr. Der Bauplatz befindet sich nördlich des Riesplatzes bzw. der Riesstrasse und östlich der Neuen Stiftingtalstraße.

Der Bauplatz besteht aus den Grundstücken Nr. 1053/1, 1054 und 971/1, weist in Richtung NO eine stark ansteigende Topografie auf und besitzt Uferbewuchs längs des Stiftingbaches sowie Baumbepflanzung längs der südöstlichen Grundgrenze. Grundstück Nr. 1053/1 ist bebaut mit dem ersten Bauabschnitt „ZWT“ des Projektes MED CAMPUS, Grundstück 1054 ist unbebaut, auf Grundstück 971/1 befindet sich ein Kindergarten der steiermärkischen Krankenanstaltengesellschaft (KAGES) als Bestand, der in weiterer Folge abgebrochen werden soll.



Abbildung 4-5: MED CAMPUS - Bauplatz vor Baubeginn¹³⁵

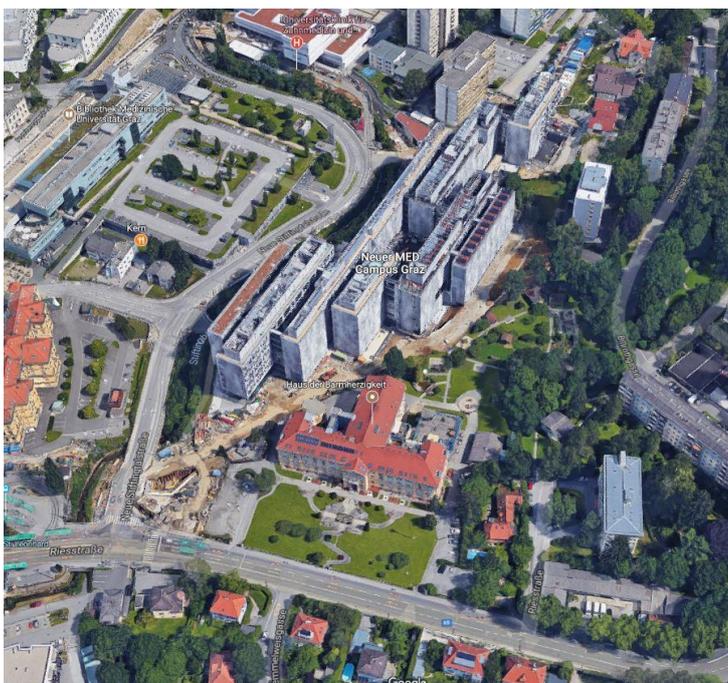


Abbildung 4-6: MED CAMPUS - Bauplatz mit Baustelle¹³⁶

¹³⁵ <https://www.google.at/maps/@47.0770699,15.4701343,419a,35y,39.24t/data=!3m1!1e3>. Datum des Zugriffs: 01.01.2007

¹³⁶ <https://www.google.at/maps/@47.0770699,15.4701343,419a,35y,39.24t/data=!3m1!1e3>. Datum des Zugriffs: 27.07.2017

Leistungen der Hereschwerke Regeltechnik GmbH

Bei diesem Bauvorhaben wurde die Hereschwerke Regeltechnik GmbH mit folgenden Leistungen beauftragt. Grob gegliedert in Stark- und Schwachstrom.

Starkstrom:

- *Mittelspannungsanlage*
- *Notversorgung Diesel/Netzersatzanlage*
- *Elektromagnetische Verträglichkeit (EMV) Maßnahmen*
- *Niederspannungshauptverteilung*
- *Energieverteilung Stromschienen*
- *Licht- Kraft und Schuko Installationen*
- *Not- und Sicherheitsbeleuchtung*
- *Umformer und Kompensation*
- *Beleuchtung*
- *Elektroheizungs- und Warmwassergeräte*
- *Sonnenschutzsteuerung*
- *Brandabschottung*
- *Erdung/Blitzschutz*
- *Schrankenanlage*

Schwachstrom:

- *Brandmeldeanlage*
- *Objektfunkanlage*
- *Strukturierte Verkabelung*
- *Behindertennotrufanlage*
- *Höranlage*
- *Türsprechanlage*
- *Uhrenanlage*

4.2.2 Baustelle BHAK/BORG Monsbergergasse

Allgemein

„Die Handelsakademie (HAK) ist eine berufsbildende höhere Schule (BHS) in Österreich, deren Schwerpunkt eine kaufmännische und betriebswirtschaftliche Ausbildung der Schüler ist. Handelsakademien gehören zu den österreichischen Schulen, die nach fünf Jahren mit der Matura abschließen und deren Absolventen daher studienberechtigt sind.“¹³⁷

„Das Oberstufenrealgymnasium (ORG) ist eine spezielle Schulform österreichischer Gymnasien. Es wird nur in der Oberstufe angeboten; der Übertritt ist entweder von der Unterstufe eines Gymnasiums oder von der 4. Klasse Hauptschule möglich (8. Schulstufe). Das Bundesoberstufenrealgymnasium als Bundesschule wird mit BORG bezeichnet.“¹³⁸

Nachfolgende Informationen bezüglich der Baustelle stammen aus der Projektbeschreibung der Hereschwerke Regeltechnik GmbH:

Das Projekt BHAK/BORG Monsbergergasse umfasst drei Bauabschnitte die von 2016 bis 2018 ausgeführt werden.

Tabelle 4-1: MG - Bauabschnitte bis 2018

	Bauabschnitt I (2016)	Bauabschnitt II (2017)	Bauabschnitt III (2018)
KG	ca. 1600 m ² BGF	ca. 2810 m ² BGF	ca. 200 m ² BGF
EG	ca. 2940 m ² BGF	ca. 1790 m ² BGF	ca. 2730 m ² BGF
1.OG	ca. 2450 m ² BGF	ca. 1690 m ² BGF	
2.OG	ca. 1360 m ² BGF	ca. 1360 m ² BGF	

Dabei handelt es sich um Sanierungsmaßnahmen der Bundeshandelsakademie und des Bundesoberstufenrealgymnasiums. Die Maßnahmen finden hauptsächlich in der unterrichtsfreien Zeit statt.

In Abbildung 4-7, Abbildung 4-8, Abbildung 4-9 und Abbildung 4-10 sind die Führungspläne der Bauabschnitte ersichtlich.

¹³⁷ <https://de.wikipedia.org/wiki/Handelsakademie>. Datum des Zugriffs: 29.07.2017

¹³⁸ <https://de.wikipedia.org/wiki/Oberstufenrealgymnasium>. Datum des Zugriffs: 29.07.2017

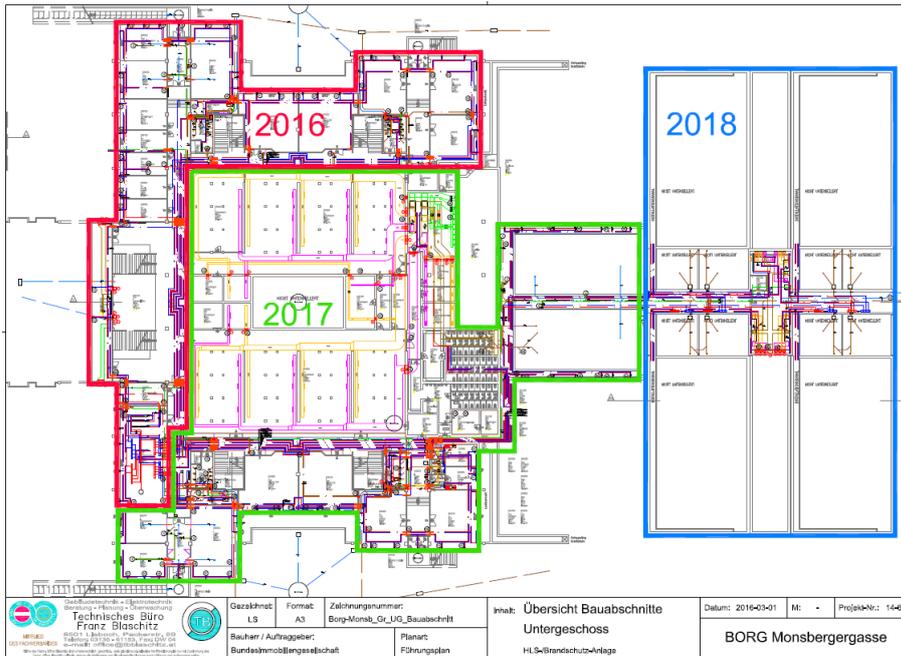


Abbildung 4-7: BORG - Führungsplan: Untergeschoss

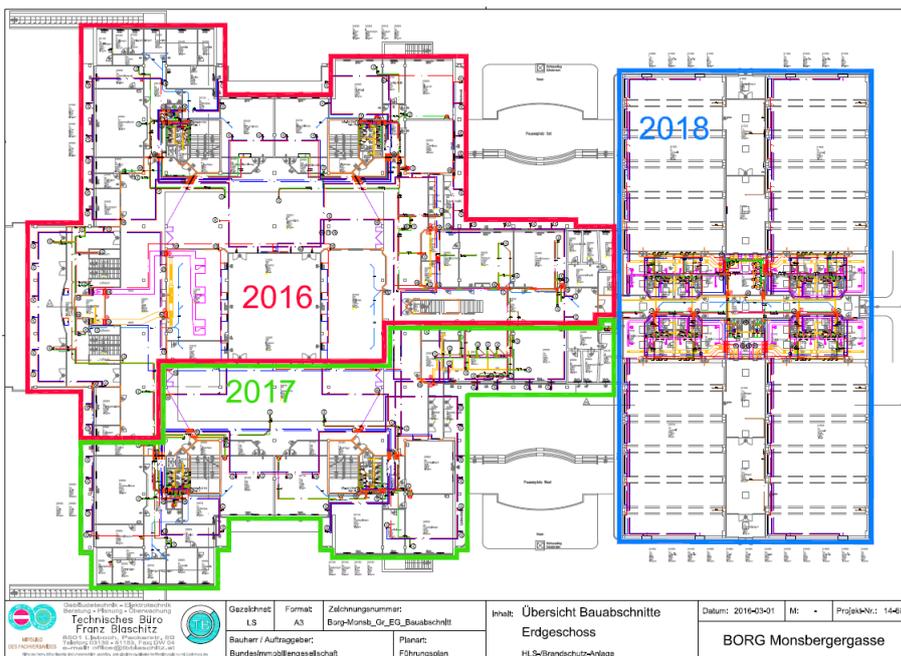


Abbildung 4-8: BORG - Führungsplan: Erdgeschoss

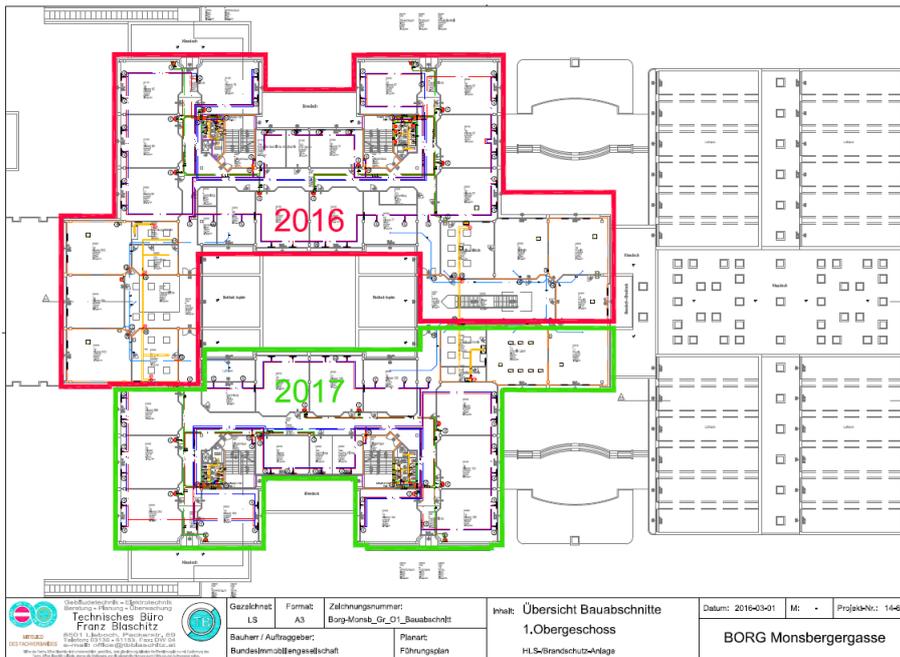


Abbildung 4-9: BORG - Führungsplan: 1. Obergeschoss

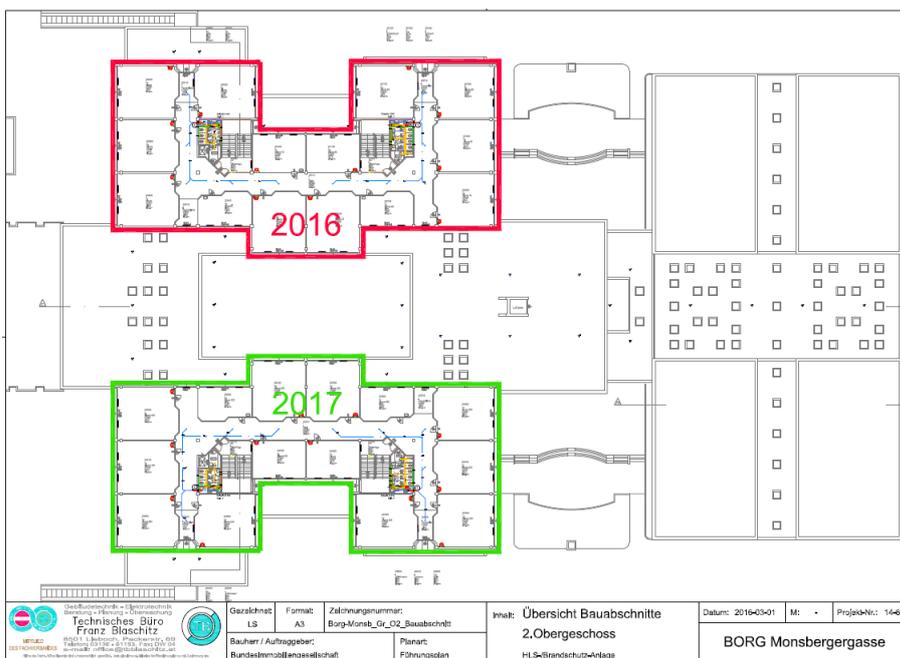


Abbildung 4-10: BORG - Führungsplan: 2. Obergeschoss

Lage der Baustelle

Das Gebäude befindet sich 300 m südöstlich der Messe Graz und ist 2,5 km vom Grazer Zentrum entfernt. Das Gebäude steht südlich der Fröhlichstraße und westlich der Münzgrabenstraße.



Abbildung 4-11: BHAKE/BORG Monsbergergasse - Lage¹³⁹

Leistungen der Hereschwerke Regeltechnik GmbH

Bei diesem Bauvorhaben wurde die Hereschwerke Regeltechnik GmbH mit folgenden Leistungen beauftragt.

- Verteiler und Messanlagen
- Installation
- Schalter und Steckdosen
- Heizung/Klima/Lüftung/Sanitär (HKLS) – Mess-, Steuerungs- und Regelungstechnik (MSR)
- Brandmeldeanlage
- Schutzmaßnahme – Nullung mit Zusatzschutz
- Sicherheitsbeleuchtung
- Planung und Dokumentation

¹³⁹

<https://www.google.at/maps/place/Monsbergergasse+16,+8010+Graz/@47.0557141,15.4506693,17z/data=!3m1!4b1!4m5!3m4!1s0x476e4a90bf1f15db:0xf26aa3139165eb1!8m2!3d47.0557141!4d15.452858>. Datum des Zugriffs: 29.07.2017

4.3 Beschreibung der Beobachtungen

4.3.1 Baustelle MED CAMPUS

Auf dieser Baustelle wurde ausschließlich der Kabelzug mit verschiedenen Kabelarten beobachtet. Es war nicht möglich, Mitarbeiter der Herschwerke Regeltechnik GmbH zu beobachten, da der Kabelzug von Subunternehmern ausgeführt wurde. Die Subunternehmen beschäftigten ausschließlich slowenische Arbeitskräfte.

Vor der eigentlichen Aufnahme wurden Probedurchläufe durchgeführt, um den Aufnahmebogen zu gestalten. Dadurch war es möglich, die zu beobachteten Tätigkeiten in Ablaufarten zu gliedern.

Die eigentlichen Aufnahmen fanden immer zu unterschiedlichen Zeitpunkten statt, da die Planung teilweise sehr kurzfristig geändert wurde. Hauptansprechpartner zur Koordination der Aufnahmen war Dipl.-Ing. Franz Leitinger, der uns neben seiner Arbeit als Projektleiter tatkräftig unterstützte. Die Organisation und Kommunikation auf der Baustelle fand in Absprache mit dem jeweiligen verantwortlichen Polier, der über Deutschkenntnisse verfügte, statt.

Da die Baustelle im finalen Stadium war, also kurz vor Fertigstellung, gab es einige wichtige Komplementierungsarbeiten, die vorrangig zu erdigen waren. Deshalb war es schwierig die Aufnahmen mit entsprechend großer Vorlaufzeit durchzuführen. Probedurchläufe sowie die eigentlichen Aufnahmen mussten dadurch teilweise am selben Tag durchgeführt werden. Dabei mussten die Aufnahmebögen teils zwischen den Durchläufen auf der Baustelle erstellt werden. Diese Herausforderung konnte jedoch durch gute Zusammenarbeit mit der Herschwerke Regeltechnik GmbH gelöst werden.

Faktoren wie häufige Planänderungen, viele Schnittstellen in der Organisation und Kommunikation erschwerten die Planung und Durchführung der Zeitaufnahmen.

Während der Aufnahmen gab es Verständigungsprobleme aufgrund der verschiedenen Sprachen und zusätzliche Schwierigkeiten durch unkooperatives Verhalten der zu beobachtenden Personen.

4.3.2 Baustelle BHAK/BORG Monsbergergasse

Hier war es möglich mehrere Tätigkeiten im Zuge der Sanierungsmaßnahme zu beobachten.

Aufnahmen konnten beim Einbau der Brandmeldeleitung, des Brüstungskanals und der Sicherheitstechnik durchgeführt werden.

Ausgeführt wurden die Arbeiten von Mitarbeitern der Hereschwerke Regeltechnik GmbH sowie für diese Baustelle zusätzlich eingestellten Leiharbeitern.

Vor der eigentlichen Aufnahme wurden Probedurchläufe durchgeführt um den Aufnahmebogen zu gestalten. Dadurch war es möglich, die zu beobachteten Tätigkeiten in Ablaufarten zu gliedern.

Die eigentlichen Aufnahmen fanden zu unterschiedlichen Zeitpunkten statt, da die Planung teilweise sehr kurzfristig geändert wurde. Hauptansprechpartner zur Koordination der Aufnahmen war Herr Wolfgang Fürnschuss. Die Organisation und Kommunikation auf der Baustelle fand mit ihm statt.

Die Aufnahmen waren unproblematisch. Die Kooperation, Motivation und Hilfsbereitschaft aller Arbeiter war erkennbar. Die Arbeitskräfte zeigten Interesse an ihrer eigenen Leistung.

5 Datenauswertung MED CAMPUS

Auf der Baustelle des medizinischen Campus Graz wurde ausschließlich der Kabelzug beobachtet. Das Ziel war es, Aufwandswerte für den Einbau von Kabel der Stärke bis $3 \times 2,5 \text{ mm}^2$ und Kabel der Stärke größer als $3 \times 2,5 \text{ mm}^2$ bis $5 \times 6 \text{ mm}^2$ getrennt zu ermitteln. Jedoch war eine klare Trennung nicht möglich da verschiedene Kabelquerschnitte gleichzeitig eingebaut wurden. Zur besseren Differenzierung werden im Folgenden die Kabel der Stärke bis $3 \times 2,5 \text{ mm}^2$ als dünnes, und Kabel größer als $3 \times 2,5 \text{ mm}^2$ bis $5 \times 6 \text{ mm}^2$ als dickes Kabel bezeichnet. Ebenso sollte der Einbau von IT-Übertragungskabel beobachtet werden.

5.1 Kabelzug bis $5 \times 6 \text{ mm}^2$



Abbildung 5-1: MC - Kabel bis $5 \times 6 \text{ mm}^2$



Abbildung 5-2: MC - Kabel fixiert

5.1.1 Allgemein

Der Kabelzug ist allgemein der Leistungsbeschreibung Haustechnik (LB HT), Leistungsgruppe (LG) 08 Kabel und Leitungen – Unterleistungsgruppe (ULG) 0815 Energieleitungen (Ergänzung zum Leistungsbuch) zuzuordnen.

Der im Punkt 5.1.2 ermittelte Aufwandswert für Kabelzug bis $5 \times 6 \text{ mm}^2$ kann für die Kalkulation der nachfolgenden Positionen bis zu einem Kabelquerschnitt von maximal $5 \times 6 \text{ mm}^2$ verwendet werden.

- Positionsnummer:
081501 + Energie-Aderleitung 750V, ein-, mehr- oder feindrätig, kunststoffisoliert, auf Tragsystem (z. B. H07V-U/Ye, H07V-R/Ym, H07V-K/Yf)
- Positionsnummer:
081503 + Energieleitung dreiadrig, ein-, mehr- oder feindrätig, kunststoffisoliert, auf Tragsystem (z. B. A05VV-U, -R/YM, H05VV-F/YMM)

- Positionsnummer:
081504 + Energieleitung vieradrig, ein-, mehr- oder feindrätig, kunststoffisoliert, auf Tragsystem (z. B. A05VV-U, -R/YM, H05VV-F/YMM)
- Positionsnummer:
081505 + Energieleitung fünfadrig, ein-, mehr- oder feindrätig, kunststoffisoliert, auf Tragsystem (z. B. A05VV-U, -R/YM, H05VV-F/YMM)

Folgend werden allgemeine, wichtige Informationen zur Datenaufnahme bereitgestellt. Diese bestehen aus der Gliederung der Ablaufarten des Arbeitsvorgangs und dem Beobachtungszeitraum.

5.1.1.1 Ablaufartengliederung des Kabelzugs

Die Ablaufartengliederung ist angelehnt an das LB HT. In LG 08 ist als Leistungsumfang festgesetzt, dass die Verlegart der Kabel nach Herstellerrichtlinie erfolgen muss. Es wird ebenso die notwendige Bezeichnung der Kabel und das Ausschreiben von Tragsystemen in eigenen Positionen, falls diese nötig sind, erwähnt. Auch der Schutz der Kabel nach Einbau muss gewährleistet sein. Die ULG 0815 schreibt vor, die Energieleitungen in oder auf ein Tragsystem zu verlegen.

Die nachfolgenden Ablaufarten wurden von den Autoren aufgrund des Ablaufes auf der Baustelle bestimmt.

Haupttätigkeit

- Kabel abrollen, vorbereiten, abschneiden
- Kabel ziehen
- Kabel fixieren
- Kabel beschriften

Nebentätigkeit

- Plan lesen
- Leiter holen, aufstellen
- Werkzeug holen
- Kabel auspacken
- Montieren (Bohren, Schneiden, Sägen)
- Anzeichnen inklusive festlegen der Installationswege + Ausmessen
- Kabel holen

Zusätzliche Tätigkeit

- Abstimmung mit den maßgebenden Gewerken auf der Baustelle
- Abfälle beseitigen
- Kontrolle der Kabel

Ablaufbedingte Unterbrechung

- Telefonieren
- Arbeitsplatzwechsel
- Warten während der Tätigkeit

Störungsbedingte Unterbrechung

- Ungenau, unverständliche Planung (Subunternehmer versteht den Plan nicht)
- Fehlende Führung (Arbeiter bekommt keine Anweisung seitens seiner Firma)
- Ungenaue Ausführung der Vorarbeiten (z. B. Zu geringe Platzverhältnisse)
- Fehlendes Material

Erholungsbedingte Unterbrechung

- Stehen, zuschauen, nichts tun (Erschöpfung)

Persönlich bedingte Unterbrechung

- Eigene Pause (Rauchen, Toilettengang, etc.)

Nicht erkennbar

- Nicht im Sichtbereich
- Nicht erkennbare Tätigkeit

5.1.1.2 Beobachtungszeitraum

In Tabelle 5-1 sind die jeweiligen Beobachtungstage, beobachtete Personenanzahl sowie die aufgenommene Zeit aufgelistet.

Tabelle 5-1: MC - Beobachtungszeitraum Kabelzug bis 5x6 mm²

Tag	04.07.2016	05.07.2016	08.07.2016	11.07.2016	12.07.2016
Personen	2	2	2	2	3
Dauer [h]	3,2	7,3	4,1	8	3,9

5.1.2 Aufwandswerte

Im Punkt 5 wurde erläutert, dass eine Trennung wegen des simultanen Einbaus der dicken und dünnen Kabel nicht möglich war. Deshalb wurde die Trennung prozentual vorgenommen.

Wenn die Kabel einzeln gezogen wurden, wurde die Zeit der Haupttätigkeit direkt dem jeweiligen Kabel zugewiesen. Beim gleichzeitigen Einbau wurde die Zeit der Haupttätigkeit jeweils zu 50% aufgeteilt.

Alle anderen Zeiten, wie Nebentätigkeiten etc. wurden, bezogen auf den prozentualen Anteil an Einbaulänge am Gesamteinbau, den Kabelquerschnitten zugewiesen.

Diese Methode wurde von den Autoren selbst gewählt. Die Vorgehensweise bei parallelem Einbau sowie die prozentuale Aufteilung aller anderen Zeiten beruht auf einer subjektiven Einschätzung. Deshalb wird auf den statistischen Nachweis der Aufwandswerte für dicke und dünne Kabel verzichtet.

Nur der gemischte Gesamtaufwandswert wird im Punkt 5.1.2.3 statistisch nachgewiesen.

5.1.2.1 Aufwandswert für Kabelzug bis 3x2,5 mm²

Für die Ermittlung des Aufwandswertes wurden die Zeiten der Ablaufarten aus der Abbildung 5-3 herangezogen. Diese wurden auf der Baustelle gemessen. Insgesamt wurden dabei **698 m** an Kabel gezogen.

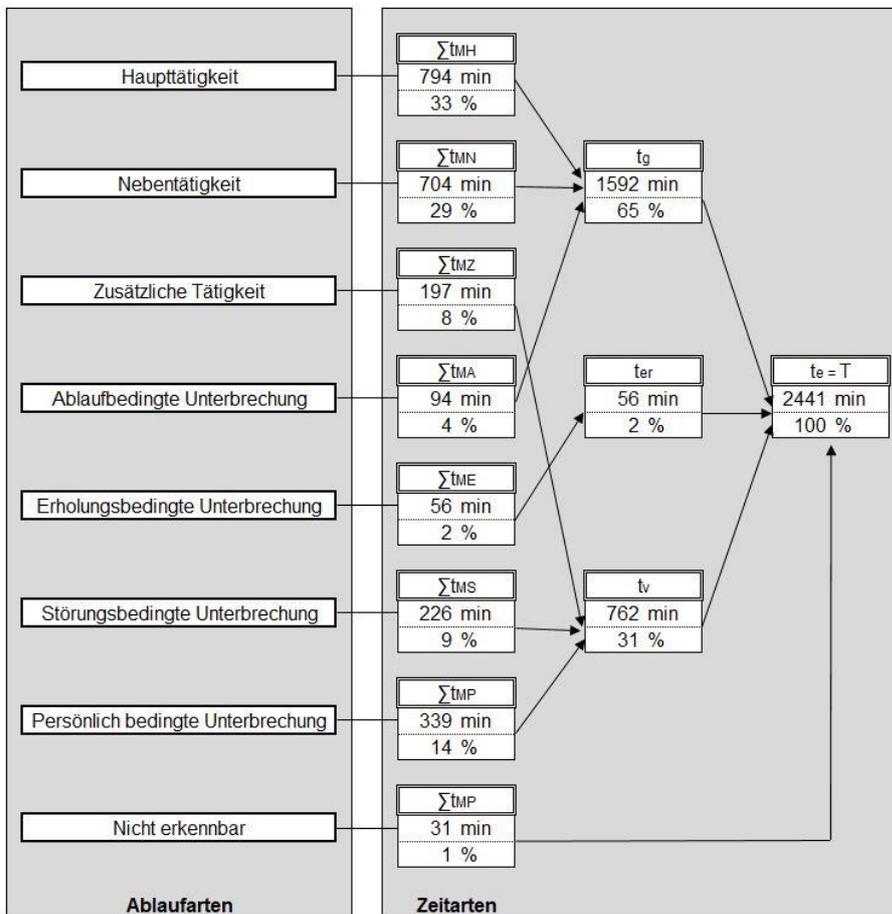


Abbildung 5-3: MC - Zeiten für Aufwandswert Kabelzug bis 3x2,5 mm²

$$\text{Aufwandswert} \left[\frac{\text{min}}{\text{m}} \right] = \frac{\Sigma \text{Lohnstunden} [\text{min}]}{\text{Eingebaute Kabellänge} [\text{m}]}$$

$$AW_{K, \leq 3 \times 2,5 \text{ mm}^2} = \frac{2441 \text{ min}}{698 \text{ m}} = 3,50 \frac{\text{min}}{\text{m}}$$

5.1.2.2 Aufwandswert für Kabelzug > 3x2,5 mm²

Für die Ermittlung des Aufwandswertes wurden die Zeiten der Ablaufarten aus der Abbildung 5-4 herangezogen. Diese wurden auf der Baustelle gemessen. Insgesamt wurden dabei **238 m** an Kabel gezogen.

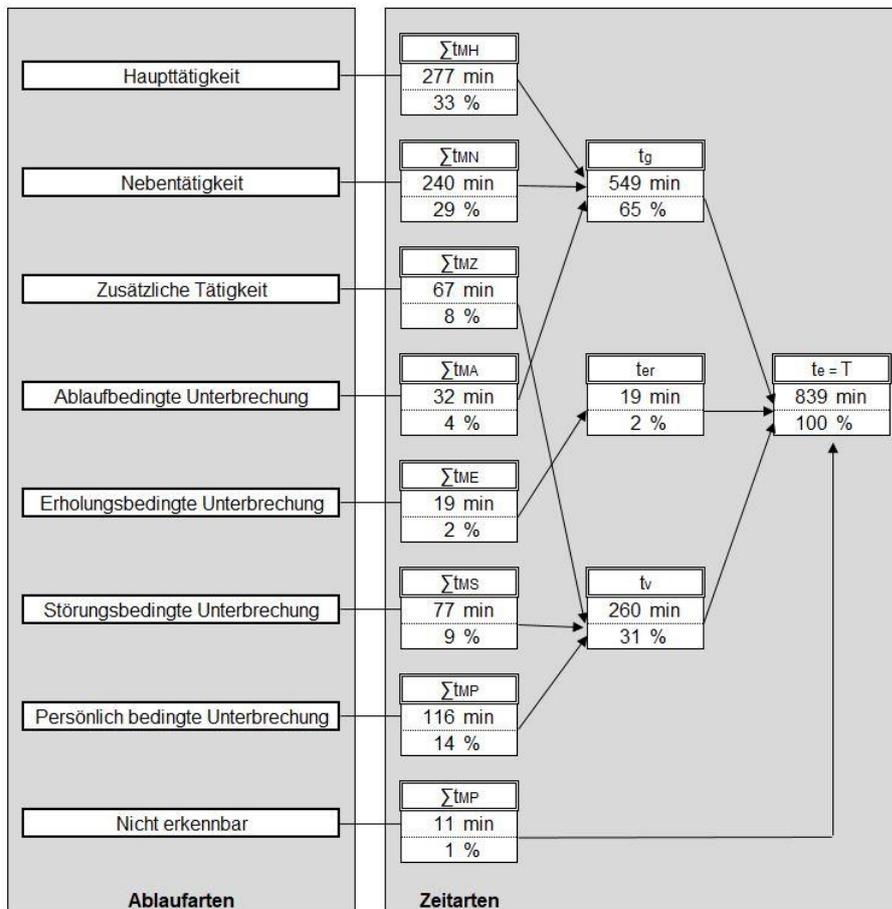


Abbildung 5-4: MC - Zeiten für Aufwandswert Kabelzug > 3x2,5 mm²

$$\text{Aufwandswert} \left[\frac{\text{min}}{\text{m}} \right] = \frac{\Sigma \text{Lohnstunden} [\text{min}]}{\text{Eingebaute Kabellänge} [\text{m}]}$$

$$AW_{K, > 3x2,5mm^2} = \frac{839 \text{ min}}{238 \text{ m}} = 3,53 \frac{\text{min}}{\text{m}}$$

5.1.2.3 Aufwandswert für Kabelzug bis 5x6 mm² (Gemischt)

Für die Ermittlung des Aufwandswertes wurden die Zeiten der Ablaufarten aus der Abbildung 5-5 herangezogen. Diese wurden auf der Baustelle gemessen. Insgesamt wurden dabei **936 m** an Kabel gezogen.

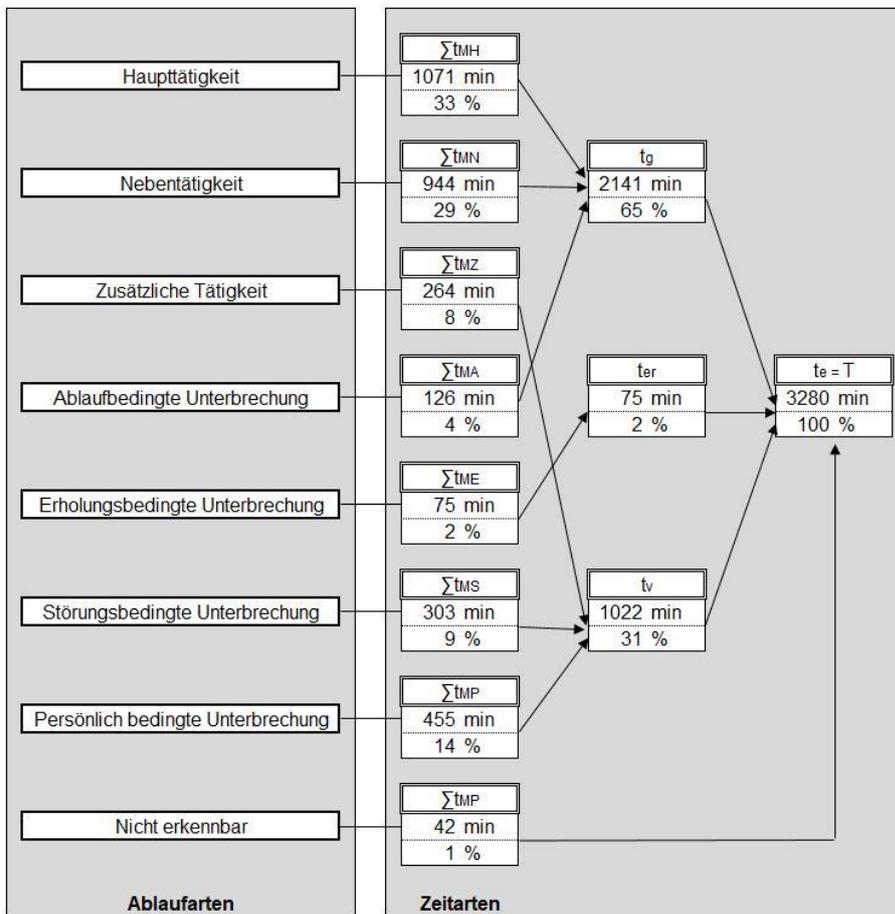


Abbildung 5-5: MC - Zeiten für Aufwandswert Kabelzug bis 5x6 mm² (Gemischt)

Absolute Vertrauensbereiche für den Kabelzug bis 5x6 mm² (Gemischt)

In Abbildung 5-6 ist die Verteilung der Zeiten graphisch dargestellt. Es werden für alle Zeitarten die absoluten Vertrauensbereiche ermittelt:



Abbildung 5-6: MC - Grundzeit/Verteilzeit/Erholungszeit – Kabelzüge

Grundzeit

$$f_i^I = \pm 1,96 * \sqrt{\frac{65\% * (100\% - 65\%)}{3280}} = \pm 1,63\%$$

Es ist nach Abschluss der Multimomentaufnahme sicher (95% Sicherheit), dass der wahre, jedoch unbekannte Anteil der Grundzeit weniger als **1,63%** von dem Multimomentergebnis abweicht.

Verteilzeit

$$f_i^I = \pm 1,96 * \sqrt{\frac{31\% * (100\% - 31\%)}{3280}} = \pm 1,58\%$$

Es ist nach Abschluss der Multimomentaufnahme sicher (95% Sicherheit), dass der wahre, jedoch unbekannte Anteil der Verteilzeit weniger als **1,58%** von dem Multimomentergebnis abweicht.

Erholungszeit

$$f_i^I = \pm 1,96 * \sqrt{\frac{3\% * (100\% - 3\%)}{3280}} = \pm 0,58\%$$

Es ist nach Abschluss der Multimomentaufnahme sicher (95% Sicherheit), dass der wahre, jedoch unbekannte Anteil der Erholungszeit weniger als **0,58%** von dem Multimomentergebnis abweicht.

Der im Punkt 4.1.2 geforderte absolute Vertrauensbereich von 4% wurde in allen Fällen unterschritten.

Ermittlung des Aufwandswertes

Wie in Abbildung 5-5 ersichtlich, setzt sich die Gesamtzeit $T = t_e$ aus t_g , t_{er} und t_v zusammen. Nachfolgend wird die Zeit je Einheit, also der Aufwandswert mit Haupttätigkeit, Nebentätigkeit und ablaufbedingten Unterbrechungen ermittelt und es werden Prozentsätze für Erholungs- (z_{er}) und Verteilzeit (z_v) angegeben und dem Aufwandswert aufgeschlagen:

$$\text{Aufwandswert} \left[\frac{\text{min}}{\text{m}} \right] = \frac{\sum \text{Lohnstunden} [\text{min}]}{\text{Eingebaute Kabellänge} [\text{m}]}$$

Aufwandswert der Grundzeit:

$$AW_{t_g, K, G} = \frac{2141 \text{ min}}{936 \text{ m}} = 2,29 \frac{\text{min}}{\text{m}}$$

Berechnung der Erholungs- (z_{er}) und Verteilzeitprozentsätze (z_v):

$$z_{er, K} = \frac{t_{er} [\text{min}]}{t_g [\text{min}]} * 100\% = \frac{75 \text{ min}}{2141 \text{ min}} * 100\% = 3,50\%$$

$$z_{v, K} = \frac{t_v [\text{min}]}{t_g [\text{min}]} * 100\% = \frac{1022 \text{ min}}{2141 \text{ min}} * 100\% = 47,73\%$$

Aufwandswert der Erholungszeit:

$$AW_{t_{er}, K, G} = \frac{z_{er, K}}{100\%} * AW_{t_g, K, G} = \frac{3,50\%}{100\%} * 2,29 \frac{\text{min}}{\text{m}} = 0,08 \frac{\text{min}}{\text{m}}$$

Aufwandswert der Verteilzeit:

$$AW_{t_v, K, G} = \frac{z_{v, K}}{100\%} * AW_{t_g, K, G} = \frac{47,73\%}{100\%} * 2,29 \frac{\text{min}}{\text{m}} = 1,09 \frac{\text{min}}{\text{m}}$$

Gesamtaufwandswert Kabelzug (Gemischt):

$$AW_{K, G} = AW_{t_g, K, G} + AW_{t_{er}, K, G} + AW_{t_v, K, G} = 3,46 \frac{\text{min}}{\text{m}}$$

5.1.2.4 Zusammensetzung der Aufwandswerte für alle Kabelzüge

Der Anteil von ca. 30% Haupttätigkeit beinhaltet unter anderem das direkte Arbeiten mit dem Kabel, worunter das Kabelziehen, Kabelfixieren und z. B. Kabelbeschriften fällt. Der hohe Anteil an Nebentätigkeiten von ebenfalls ca. 30% beinhaltet das Lesen von Plänen, Teambesprechungen, Kabel holen, Leiter holen und aufstellen etc.. Der ebenso hohe Anteil von Nebentätigkeiten rührt daher, dass sehr häufig über die Installationswege diskutiert werden musste, da die Arbeiter keine gelernten Elektriker waren. Dies wurde als größtes Problem identifiziert. Allgemein ist zu sagen, dass beim Kabelzug ein hoher Anteil an Planlesetätigkeiten sowie das Auf- und Abbauen der Leiter verlangt wird. In Abbildung 5-7 ist die Aufteilung als Tortendiagramm dargestellt.



Abbildung 5-7: MC - Zusammensetzung der Zeit für alle Kabelzüge

5.1.3 Mitarbeiteranalyse

Nachfolgend werden die einzelnen Arbeitstage analysiert, die Mitarbeiter beschrieben und die jeweiligen Arbeitstage nach Ablaufarten illustriert.

5.1.3.1 Mitarbeiterbeschreibung und Analyse der gesamten Tagesleistungen

Die Bezeichnung der Arbeitskräfte setzt sich aus Baustelle-Arbeitskraft-Vorname zusammen. Informationen zu den einzelnen Arbeitern wurden aus persönlichen Gesprächen sowie Beobachtungen entnommen.

MC-AK1-R:

- Zwischen 40 und 50 Jahre alt
- Nationalität: Slowenien
- Kein gelernter Elektriker
- Längere praktische Erfahrung
- Gute Deutschkenntnisse
- Hohe Motivation
- Bezugsperson für andere Arbeiter
- Selbstständigkeit im Lösen von Problemen

MC-AK2-D:

- Zwischen 40 und 50 Jahre alt
- Nationalität: Slowenien
- Kein gelernter Elektriker
- Wenig praktische Erfahrung
- Schlechte Deutschkenntnisse
- Niedrige Motivation

MC-AK3-W:

- Zwischen 35 und 40 Jahre alt
- Nationalität: Slowenien
- Kein gelernter Elektriker
- Praktische Erfahrung
- Mittlere Deutschkenntnisse
- Sehr niedrige Motivation

MC-AK1-B:

- Zwischen 50 und 60 Jahre alt
- Nationalität: Slowenien
- Keine Deutschkenntnisse
- Hohe Motivation

Prozentuale Gliederung aller Ablaufarten der jeweiligen Arbeitstage aller Arbeiter:

In Tabelle 5-2 sind alle Aufnahmetage und der prozentuale Anteil jeder Ablaufart aufgelistet.

Die Haupttätigkeit schwankt zwischen 23% und 46%, die Nebentätigkeit zwischen 19% und 36%, die zusätzliche Tätigkeit zwischen 0% und 18%, die ablaufbedingte Unterbrechung zwischen 0% und 12%, die störungsbedingte Unterbrechung zwischen 0% und 23%, die erholungsbedingte Unterbrechung zwischen 1% und 3%, die persönlichbedingte zwischen 5% und 19% und die nicht erkennbare Tätigkeit zwischen 0% und 4%.

Die Ursachen der Schwankungen werden für jeden einzelnen Tag nachfolgend erläutert.

Tabelle 5-2: MC - Ablaufarten in Prozent (Kabelzug)

Übersicht aller Arbeitskräfte	Datum	04.07.16	05.07.16	08.07.16	11.07.16	12.07.16	Gesamt
Baustelle: MedCampus Graz	Wo-Tag	Mo	Di	Fr	Mo	Di	
Ablaufarten							
Haupttätigkeit		41%	29%	46%	23%	35%	33%
Nebentätigkeit		29%	36%	19%	28%	29%	29%
zusätzl. Tätigkeit		0%	11%	18%	7%	4%	8%
Ablaufbedingte Unterbrechung		0%	0%	2%	3%	12%	4%
Störungsbedingt Unterbrechung		23%	3%	0%	21%	1%	9%
Erholungsbedingt Unterbrechung		2%	3%	3%	2%	1%	2%
Persönlich bedingt Unterbrechung		5%	16%	13%	13%	19%	14%
nicht erkennbare Tätigkeiten		0%	1%	0%	4%	0%	1%
	Σ	100%	100%	100%	100%	100%	100%

5.1.3.2 Mitarbeiteranalyse am 04.07.2016

Nachdem eine Übersicht über alle Arbeitstage gegeben wurde, wird nun jeder einzelne Arbeitstag betrachtet. An diesem Tag bestand das Team aus **MC-AK1-R** und **MC-AK2-D**.

Ablaufarten MC-AK1-R:

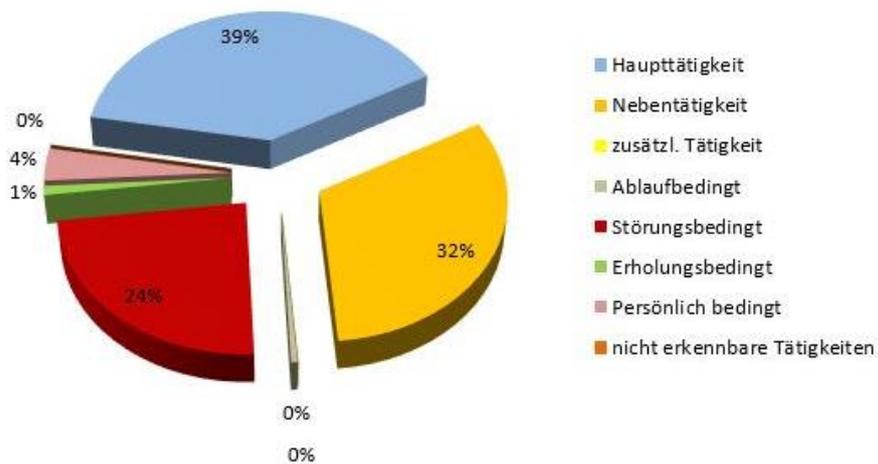


Abbildung 5-8: Ablaufarten MC-AK1-R (Kabelzug, 04.07.2016)

Ablaufarten MC-AK2-D:

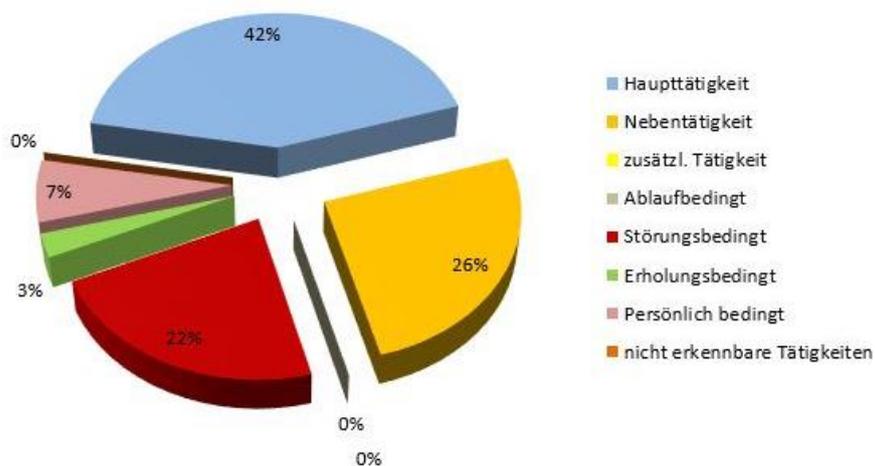


Abbildung 5-9: Ablaufarten MC-AK2-D (Kabelzug, 04.07.2016)

Tagesanalyse/Vorkommnisse/Probleme

Einbaumenge:

Tabelle 5-3: MC - Verbaute Kabel am 04.07.2016

Kabelart:	Einbaulänge:	Uhrzeit:
Energieleitung 3x2,5 mm ²	45 m	13:15 – 14:30 Uhr
Energieleitung 5x6 mm ²	45 m	13:15 – 14:13 Uhr
Energieleitung 5x1,5 mm ²	40 m	15:46 – 16:20 Uhr
Σ bis 3x2,5 mm²:	85 m	
Σ > 3x2,5 mm² bis 5x6 mm²:	45 m	

Zusätzliche Informationen:

- Aufgrund falscher Planung oder fehlendem Verständnis musste um 14:46 Uhr der Polier der Hereschwerke angerufen werden, welcher erst ca. 60 min später eintraf.
- Falsches Beleuchtungskabel (3x1,5 mm²) wurde ab 14:16 Uhr eingebaut und mussten rückgebaut werden.
- Rückbau war bis 15:45 Uhr abgeschlossen. In dieser Zeit wurde nur über den Plan diskutiert und auf den Polier gewartet. Die Zeit war nicht produktiv.

Ablaufarten aller AK:

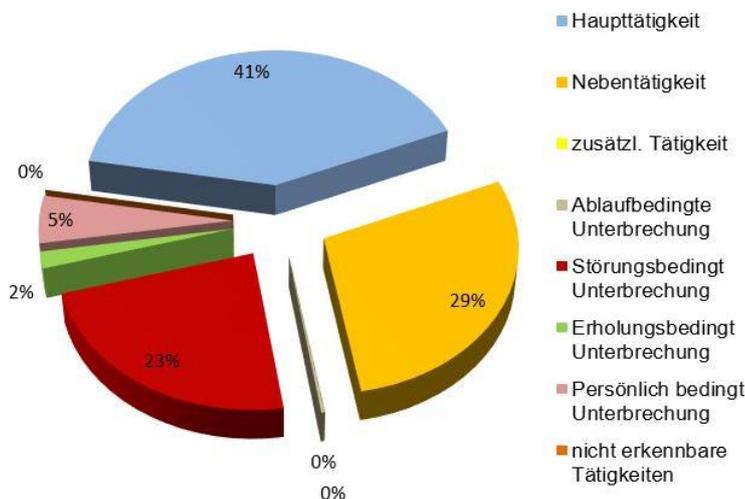


Abbildung 5-10: Ablaufarten MC-aller AK (Kabelzug, 04.07.2016)

5.1.3.3 Mitarbeiteranalyse am 05.07.2016

Das Team bestand aus MC-AK1-R und MC-AK2-D.

Ablaufarten MC-AK1-R:

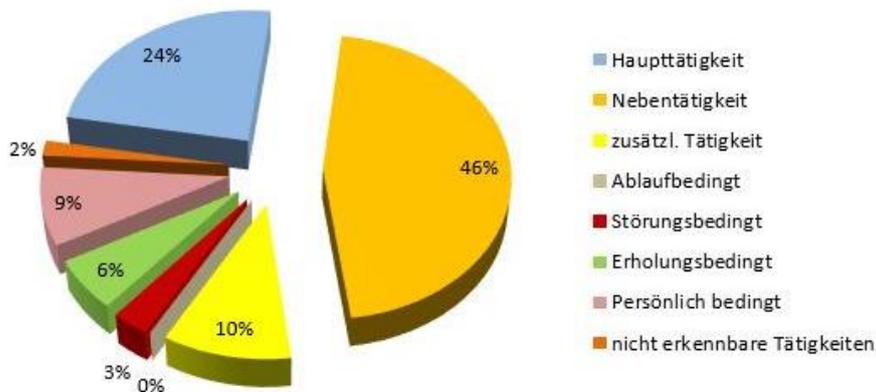


Abbildung 5-11: Ablaufarten MC-AK1-R (Kabelzug, 05.07.2016)

Ablaufarten MC-AK2-D:

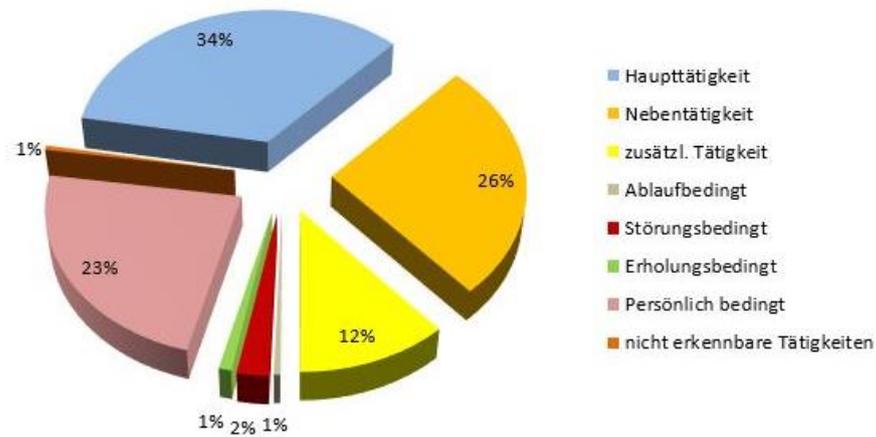


Abbildung 5-12: Ablaufarten MC-AK2-D (Kabelzug, 05.07.2016)

Tagesanalyse/Vorkommnisse/Probleme

Einbaumenge:

Tabelle 5-4: MC - Verbaute Kabel am 05.07.2016

Kabelart:	Einbaulänge:	Uhrzeit:
Energieleitung 3x2,5 mm ²	61 m	10:58 – 11:20 Uhr 11:21 – 11:45 Uhr 12:55 – 13:14 Uhr 13:42 – 14:30 Uhr
Energieleitung 4x1,5 mm ²	8 m	10:58 – 11:20 Uhr 11:21 – 11:45 Uhr
Energie-Aderleitung (Erdung)	6 m	10:58 – 11:20 Uhr 11:21 – 11:45 Uhr
Energieleitung 5x6 mm ²	85 m	08:20 – 09:30 Uhr
∑ bis 3x2,5 mm²:	75 m	
∑ > 3x2,5 mm² bis 5x6 mm²:	85 m	

Zusätzliche Informationen:

- MC-AK1-R erhielt immer wieder neue Pläne, womit seine Planung, als auch die Notizen über bereits verlegte Kabel abhandeln kamen. Dies führte zu häufigem Planlesen und erhöhter Kontrolle von bereits eingebauten Kabeln. MC-AK1-R meinte, dass die Arbeitsleistung somit auf die Hälfte reduziert wurde.
- Kabel wurden mit einer Plastikschnur durch Leerrohre gezogen. Um das Ende des Rohrrohres zu finden wurden akustische Signale vom Anfang des Rohres abgegeben.
- Der Polier kam von 13:45 Uhr – 13:56 Uhr, um Probleme bezüglich einer fehlenden Dose zu klären. Das Ergebnis war, dass das Kabel durch einen selbst hergestellten Durchbruch gelegt werden sollte.
- Ab 14:16 Uhr musste MC-AK1-R mit seinen Kollegen im Trakt 2, 6. OG eine Diskussion führen. Diese endete um 14:27 Uhr.
- Durch eine hohe Arbeiterfluktation im Mai kam es vermehrt zu Problemen. Kabel, die von anderen Arbeitern eingebaut worden waren, mussten überprüft und neu beschriftet werden.
- Da das Stockwerk am Ende des Tages kurz vor der Fertigstellung stand, war darüber hinaus ein noch höherer Kontrollaufwand nötig.

Ablaufarten aller AK:

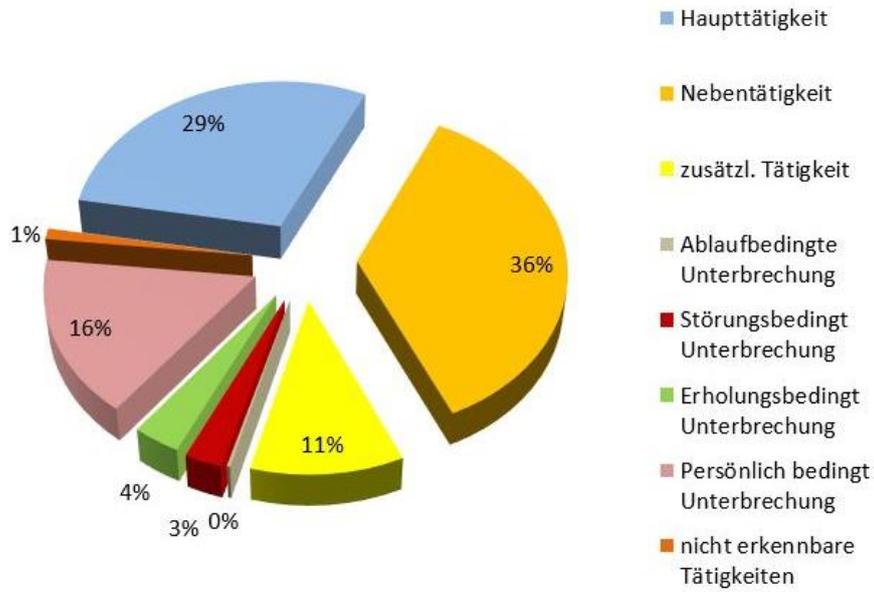


Abbildung 5-13: Ablaufarten MC-aller AK (Kabelzug, 05.07.2016)

5.1.3.4 Mitarbeiteranalyse am 08.07.2016

Das Team bestand aus MC-AK1-R und MC-AK3-W.

Ablaufarten MC-AK1-R:

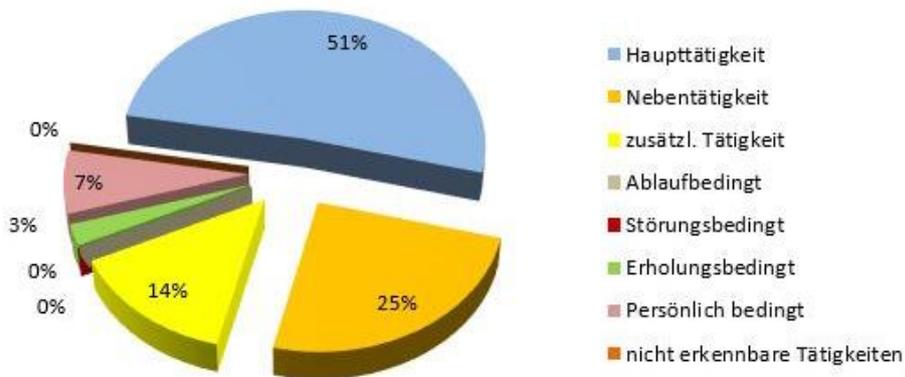


Abbildung 5-14: Ablaufarten MC-AK1-R (Kabelzug, 08.07.2016)

Ablaufarten MC-AK3-W:

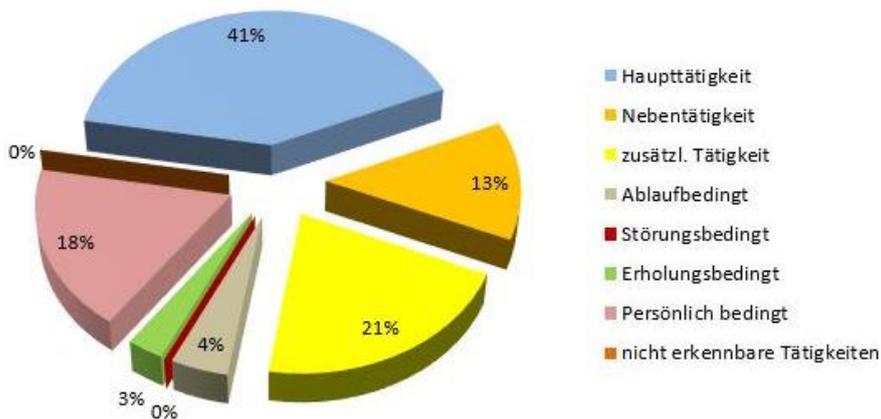


Abbildung 5-15: Ablaufarten MC-AK3-W (Kabelzug, 08.07.2016)

Tagesanalyse/Vorkommnisse/Probleme

Einbaumenge:

Tabelle 5-5: MC - Verbaute Kabel am 08.07.2016

Kabelart:	Einbaulänge:	Uhrzeit:
Energieleitung 3x2,5 mm ²	90 m	08:40 – 08:53 Uhr
Energie-Aderleitung (Erdung)	73 m	09:06 – 09:51 Uhr 10:16 – 10:53 Uhr
Energieleitung 5x6 mm ²	108 m	09:06 – 09:51 Uhr 10:16 – 10:53 Uhr 11:03 – 11:55 Uhr
Σ bis 3x2,5 mm²:	163 m	
Σ > 3x2,5 mm² bis 5x6 mm²:	108 m	

Zusätzliche Informationen:

Keine zusätzlichen Informationen, da es keine besonderen Vorkommnisse gab.

Ablaufarten aller AK:

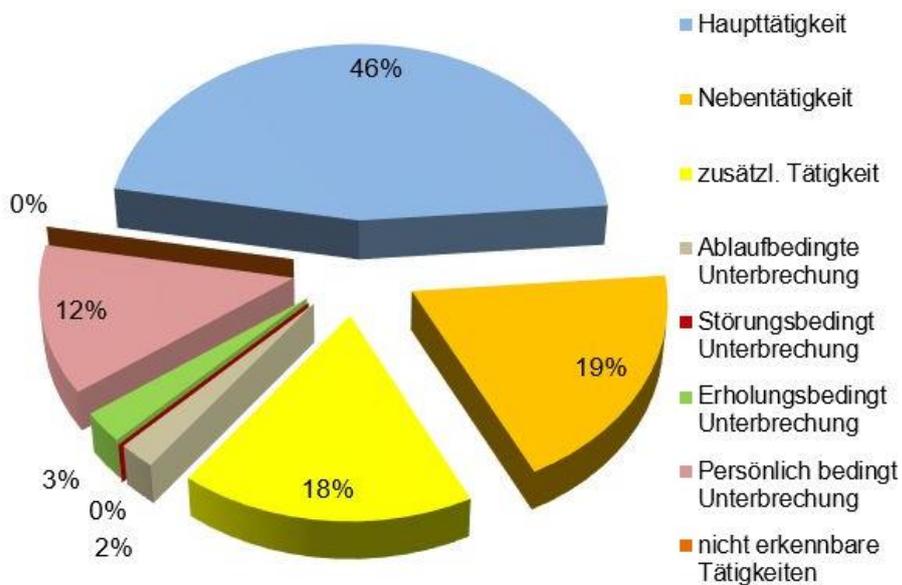


Abbildung 5-16: Ablaufarten MC-aller AK (Kabelzug, 08.07.2016)

5.1.3.5 Mitarbeiteranalyse am 11.07.2016

Das Team bestand aus MC-AK1-R und MC-AK3-W.

Ablaufarten MC-AK1-R:

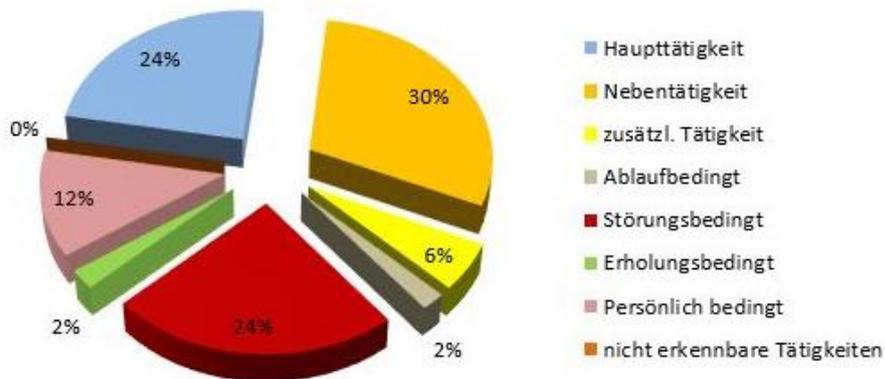


Abbildung 5-17: Ablaufarten MC-AK1-R (Kabelzug, 11.07.2016)

Ablaufarten MC-AK3-W:

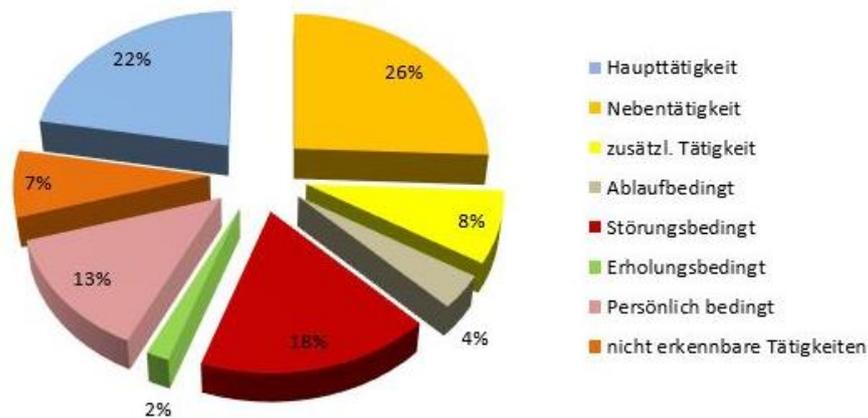


Abbildung 5-18: Ablaufarten MC-AK3-W (Kabelzug, 11.07.2016)

Tagesanalyse/Vorkommnisse/ProblemeEinbaumenge:

Tabelle 5-6: MC - Verbaute Kabel am 11.07.2016

Kabelart:	Einbaulänge:	Uhrzeit:
Energieleitung 3x2,5 mm ²	75 m	09:03 – 09:08 Uhr 09:36 – 10:07 Uhr 10:07 – 10:11 Uhr
Energie-Aderleitung (Erdung)	30 m	09:08 – 09:22 Uhr 09:36 – 10:07 Uhr
Energieleitung 5x2,5 mm ²	54 m	12:51 – 14:02 Uhr
Energieleitung 4x1,5 mm ²	15 m	10:25 – 10:38 Uhr
Energieleitung 5x1,5 mm ²	31 m	15:51 – 16:08 Uhr 15:12 – 15:25 Uhr
∑ bis 3x2,5 mm²:	205 m	
∑ > 3x2,5 mm² bis 5x6 mm²:	0 m	

Zusätzliche Informationen:

- Aufzug ist nicht funktionsfähig, weshalb die Arbeiter die Kabelrolle von OG -1 in den OG 4 tragen mussten.
- Nur zwei Arbeiter der Kolonne waren auf der Baustelle.
- Polier erklärte um 8:56 Uhr, dass aufgrund Unwissenheit von MC-AK1-R andere Erdungskabel eingebaut werden müssen.
- Allgemeine Diskussionen konnten von uns teils nicht richtig interpretiert werden, da es sprachliche Probleme gab.
- Neuer Plan wurde vorgelegt. Jedoch war der Kabeleinbau teilweise schon vor Monaten passiert.
- Es wurde versucht bei einem fertigen Teilabschnitt zu kontrollieren, was jedoch nicht möglich war, da in einigen Räumen schon Türen eingebaut waren, welche verschlossen waren.
- Um ca. 13:40 Uhr fiel auf, dass eine Kabeldurchführung durch die Wand fehlte und selbst hergestellt werden musste. Für diese Arbeit musste Werkzeug gesucht und schließlich um 13:52 Uhr ein Bohrgerät ausgeliehen werden. Ebenso wurden PVC Rohre auf Maß geschnitten. Diese sollten eigentlich montagefertig sein.
- Ab 14:06 Uhr gab es einige störungsbedingte Unterbrechungen. Begründet durch das Fehlen eines Elektrikers und häufigen Planänderungen. Der Polier war um ca. 14:35 Uhr vor Ort, um diverse Probleme zu lösen.

Ablaufarten aller AK:

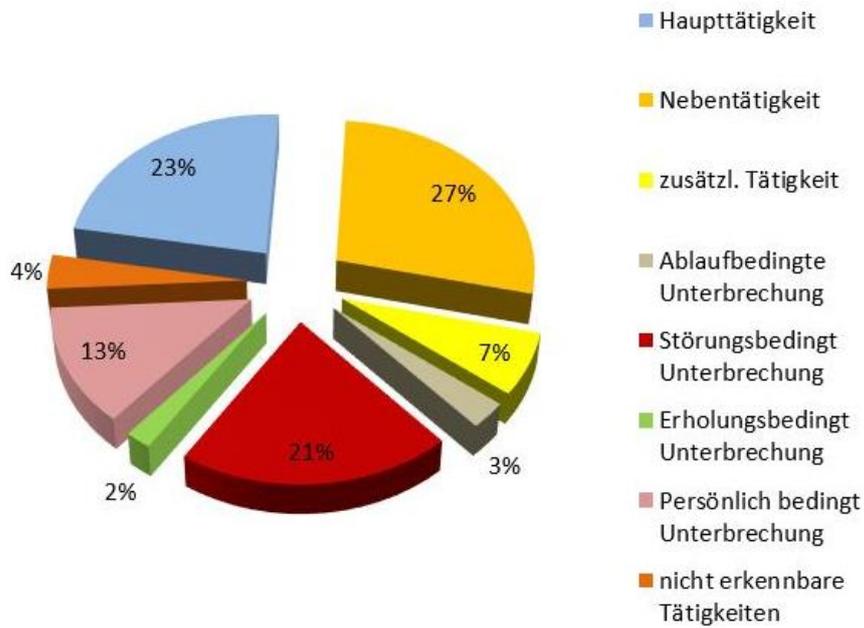


Abbildung 5-19: Ablaufarten MC-aller AK (Kabelzug, 11.07.2016)

5.1.3.6 Mitarbeiteranalyse am 12.07.2016

Das Team bestand aus MC-AK1-R, MC-AK3-W und MC-AK4-B.

Ablaufarten MC-AK1-R:

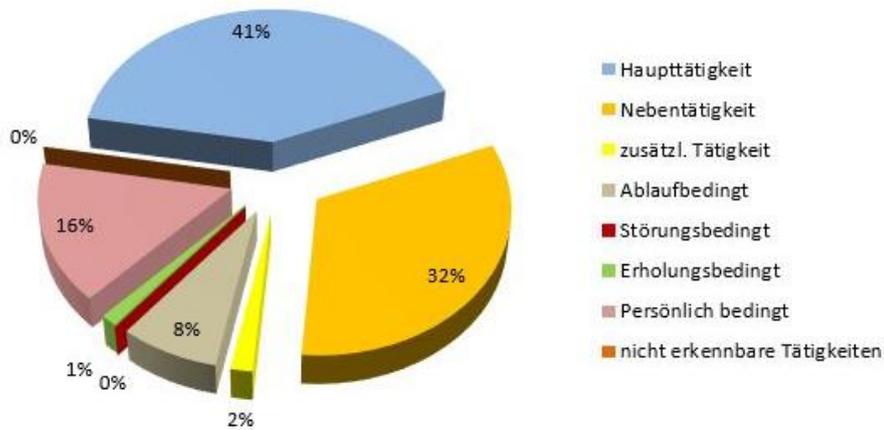


Abbildung 5-20: Ablaufarten MC-AK1-R (Kabelzug, 12.07.2016)

Ablaufarten MC-AK3-W:

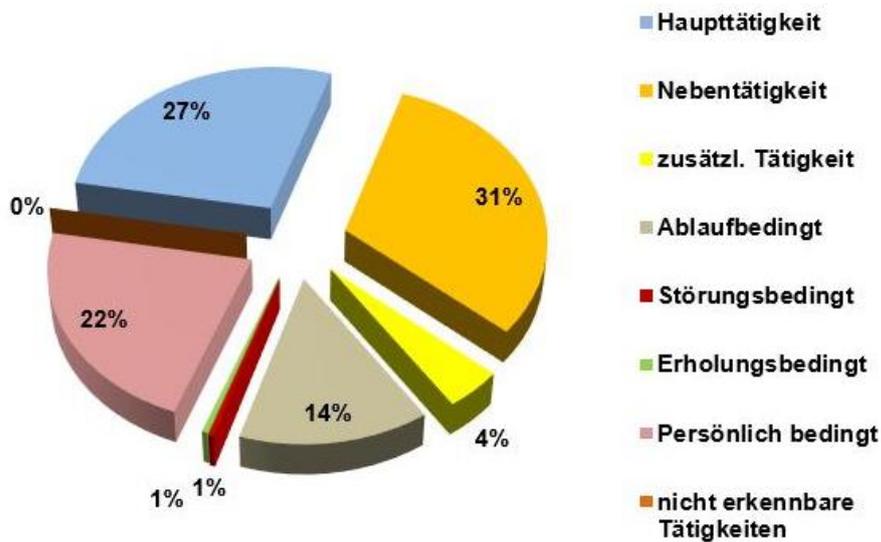


Abbildung 5-21: Ablaufarten MC-AK3-W (Kabelzug, 12.07.2016)

Ablaufarten MC-AK4-B:

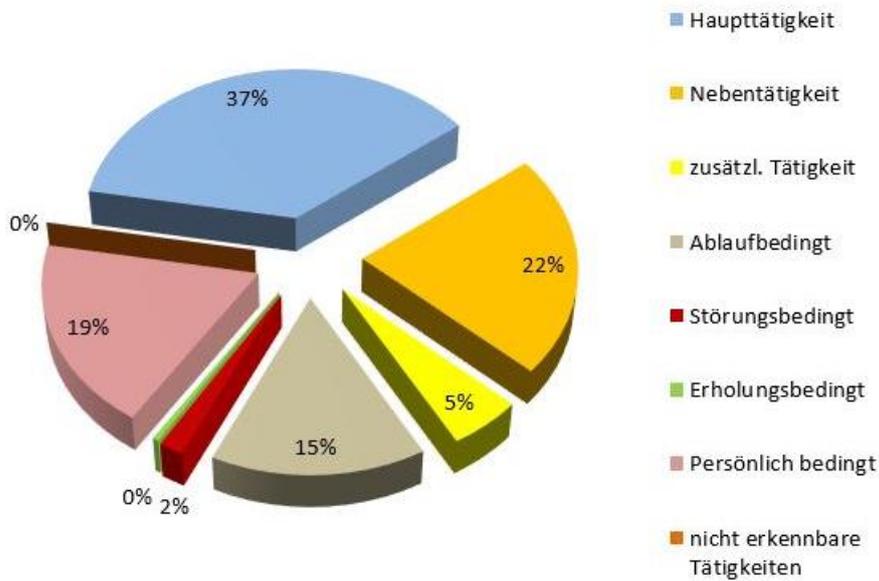


Abbildung 5-22: Ablaufarten MC-AK4-B (Kabelzug, 12.07.2016)

Tagesanalyse/Vorkommnisse/Probleme

Einbaumenge:

Tabelle 5-7: MC - Verbaute Kabel am 12.07.2016

Kabelart:	Einbaulänge:	Uhrzeit:
Energieleitung 3x1,5 mm ²	170 m	12:50 – 12:35 Uhr 14:00 – 14:30 Uhr 14:40 – 15:38 Uhr 15:53 – 16:20 Uhr
∑ bis 3x2,5 mm²:	170 m	
∑ > 3x2,5 mm² bis 5x6 mm²:	0 m	

Zusätzliche Informationen:

An diesem Tage haben drei Bauarbeiter zusammengearbeitet, da ein Team unvollständig war. Normalerweise besteht ein Team aus zwei Arbeitern.

Ablaufarten aller AK:

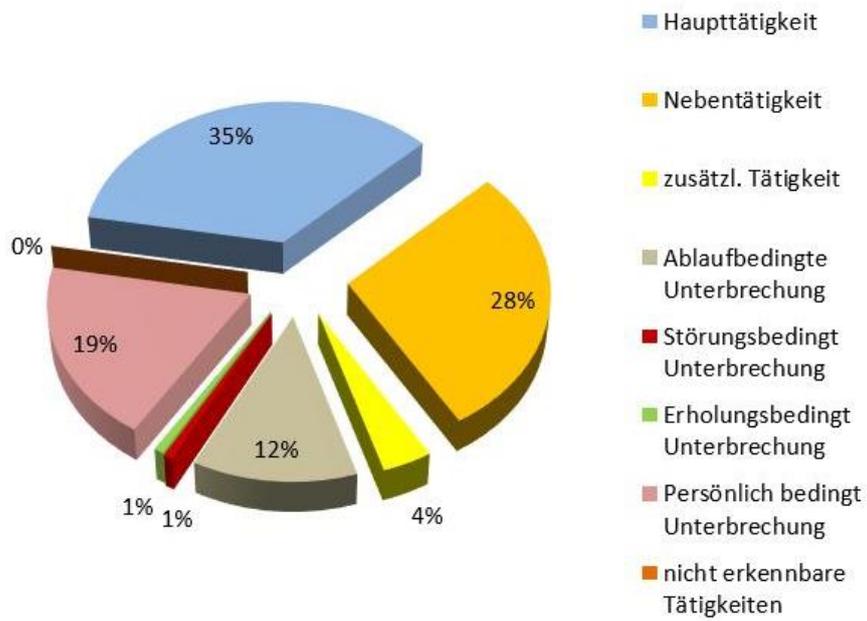


Abbildung 5-23: Ablaufarten MC-aller AK (Kabelzug, 12.07.2016)

5.2 Kabelzug IT-Übertragungskabel



Abbildung 5-24: MC - Kaberolle IT-Übertragungskabel



Abbildung 5-25: MC - Kabelstrang IT-Übertragungskabel

5.2.1 Allgemein

Der Kabelzug ist allgemein der Leistungsbeschreibung Haustechnik (LB HT), Leistungsgruppe (LG) 19 Strukturierte Verkabelung – Unterleistungsgruppe (ULG) 1926 IT – Verkabelungssystem Klasse EA-Übererfüllung zuzuordnen.

Der im Punkt 5.2.2 ermittelte Aufwandswert für Kabelzug der IT-Übertragungskabel kann für die Kalkulation der nachfolgenden Position verwendet werden.

- Positionsnummer:
192605A IT-Übertragungskabel Kat.6A Q1 LS0H-3 TS UTP

Folgend werden allgemeine, wichtige Informationen zur Datenaufnahme bereitgestellt. Diese bestehen aus der Gliederung der Ablaufarten des Arbeitsvorgangs und dem Beobachtungszeitraum.

5.2.1.1 Ablaufartengliederung des Kabelzugs

Die Ablaufartengliederung ist angelehnt an das LB HT. In LG 19 ist als Leistungsumfang festgesetzt, dass die IT-Übertragungskabel auf oder in vom Auftraggeber bereitgestellten Tragsystemen verlegt werden.

Die nachfolgenden Ablaufarten wurden von den Autoren aufgrund des Ablaufes auf der Baustelle bestimmt.

Haupttätigkeit

- Kabel abrollen, vorbereiten, abschneiden
- Kabel ziehen
- Kabel fixieren
- Kabel beschriften

Nebentätigkeit

- Plan lesen
- Leiter holen, aufstellen
- Werkzeug holen
- Kabel auspacken
- Montieren (Bohren, Schneiden, Sägen)
- Anzeichnen inklusive festlegen der Installationswege + Ausmessen
- Kabel holen

Zusätzliche Tätigkeit

- Abstimmung mit den maßgebenden Gewerken auf der Baustelle
- Abfälle beseitigen
- Kontrolle der Kabel

Ablaufbedingte Unterbrechung

- Telefonieren
- Arbeitsplatzwechsel
- Warten während der Tätigkeit

Störungsbedingte Unterbrechung

- Ungenau, unverständliche Planung (Subunternehmer versteht den Plan nicht)
- Fehlende Führung (Arbeiter bekommt keine Anweisung seitens seiner Firma)
- Ungenaue Ausführung der Vorarbeiten (z. B. Zu geringe Platzverhältnisse)
- Fehlendes Material

Erholungsbedingte Unterbrechung

- Stehen, zuschauen, nichts tun (Erschöpfung)

Persönlich bedingte Unterbrechung

- Eigene Pause (Rauchen, Toilettengang, etc.)

Nicht erkennbar

- Nicht im Sichtbereich
- Nicht erkennbare Tätigkeit

5.2.1.2 Beobachtungszeitraum

In Tabelle 5-8 sind die jeweiligen Beobachtungstage, beobachtete Personenanzahl sowie die aufgenommene Zeit aufgelistet.

Tabelle 5-8: MC - Beobachtungszeitraum Kabelzug IT-Übertragungskabel

Tag	27.07.2016	02.08.2016
Personen	2	2
Dauer [h]	9,4	9,5

5.2.2 Aufwandswert für Kabelzug IT-Übertragungskabel

Für die Ermittlung des Aufwandswertes für den Kabelzug der IT-Übertragungskabel wurden die Zeiten der Ablaufarten aus der Abbildung 5-26 herangezogen. Diese wurden auf der Baustelle gemessen. Insgesamt wurden dabei **3412 m** an Kabel gezogen.

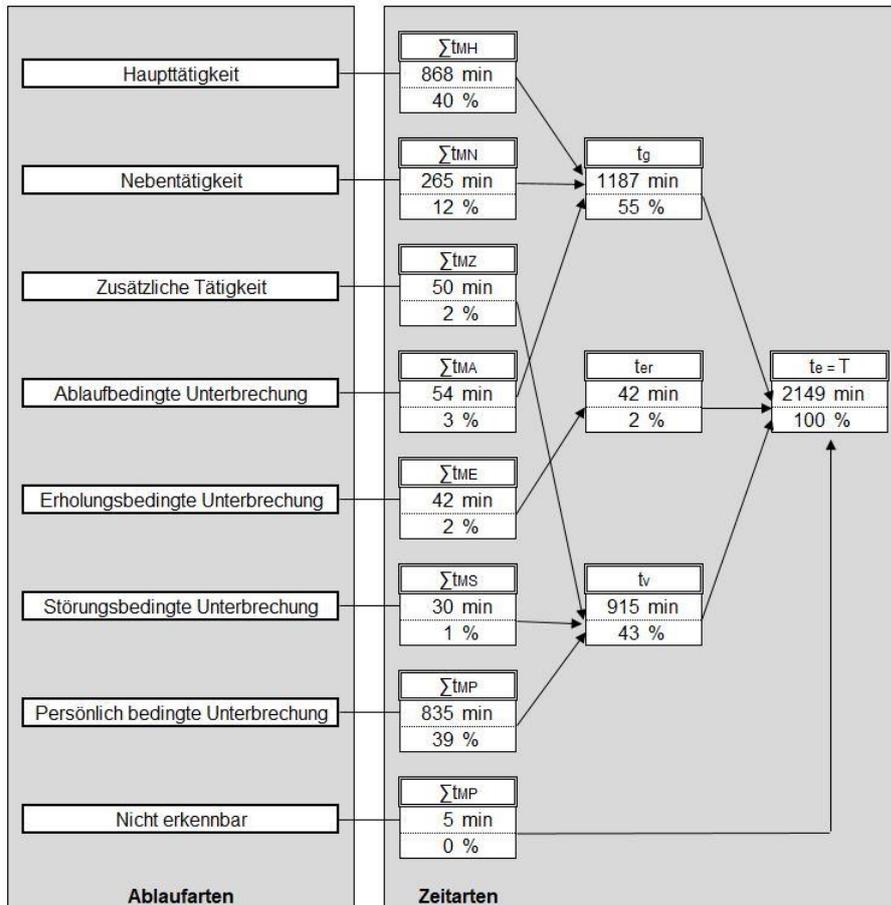


Abbildung 5-26: MC - Zeiten für Aufwandswert Kabelzug IT-Übertragungskabel

Absolute Vertrauensbereiche für den Kabelzug IT-Übertragungskabel

In Abbildung 5-27 ist die Verteilung der Zeiten graphisch dargestellt. Es werden für alle Zeitarten die absoluten Vertrauensbereiche ermittelt:

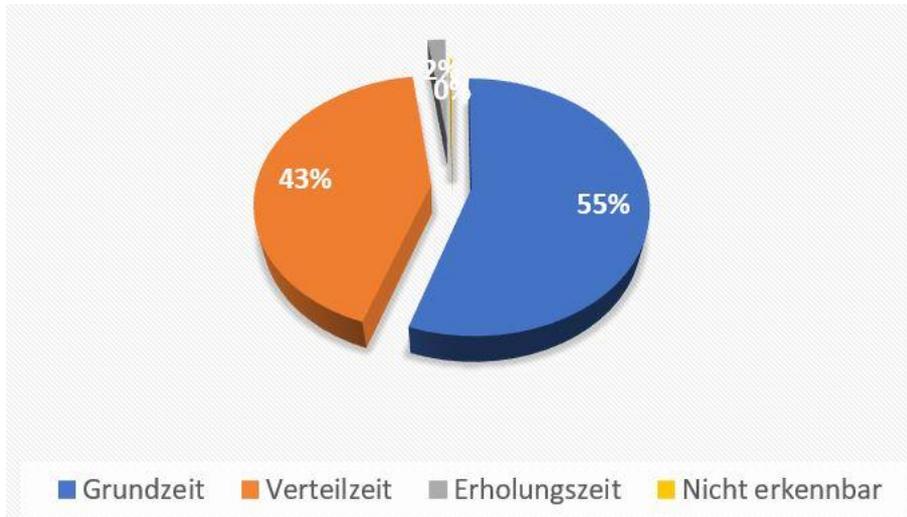


Abbildung 5-27: MC - Grundzeit/Verteilzeit/Erholungszeit – Kabelzug IT-Übertragungskabel

Grundzeit

$$f_i^I = \pm 1,96 * \sqrt{\frac{55\% * (100\% - 55\%)}{2149}} = \pm 2,10\%$$

Es ist nach Abschluss der Multimomentaufnahme sicher (95% Sicherheit), dass der wahre, jedoch unbekannte Anteil der Grundzeit weniger als **2,10%** von dem Multimomentergebnis abweicht.

Verteilzeit

$$f_i^I = \pm 1,96 * \sqrt{\frac{43\% * (100\% - 43\%)}{2149}} = \pm 2,09\%$$

Es ist nach Abschluss der Multimomentaufnahme sicher (95% Sicherheit), dass der wahre, jedoch unbekannte Anteil der Verteilzeit weniger als **2,09%** von dem Multimomentergebnis abweicht.

Erholungszeit

$$f_i^I = \pm 1,96 * \sqrt{\frac{2\% * (100\% - 2\%)}{2149}} = \pm 0,59\%$$

Es ist nach Abschluss der Multimomentaufnahme sicher (95% Sicherheit), dass der wahre, jedoch unbekannte Anteil der Erholungszeit weniger als **0,59%** von dem Multimomentergebnis abweicht.

Der im Punkt 4.1.2 geforderte absolute Vertrauensbereich von 4% wurde in allen Fällen unterschritten.

Ermittlung des Aufwandswertes

Wie in Abbildung 5-26 ersichtlich, setzt sich die Gesamtzeit $T = t_e$ aus t_g , t_{er} und t_v zusammen. Nachfolgend wird die Zeit je Einheit, also der Aufwandswert mit Haupttätigkeit, Nebentätigkeit und ablaufbedingten Unterbrechungen ermittelt und es werden Prozentsätze für Erholungs- (z_{er}) und Verteilzeit (z_v) angegeben und dem Aufwandswert aufgeschlagen:

$$\text{Aufwandswert} \left[\frac{\text{min}}{\text{m}} \right] = \frac{\sum \text{Lohnstunden} [\text{min}]}{\text{Eingebaute Kabellänge} [\text{m}]}$$

Aufwandswert der Grundzeit:

$$AW_{t_g, K, IT} = \frac{1187 \text{ min}}{3412 \text{ m}} = 0,35 \frac{\text{min}}{\text{m}}$$

Berechnung der Erholungs- (z_{er}) und Verteilzeitprozentsätze (z_v):

$$z_{er, IT} = \frac{t_{er} [\text{min}]}{t_g [\text{min}]} * 100\% = \frac{42 \text{ min}}{1187 \text{ min}} * 100\% = 3,50\%$$

$$z_{v, IT} = \frac{t_v [\text{min}]}{t_g [\text{min}]} * 100\% = \frac{915 \text{ min}}{1187 \text{ min}} * 100\% = 77,08\%$$

Aufwandswert der Erholungszeit:

$$AW_{t_{er}, K, IT} = \frac{z_{er, IT}}{100\%} * AW_{t_g, K, IT} = \frac{3,50\%}{100\%} * 0,35 \frac{\text{min}}{\text{m}} = 0,01 \frac{\text{min}}{\text{m}}$$

Aufwandswert der Verteilzeit:

$$AW_{t_v, K, IT} = \frac{z_{v, IT}}{100\%} * AW_{t_g, K, IT} = \frac{77,08\%}{100\%} * 0,35 \frac{\text{min}}{\text{m}} = 0,27 \frac{\text{min}}{\text{m}}$$

Gesamtaufwandswert Kabelzug IT-Übertragungskabel:

$$AW_{K, IT} = AW_{t_g, K, IT} + AW_{t_{er}, K, IT} + AW_{t_v, K, IT} = 0,63 \frac{\text{min}}{\text{m}}$$

Zusammensetzung des Aufwandswertes für Kabelzug IT-Übertragungskabel

Die Haupt- und Nebentätigkeit sind genauso zusammengesetzt, wie in Punkt 5.2.1.1 beschrieben. Bei der Zusammensetzung sind zwei Punkte besonders auffällig. Der geringere Anteil an Nebentätigkeiten kommt zustande, da viele Kabel gleichzeitig abgerollt und im gleichen Installationsweg verlegt wurden und deshalb allgemein weniger Plan gelesen werden musste. Als zweiter Punkt fällt die persönlich bedingte Unterbrechung auf, die einen zu großen Anteil darstellt. Die Arbeitskräfte wussten genau, was sie täglich einbauen müssen, um das Arbeitspensum auf gleichem Niveau/Level zu halten. Die geringe Bezahlung spiegelte sich in der Motivation der Arbeitskräfte wieder.

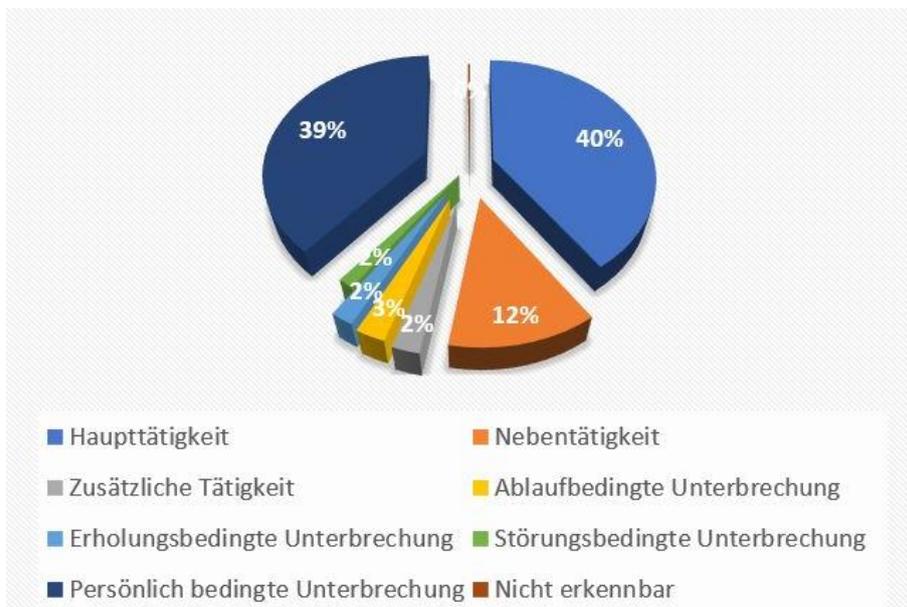


Abbildung 5-28: MC - Zusammensetzung der Zeit für Kabelzug IT-Übertragungskabel

5.2.3 Mitarbeiteranalyse

Nachfolgend werden die einzelnen Arbeitstage analysiert, die Mitarbeiter beschrieben und die jeweiligen Arbeitstage nach Ablaufarten illustriert.

5.2.3.1 Mitarbeiterbeschreibung und Analyse der gesamten Tagesleistungen

Die Bezeichnung der Arbeitskräfte setzt sich aus Baustelle-Arbeitskraft-Vorname zusammen. Informationen zu den einzelnen Arbeitern wurden aus persönlichen Gesprächen entnommen.

MC-AK5-A:

- Ca. 24 Jahre alt
- Nationalität: Slowenien
- Praktische Erfahrung
- Keine Deutschkenntnisse
- Geringe Motivation, jedoch gute Leistung
- Gute Einarbeitung

MC-AK6-X:

- Ca. 24 Jahre alt
- Nationalität: Slowenien
- Praktische Erfahrung
- Keine Deutschkenntnisse
- Geringe Motivation, jedoch gute Leistung
- Gute Einarbeitung

Prozentuale Gliederung aller Ablaufarten der jeweiligen Arbeitstage aller Arbeiter:

In Tabelle 5-9 sind alle Aufnahmetage und der prozentuale Anteil jeder Ablaufart aufgelistet.

Die Ursachen der Schwankungen werden für jeden einzelnen Tag nachfolgend erläutert.

Tabelle 5-9: MC - Ablaufarten in Prozent (Kabelzug IT-Übertragungskabel)

Übersicht aller Arbeitskräfte	Datum	27.07.16	02.08.16	Gesamt
Baustelle: MedCampus Graz	Wo-Tag	Mi	Di	
Ablaufarten				
Haupttätigkeit		41%	40%	40%
Nebentätigkeit		15%	10%	12%
zusätzl. Tätigkeit		3%	2%	2%
Ablaufbedingte Unterbrechung		3%	2%	3%
Störungsbedingt Unterbrechung		2%	1%	1%
Erholungsbedingt Unterbrechung		4%	0%	2%
Persönlich bedingt Unterbrechung		33%	45%	39%
nicht erkennbare Tätigkeiten		0%	0%	0%
	Σ	100%	100%	100%

5.2.3.2 Mitarbeiteranalyse am 27.07.2016

Nachdem eine Übersicht über alle Arbeitstage gegeben wurde, wird nun jeder einzelne Arbeitstag betrachtet. An diesem Tag bestand das Team aus **MC-AK5-A** und **MC-AK6-X**.

Ablaufarten MC-AK5-A:

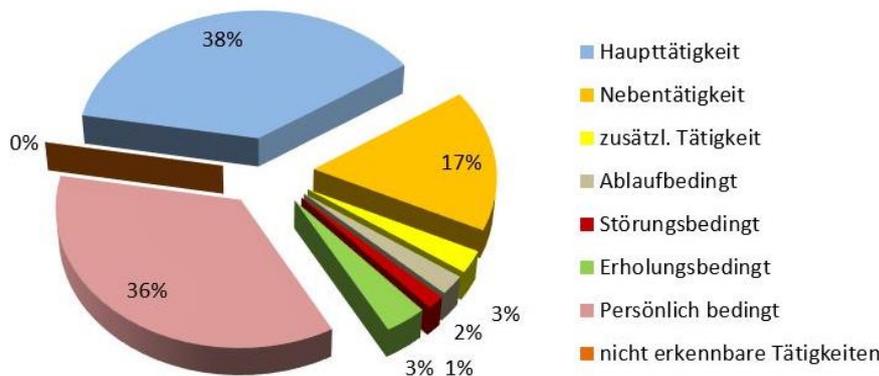


Abbildung 5-29: Ablaufarten MC-AK1-R (Kabelzug IT-Übertragungskabel, 27.07.2016)

Ablaufarten MC-AK6-X:

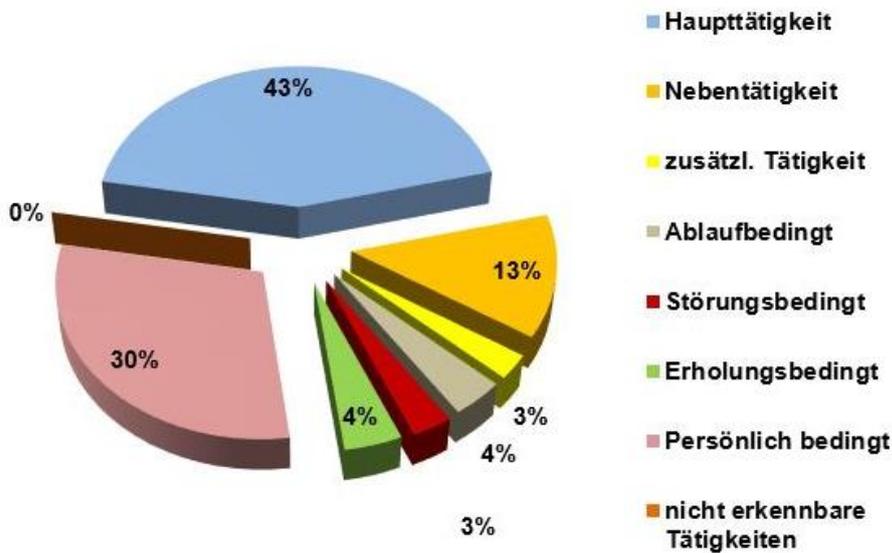


Abbildung 5-30: Ablaufarten MC-AK2-D (Kabelzug IT-Übertragungskabel, 27.07.2016)

Tagesanalyse/Vorkommnisse/Probleme

Einbaumenge:

Tabelle 5-10: MC - Verbaute IT-Übertragungskabel am 27.07.2016

Kabelart:	Einbaulänge:	Uhrzeit:
IT-Übertragungskabel:	68 m	07:38 – 08:04 Uhr
	64 m	08:05 – 08:11 Uhr
	60 m	08:11 – 08:17 Uhr
	160 m	08:29 – 09:06 Uhr
	66 m	09:40 – 10:10 Uhr
	200 m	10:10 – 10:46 Uhr
	60 m	08:11 – 08:17 Uhr
	384 m	10:55 – 11:20 Uhr
	180 m	13:00 – 13:16 Uhr
	88 m	13:23 – 13:42 Uhr
	90 m	13:51 – 14:04 Uhr
	180 m	15:00 – 15:16 Uhr
	172 m	15:21 – 15:45 Uhr
Σ IT-Übertragungskabel:	1772 m	

Zusätzliche Informationen:

- Die Arbeitskräfte waren sehr engagiert während der Tätigkeit und haben sehr flott gearbeitet.
- Sie konnten sich daher mehr Pausen erlauben.
- Die Pausen waren jedoch überdurchschnittlich lang.

Ablaufarten aller AK:

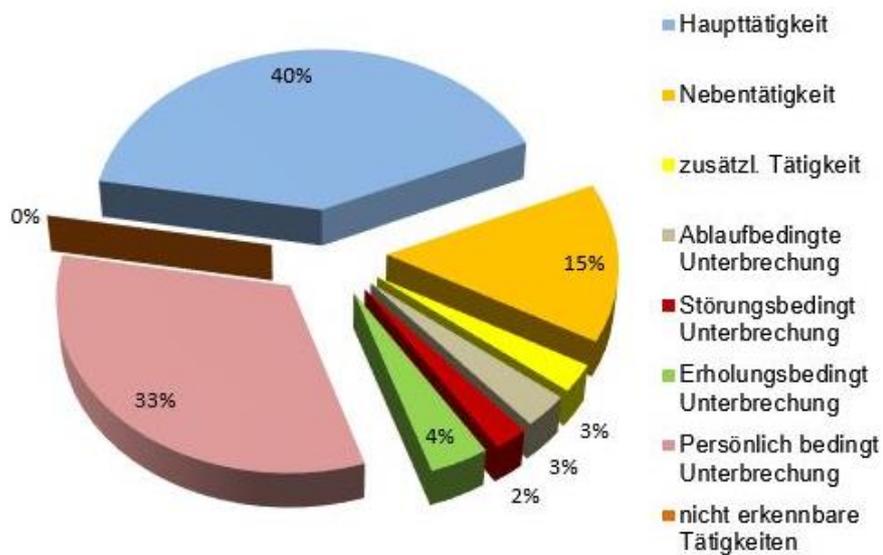


Abbildung 5-31: Ablaufarten MC-aller AK (Kabelzug IT-Übertragungskabel, 27.07.2016)

5.2.3.3 Mitarbeiteranalyse am 02.08.2016

An diesem Tag bestand das Team aus **MC-AK-A** und **MC-AK6-X**.

Ablaufarten MC-AK5-A:

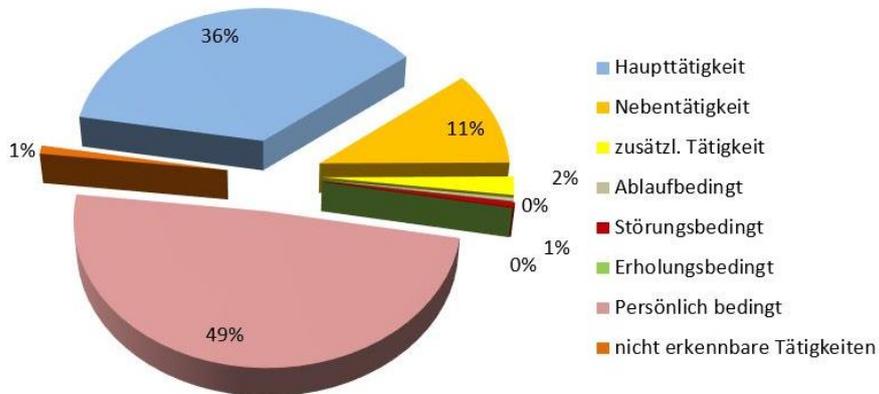


Abbildung 5-32: Ablaufarten MC-AK1-R (Kabelzug IT-Übertragungskabel, 02.08.2016)

Ablaufarten MC-AK6-X:

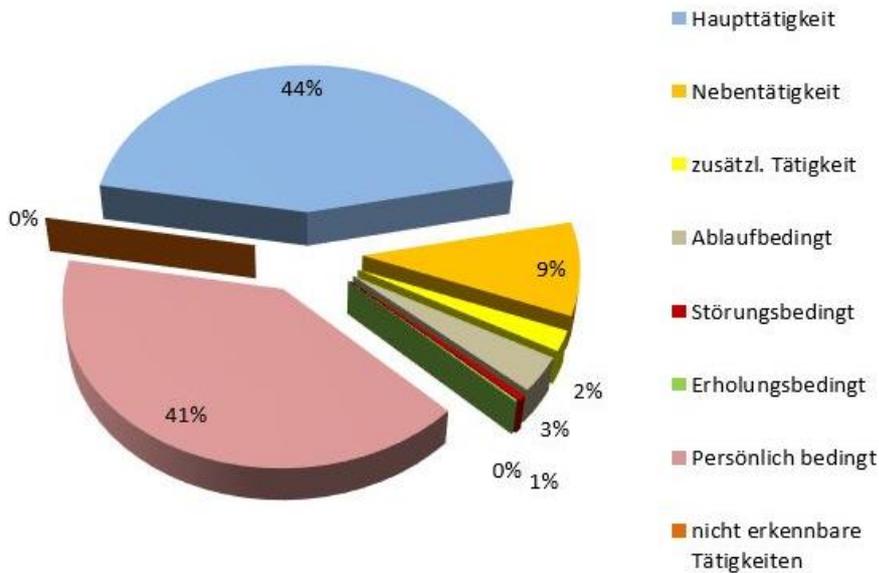


Abbildung 5-33: Ablaufarten MC-AK2-D (Kabelzug IT-Übertragungskabel, 02.08.2016)

Tagesanalyse/Vorkommnisse/Probleme

Einbaumenge:

Tabelle 5-11: MC - Verbaute IT-Übertragungskabel am 02.08.2016

Kabelart:	Einbaulänge:	Uhrzeit:
IT-Übertragungskabel:	248 m	08:05 – 08:49 Uhr
	248 m	08:56 – 09:21 Uhr
	240 m	09:22 – 10:25 Uhr
	240 m	10:33 – 11:17 Uhr
	448 m	13:09 – 14:18 Uhr
	216 m	15:03 – 15:39 Uhr
Σ IT-Übertragungskabel:	1640 m	

Zusätzliche Informationen:

- Es wurden immer zwei Kabel gleichzeitig abgerollt.
- Die Kabel wurden mit Klettverschlussbändern zusammengebunden.
- Zum Ziehen der Kabel in den Verteilerraum wurden diese mit Isolierband zusammengebunden.

Ablaufarten aller AK:

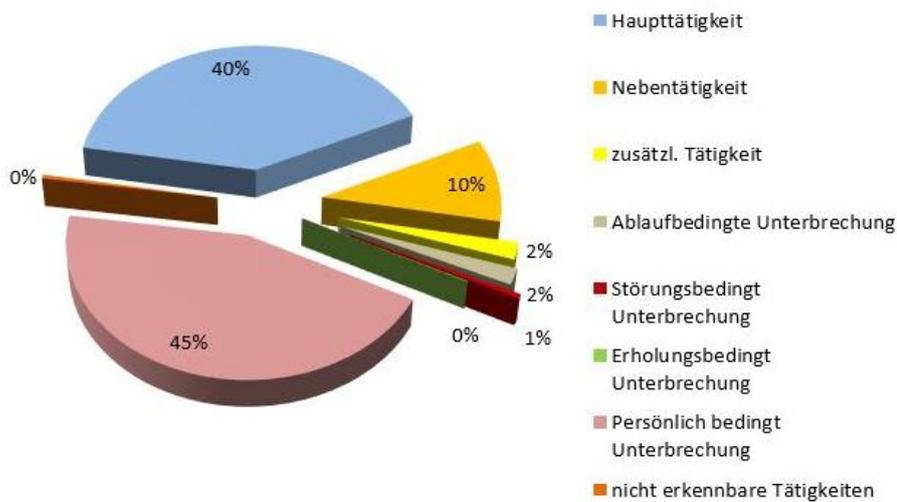


Abbildung 5-34: Ablaufarten MC-aller AK (Kabelzug IT-Übertragungskabel, 02.08.2016)

6 Datenauswertung BHAK/BORG Monsbergergasse

Auf der Baustelle in der Monsbergergasse wurden der Kabelzug für die Brandmeldeanlagen mittels Brandmeldeleitung, die Alu-Brüstungskanalmontage, die Alu-Brüstungskanalkomplementierung, die Vorbereitung zum Einbau der Notbeleuchtung, die Montage der Notbeleuchtung, die Vorbereitung und Montage der Druckknopfmelder, die Vorbereitung und Montage der Rauchmelder sowie die Vorbereitung und Montage der akustischen Signalgeber beobachtet. Das Ziel war es, hierfür Aufwandswerte zu ermitteln.

6.1 Kabelzug Brandmeldeleitung

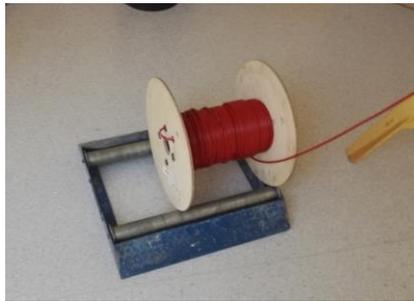


Abbildung 6-1: MG – Kabelrolle Brandmeldeleitung



Abbildung 6-2: MG - Brandmeldeleitung in abgehängter Decke

6.1.1 Allgemein

Der Kabelzug ist allgemein der Leistungsbeschreibung Haustechnik (LB HT), Leistungsgruppe (LG) 08 Kabel und Leitungen – Unterleistungsgruppe (ULG) 0841 Fernmeldekabel und -leitungen LS0H zuzuordnen.

Der im Punkt 6.1.2 ermittelte Aufwandswert für Kabelzug Brandmeldeleitung kann für die Kalkulation der nachfolgenden Position verwendet werden.

- Positionsnummer:
084130A Brandmeldele.SCH LS0H TS(0,021) 2x2x0,8

Folgend werden allgemeine, wichtige Informationen zur Datenaufnahme bereitgestellt. Diese bestehen aus der Gliederung der Ablaufarten des Arbeitsvorgangs und dem Beobachtungszeitraum.

6.1.1.1 Ablaufartengliederung des Kabelzugs Brandmeldeleitung

Die Ablaufartengliederung ist angelehnt an das LB HT. In LG 08 ist als Leistungsumfang festgesetzt, dass die Verlegart der Kabel nach Herstellerrichtlinie erfolgen muss. Es wird ebenso die notwendige Bezeichnung der Kabel und das Ausschreiben von Tragsystemen in eigenen Positionen, falls diese nötig sind, erwähnt. Auch der Schutz der Kabel nach Einbau muss gewährleistet sein. Ebenso beinhaltet es das Beistellen von Verlegehilfen.

Die nachfolgenden Ablaufarten wurden von den Autoren aufgrund des Ablaufes auf der Baustelle bestimmt.

Haupttätigkeit

- Kabel abrollen, vorbereiten, abschneiden
- Kabel ziehen
- Kabel fixieren
- Kabel beschriften
- Bohren für Schelle
- Montage Schelle
- Leerrohr schneiden
- Montage Leerrohr

Nebentätigkeit

- Plan lesen
- Leiter holen, aufstellen
- Werkzeug holen
- Kabel auspacken
- Montieren (Bohren, Schneiden, Sägen)
- Anzeichnen inklusive festlegen der Installationswege + Ausmessen
- Kabel holen
- Abgehängte Decke versetzen

Zusätzliche Tätigkeit

- Abstimmung mit den maßgebenden Gewerken auf der Baustelle
- Abfälle beseitigen
- Kontrolle der Kabel

- Kontrolle der Kabeltrasse
- Material wegbringen (angeliefertes Material)

Ablaufbedingte Unterbrechung

- Telefonieren
- Arbeitsplatzwechsel
- Warten während der Tätigkeit

Störungsbedingte Unterbrechung

- Ungenau Planung, Rückbau falscher Kabel
- Fehlende Führung (Arbeiter bekommt keine Anweisung seitens seiner Firma)
- Ungenaue Ausführung der Vorarbeiten (z. B. zu geringe Platzverhältnisse)
- Fehlendes Material

Erholungsbedingte Unterbrechung

- Stehen, zuschauen, nichts tun (Erschöpfung)

Persönlich bedingte Unterbrechung

- Eigene Pause (Rauchen, Toilettengang, etc.)

Nicht erkennbar

- Nicht im Sichtbereich
- Nicht erkennbare Tätigkeit

6.1.1.2 Beobachtungszeitraum

In Tabelle 6-1 sind die jeweiligen Beobachtungstage, beobachtete Personenanzahl sowie die aufgenommene Zeit aufgelistet.

Tabelle 6-1: MG - Beobachtungszeitraum Kabelzug Brandmeldeleitung

Tag	19.07.2016	20.07.2016
Personen	2	2
Dauer [h]	9,6	9,5

6.1.2 Aufwandswert für Kabelzug Brandmeldeleitung

Für die Ermittlung des Aufwandswertes für den Kabelzug der Brandmeldeleitung wurden die Zeiten der Ablaufarten aus der Abbildung 6-3 herangezogen. Diese wurden auf der Baustelle gemessen. Insgesamt wurden dabei **527 m** an Kabel gezogen.

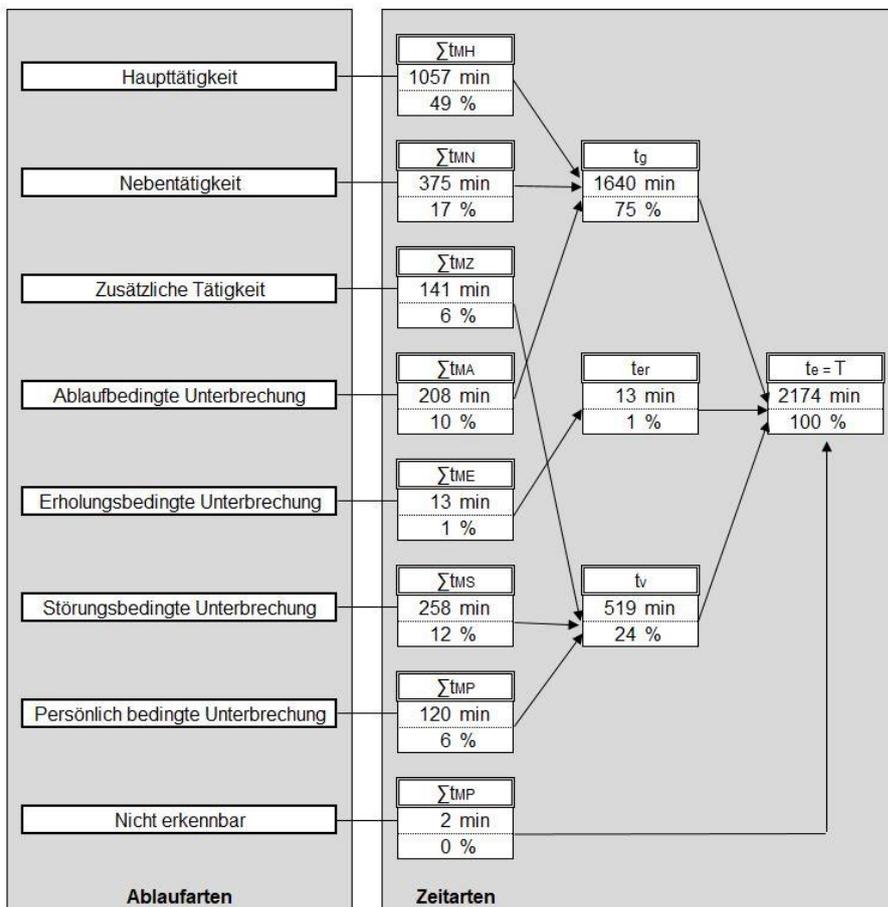


Abbildung 6-3: MG - Zeiten für Aufwandswert Kabelzug Brandmeldeleitung

Absolute Vertrauensbereiche für den Kabelzug Brandmeldeleitung

In Abbildung 6-4 ist die Verteilung der Zeiten graphisch dargestellt. Es werden für alle Zeitarten die absoluten Vertrauensbereiche ermittelt:



Abbildung 6-4: MG - Grundzeit/Verteilzeit/Erholungszeit – Kabelzug Brandmeldeleitung

Grundzeit

$$f_i^I = \pm 1,96 * \sqrt{\frac{75\% * (100\% - 75\%)}{2174}} = \pm 1,82\%$$

Es ist nach Abschluss der Multimomentaufnahme sicher (95% Sicherheit), dass der wahre, jedoch unbekannte Anteil der Grundzeit weniger als **1,82%** von dem Multimomentergebnis abweicht.

Verteilzeit

$$f_i^I = \pm 1,96 * \sqrt{\frac{24\% * (100\% - 24\%)}{2174}} = \pm 1,80\%$$

Es ist nach Abschluss der Multimomentaufnahme sicher (95% Sicherheit), dass der wahre, jedoch unbekannte Anteil der Verteilzeit weniger als **1,80%** von dem Multimomentergebnis abweicht.

Erholungszeit

$$f_i^I = \pm 1,96 * \sqrt{\frac{1\% * (100\% - 1\%)}{2174}} = \pm 0,42\%$$

Es ist nach Abschluss der Multimomentaufnahme sicher (95% Sicherheit), dass der wahre, jedoch unbekannte Anteil der Erholungszeit weniger als **0,42%** von dem Multimomentergebnis abweicht.

Der im Punkt 4.1.2 geforderte absolute Vertrauensbereich von 4% wurde in allen Fällen unterschritten.

Ermittlung des Aufwandswertes

Wie in Abbildung 6-3 ersichtlich, setzt sich die Gesamtzeit $T = t_e$ aus t_g , t_{er} und t_v zusammen. Nachfolgend wird die Zeit je Einheit, also der Aufwandswert mit Haupttätigkeit, Nebentätigkeit und ablaufbedingten Unterbrechungen ermittelt und es werden Prozentsätze für Erholungs- (z_{er}) und Verteilzeit (z_v) angegeben und dem Aufwandswert aufgeschlagen:

$$\text{Aufwandswert} \left[\frac{\text{min}}{\text{m}} \right] = \frac{\sum \text{Lohnstunden} [\text{min}]}{\text{Eingebaute Kabellänge} [\text{m}]}$$

Aufwandswert der Grundzeit:

$$AW_{t_g, K, BS} = \frac{1640 \text{ min}}{527 \text{ m}} = 3,11 \frac{\text{min}}{\text{m}}$$

Berechnung der Erholungs- (z_{er}) und Verteilzeitprozentsätze (z_v):

$$z_{er, BS} = \frac{t_{er} [\text{min}]}{t_g [\text{min}]} * 100\% = \frac{13 \text{ min}}{1640 \text{ min}} * 100\% = 0,79\%$$

$$z_{v, BS} = \frac{t_v [\text{min}]}{t_g [\text{min}]} * 100\% = \frac{519 \text{ min}}{1640 \text{ min}} * 100\% = 31,65\%$$

Aufwandswert der Erholungszeit:

$$AW_{t_{er}, K, BS} = \frac{z_{er, BS}}{100\%} * AW_{t_g, K, BS} = \frac{0,79\%}{100\%} * 3,11 \frac{\text{min}}{\text{m}} = 0,02 \frac{\text{min}}{\text{m}}$$

Aufwandswert der Verteilzeit:

$$AW_{t_v, K, BS} = \frac{z_{v, BS}}{100\%} * AW_{t_g, K, BS} = \frac{31,65\%}{100\%} * 3,11 \frac{\text{min}}{\text{m}} = 0,98 \frac{\text{min}}{\text{m}}$$

Gesamtaufwandswert Kabelzug Brandmeldeleitung:

$$AW_{K, BS} = AW_{t_g, K, BS} + AW_{t_{er}, K, BS} + AW_{t_v, K, BS} = 4,11 \frac{\text{min}}{\text{m}}$$

Zusammensetzung des Aufwandswertes für Kabelzug Brandmeldeleitung

Die Haupt- und Nebentätigkeit sind genauso zusammengesetzt, wie in Punkt 6.1.1.1 beschrieben. Im Gegensatz zum Kabelzug der slowenischen Bauarbeiter wurde sich hier mehr mit der Haupttätigkeit beschäftigt. Die Grafik zeigt ein vergleichsweise gutes Bild und ist als sehr positiv zu bewerten. Die Arbeitskräfte waren motiviert und fielen durch Ihre fachliche Kompetenz auf. Der im allgemeinen höhere Aufwandswert für den Kabelzug im Vergleich mit den slowenischen Arbeitern rührt daher, dass es sich um eine Sanierungsbaustelle handelte. Die Kabel mussten in kleine Öffnungen der abgehängten Decke gezogen werden. Darüber hinaus ist der Prozentsatz der störungsbedingten Unterbrechungen auf Brandschutzplanänderungen während der Ausführung zurückzuführen. Es mussten teilweise die bereits eingezogenen Kabel rückgebaut werden.

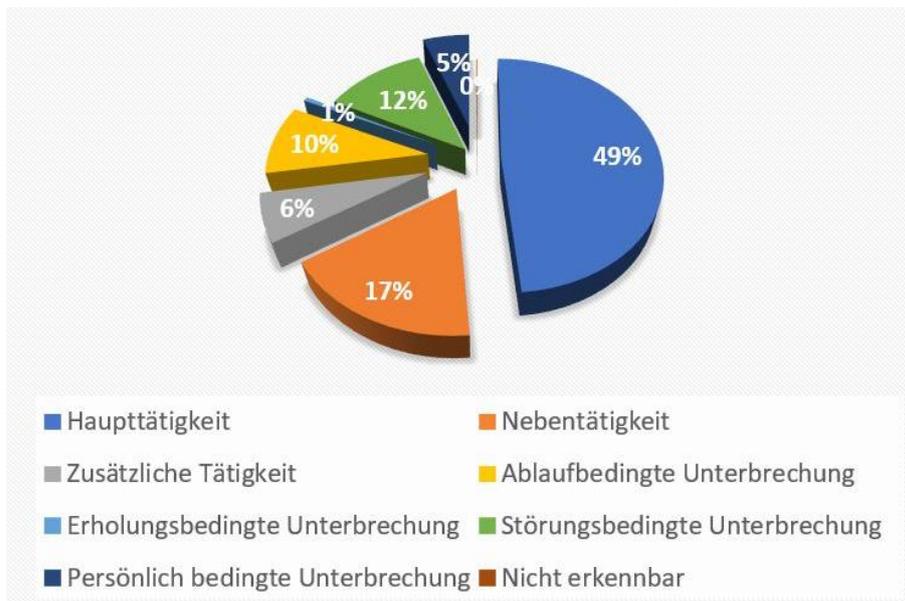


Abbildung 6-5: MG - Zusammensetzung der Zeit für den Kabelzug Brandmeldeleitung

6.1.3 Mitarbeiteranalyse

Nachfolgend werden die einzelnen Arbeitstage analysiert, die Mitarbeiter beschrieben und die jeweiligen Arbeitstage nach Ablaufarten illustriert.

6.1.3.1 Mitarbeiterbeschreibung und Analyse der gesamten Tagesleistungen

Die Bezeichnung der Arbeitskräfte setzt sich aus Baustelle-Arbeitskraft-Vorname zusammen. Informationen zu den einzelnen Arbeitern wurden aus persönlichen Gesprächen entnommen.

MG-AK1-M:

- Ca. 20 Jahre alt
- Nationalität: Österreich
- Lehrling der Hereschwerke Regeltechnik GmbH
- Engagiert, lernbereit
- Selbstständiges Arbeiten und Lösen von Problemen

MG-AK2-G:

- Zwischen 40 - 55 Jahre alt
- Nationalität: Österreich
- Leiharbeiter
- Motiviert
- Selbstständiges Arbeiten und Lösen von Problemen

Prozentuale Gliederung aller Ablaufarten der jeweiligen Arbeitstage aller Arbeiter:

In Tabelle 6-2 sind alle Aufnahmetage und der prozentuale Anteil jeder Ablaufart aufgelistet.

Die Ursachen der Schwankungen werden für jeden einzelnen Tag nachfolgend erläutert.

Tabelle 6-2: MG - Ablaufarten in Prozent (Kabelzug Brandmeldeleitung)

Übersicht aller Arbeitskräfte	Datum	19.07.16	20.07.16	Gesamt
Baustelle: Gerhart-Hauptmann-Gasse Graz	Wo-Tag	Di	Mi	
Ablaufarten				
Haupttätigkeit		42%	55%	49%
Nebentätigkeit		16%	19%	17%
zusätzl. Tätigkeit		5%	8%	6%
Ablaufbedingte Unterbrechung		9%	10%	10%
Störungsbedingt Unterbrechung		21%	3%	12%
Erholungsbedingt Unterbrechung		1%	0%	1%
Persönlich bedingt Unterbrechung		6%	5%	6%
nicht erkennbare Tätigkeiten		0%	0%	0%
	Σ	100%	100%	100%

6.1.3.2 Mitarbeiteranalyse am 19.07.2016

Nachdem eine Übersicht über alle Arbeitstage gegeben wurde, wird nun jeder einzelne Arbeitstag betrachtet. An diesem Tag bestand das Team aus **MC-AK1-M** und **MC-AK2-G**.

Ablaufarten MG-AK1-M:

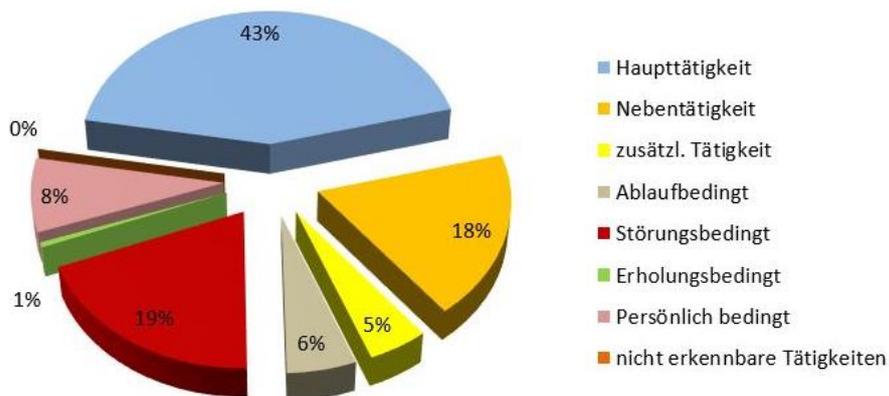


Abbildung 6-6: Ablaufarten MG-AK1-M (Kabelzug Brandmeldeleitung, 19.07.2016)

Ablaufarten MG-AK2-G:

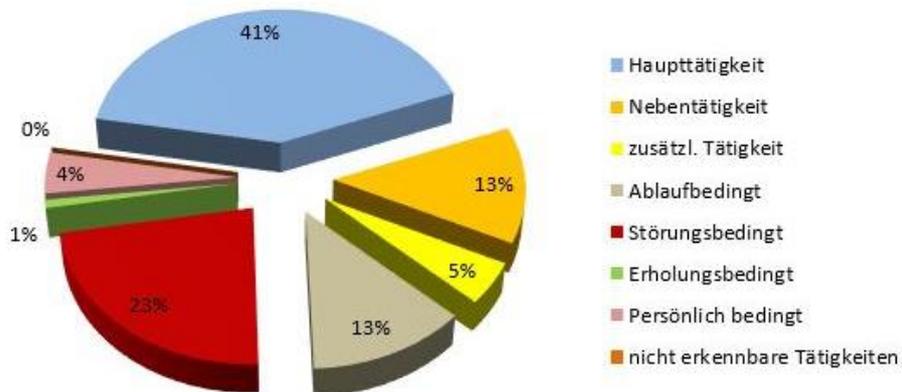


Abbildung 6-7: Ablaufarten MG-AK2-G (Kabelzug Brandmeldeleitung, 19.07.2016)

Tagesanalyse/Vorkommnisse/Probleme

Einbaumenge:

Tabelle 6-3: MG - Verbaute Brandmeldeleitung für die Brandmeldeanlagen am 19.07.2016

Kabelart:	Einbaulänge:
Brandmeldeleitung:	26 m
	39 m
	108 m
	56 m
	39 m
Σ Brandmeldeleitung:	268 m

Zusätzliche Informationen:

- Der Punkt „ungenau Planung“ wurde hier sehr häufig verwendet, da einen Tag zuvor Kabel für die akustischen Signalgeber gezogen wurden, die aufgrund von Planänderungen (Brandschutz) wieder vollständig ausgebaut werden mussten.
- Kabel die unter 100 V (Spannung) führen, können in die Schwachstromtrasse gelegt werden, wozu die Brandmeldeleitungen gehören.
- Brandmeldeleitungen dürfen nicht in Starkstromtrassen gelegt werden.
- Die oben erwähnte Planänderung sah vor, dass zusätzliche akustische Signalgeber in den einzelnen Klassenzimmern angebracht werden mussten. Davor waren sie nur im Gang angeordnet.
- Akustische Signalgeber im Gang hatten eine Lautstärke von 100 dB und im Klassenzimmer 70 dB.
- Rückgebaute Kabel wurde, soweit möglich, für den Wiedereinbau verwendet.
- Einbau erfolgte nach horizontalen Längen.

Ablaufarten aller AK:

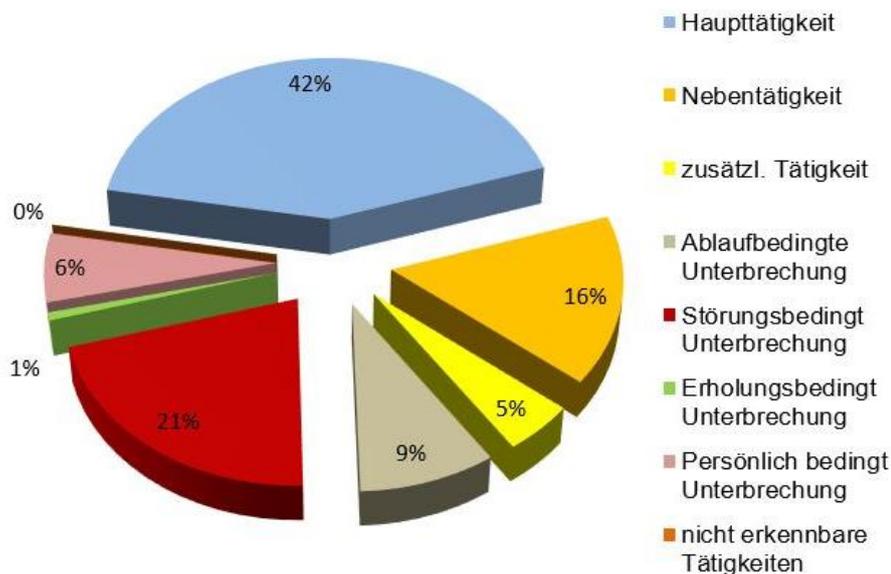


Abbildung 6-8: Ablaufarten aller AK (Kabelzug Brandmeldeleitung, 19.07.2016)

6.1.3.3 Mitarbeiteranalyse am 20.07.2016

An diesem Tag bestand das Team aus **MG-AK1-M** und **MG-AK2-G**.

Ablaufarten MG-AK1-M:

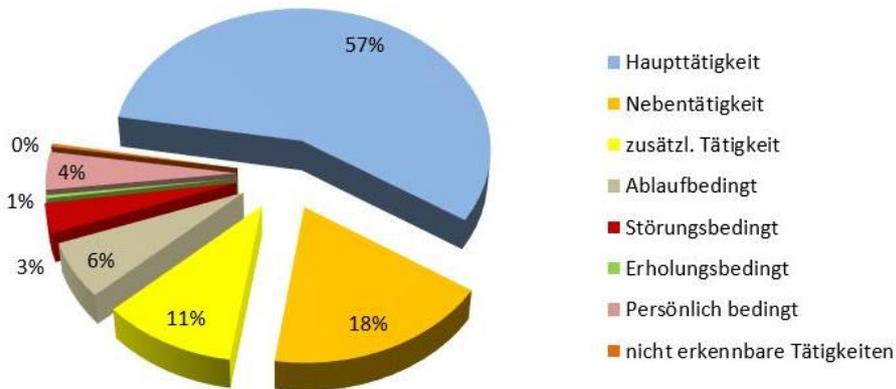


Abbildung 6-9: Ablaufarten MG-AK1-M (Kabelzug Brandmeldeleitung, 20.07.2016)

Ablaufarten MG-AK2-G:

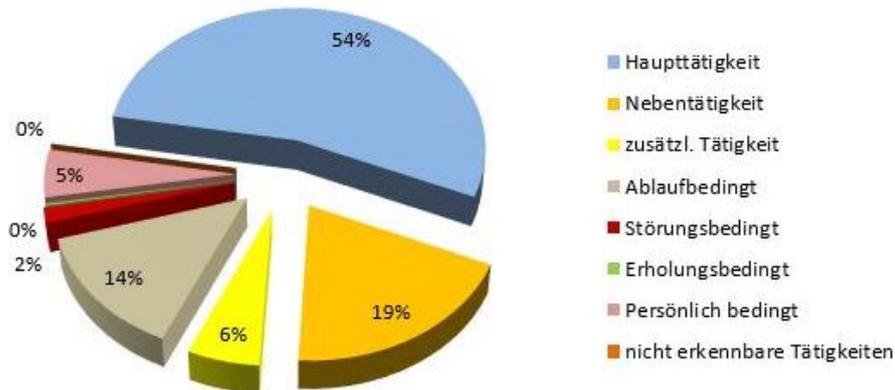


Abbildung 6-10: Ablaufarten MG-AK2-G (Kabelzug Brandmeldeleitung, 20.07.2016)

Tagesanalyse/Vorkommnisse/Probleme

Einbaumenge:

Tabelle 6-4: MG - Verbaute Brandmeldeleitung für die Brandmeldeanlagen am 20.07.2016

Kabelart:	Einbaulänge:
Brandmeldeleitung:	33,5 m
	25 m
	9,5 m
	37 m
	56,5 m
	65 m
	10,5 m
	22 m
Σ Brandmeldeleitung:	259 m

Zusätzliche Informationen:

- Hier wurde teilweise mit einem Kabeleinziehgerät gezogen.
- Rohre mussten zusätzlich neben der Kabeltrasse gelegt werden, um Verengungen zu vermeiden.
- Tipp - Kabelziehen: Kabel an Rohr befestigen – Rohr auf der Kabeltrasse entlang schieben – Vorteil: Rohr hart, daher kein Knicken des Kabels.

Ablaufarten aller AK:

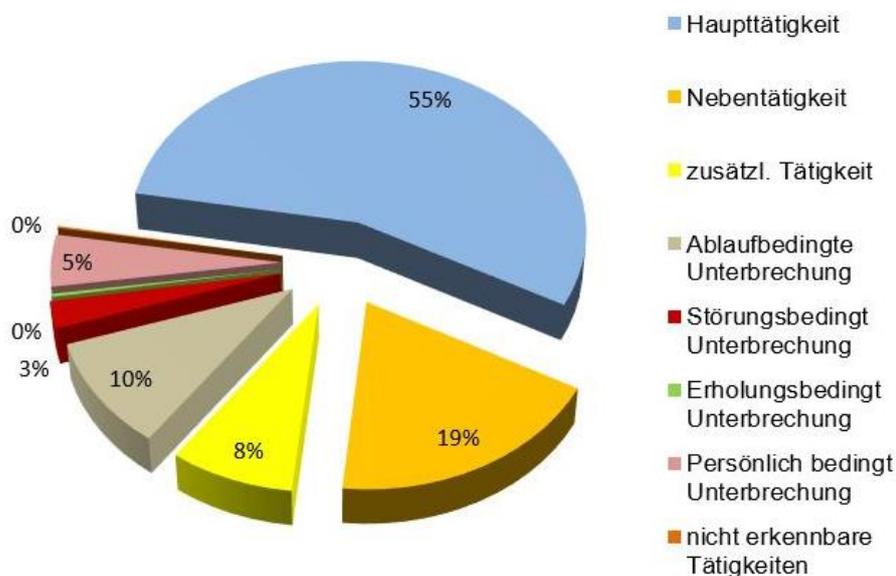


Abbildung 6-11: Ablaufarten aller AK (Kabelzug Brandmeldeleitung, 20.07.2016)

6.2 Herstellung Brüstungskanal

Die Herstellung des Brüstungskanals ist allgemein der Leistungsbeschreibung Haustechnik (LB HT), Leistungsgruppe (LG) 09 Rohr- und Tragsysteme – Unterleistungsgruppe (ULG) 0916 Kabelkanäle für Geräteeinbau zuzuordnen. Die Herstellung beinhaltet die Montage und Komplementierung des Brüstungskanals.

Ablaufbedingt mussten diese zwei Tätigkeiten zur Herstellung des Brüstungskanals an verschiedenen Tagen und getrennt beobachtet werden.

Die in den Punkten 6.2.1.3 und 6.2.2.3 ermittelten Aufwandswerte für Montage und Komplementierung müssen für die Kalkulation der nachfolgenden Position addiert werden.

- Positionsnummer:
091603 Brüstungskanal aus Aluminium natureloxiert (Alu n.elok.)

Die Ablaufartengliederung ist angelehnt an das LB HT. Um diesen Leistungsumfang zu erhalten, müssen die Montage und Komplementierung zusammengefasst werden.

In LG 09 ist als Leistungsumfang festgesetzt, dass

- Rohr- und Verlegezubehör
- Verschnitt
- einfaches Befestigungsmaterial (z. B. Gips, Schrauben, Dübel)
- Entsorgen der Baurestmassen
- Abzweigdosen bis D 80 und Kästen bis 80 x 80 bei Auf-Putz-, Unter-Putz- und Hohlwandverrohrung einschließlich Klemmenmaterial
- Endstücke, Wandanschlüsse sowie die Herstellung von Ausschnitten und Bohrungen für Kabeleinführungen in Tragsystemen (z. B. in Kabelrinnen und Kabelkanälen)
- Entgraten von Schnittkanten, die aus Stahlblech zusätzlich korrosionsgeschützt (z. B. kalt verzinkt) sind

mit enthalten ist.

Die ULG 0916 besagt, die Brüstungskanäle an Wänden, Decken oder an Tragsystemen zu verlegen. Ebenso das Befestigen von Trennwänden und das Anbringen eines Befestigungsprofils für Gerätedosen, ebenso muss bei Kanälen aus Metall eine Schutzleiteranschlussvorrichtung vorgesehen werden.

Folgend werden allgemeine, wichtige Informationen zur Datenaufnahme bereitgestellt. Diese bestehen aus der Gliederung der Ablaufarten des Arbeitsvorgangs und dem Beobachtungszeitraum.

6.2.1 Brüstungskanalmontage



Abbildung 6-12: MG - Montierter Brüstungskanal

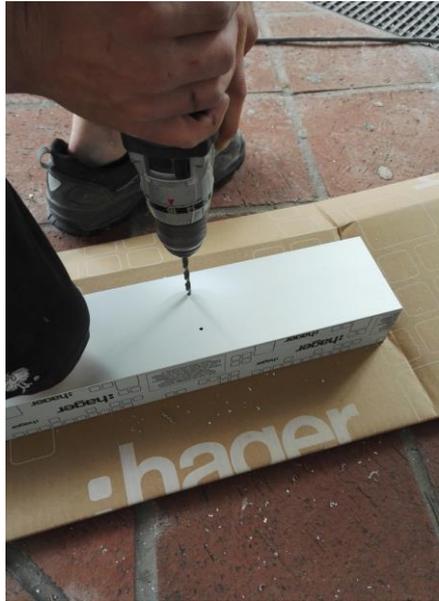


Abbildung 6-13: MG - Brüstungskanal Montagelöcher bohren

6.2.1.1 Ablaufartengliederung der Brüstungskanalmontage

Haupttätigkeit

- Schiene schneiden/vorbohren
- Bohren und Dübel setzen
- Schiene montieren

Nebentätigkeit

- Plan lesen, Diskussionen, Teambesprechung
- Leiter holen, aufstellen
- Werkzeug/Material holen, vorbereiten
- Montieren (Bohren, Schneiden, Sägen)
- Anzeichnen inkl. festlegen der Installationswege + Ausmessen

Zusätzliche Tätigkeit

- Abstimmungen mit den maßgebenden Gewerken auf der Baustelle
- Abfälle beseitigen
- Kontrolle Kabel/Trasse/etc.
- Material wegräumen (z. B. angeliefertes)

- Anderen Helfen
- Kabel einziehen

Ablaufbedingte Unterbrechung

- Telefonieren
- Arbeitsplatzwechsel (z. B. anderes Stockwerk etc.)
- Warten während der Tätigkeit

Störungsbedingte Unterbrechung

- Ungenaue, unverständliche Planung
- Fehlende Führung (Arbeiter bekommt keine Anweisung seitens seiner Firma)
- Ungenaue Ausführung der Vorarbeiten (z. B. falsch hergeschnitten)
- Fehlendes Material (wenn nicht auf Baustelle/kein Werkzeug)

Erholungsbedingte Unterbrechung

- Stehen, zuschauen, nichts tun (Erschöpfung)

Persönlich bedingte Unterbrechung

- Eigene Pause (Rauchen, Toilette, Trinken, etc.)
- Abwesenheit (Brotzeit holen)

Nicht erkennbar

- Nicht im Sichtbereich
- Nicht erkennbare Tätigkeit

6.2.1.2 Beobachtungszeitraum der Brüstungskanalmontage

In Tabelle 6-5 sind die jeweiligen Beobachtungstage, beobachtete Personenanzahl sowie die aufgenommene Zeit aufgelistet.

Tabelle 6-5: MG - Beobachtungszeitraum Brüstungskanalmontage

Tag	28.07.2016	04.08.2016
Personen	2	2
Dauer [h]	3,5	7,5

6.2.1.3 Aufwandswert für die Brüstungskanalmontage

Für die Ermittlung des Aufwandswertes für die Montage des Brüstungskanals wurden die Zeiten der Ablaufarten aus der Abbildung 6-14 herangezogen. Diese wurden auf der Baustelle gemessen. Insgesamt wurden dabei **45,15 m** an Brüstungskanal eingebaut.

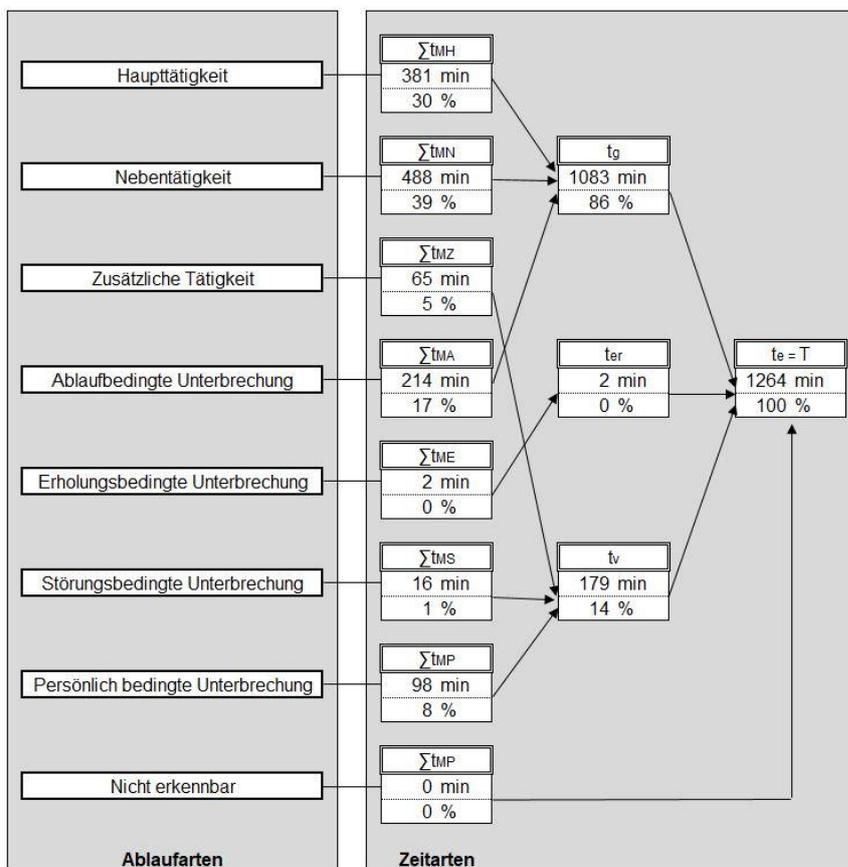


Abbildung 6-14: MG - Zeiten für Aufwandswert Brüstungskanalmontage

Absolute Vertrauensbereiche für die Montage des Brüstungskanals

In Abbildung 6-15 ist die Verteilung der Zeiten graphisch dargestellt. Es werden für alle Zeitarten die absoluten Vertrauensbereiche ermittelt:

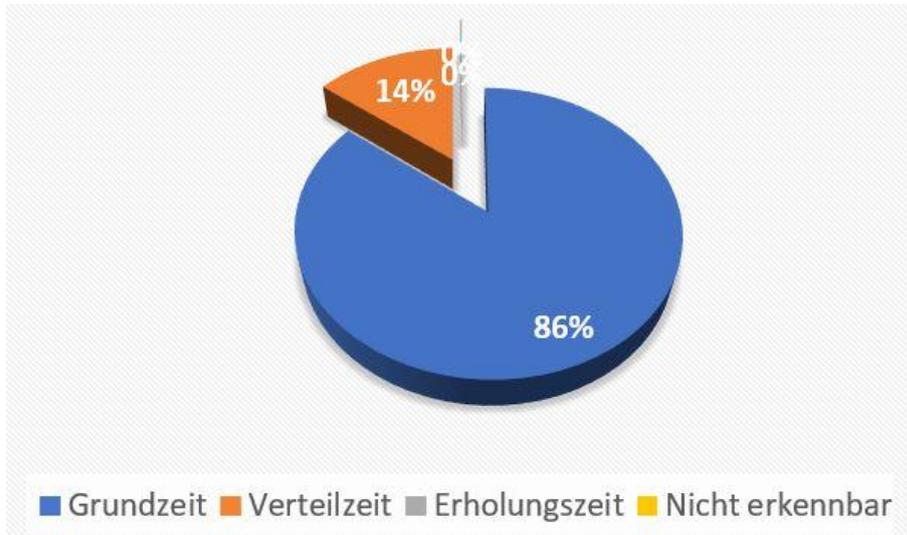


Abbildung 6-15: MG - Grundzeit/Verteilzeit/Erholungszeit – Brüstungskanalmontage

Grundzeit

$$f_i^I = \pm 1,96 * \sqrt{\frac{86\% * (100\% - 86\%)}{1264}} = \pm 1,91\%$$

Es ist nach Abschluss der Multimomentaufnahme sicher (95% Sicherheit), dass der wahre, jedoch unbekannte Anteil der Grundzeit weniger als **1,91%** von dem Multimomentergebnis abweicht.

Verteilzeit

$$f_i^I = \pm 1,96 * \sqrt{\frac{14\% * (100\% - 14\%)}{1264}} = \pm 1,91\%$$

Es ist nach Abschluss der Multimomentaufnahme sicher (95% Sicherheit), dass der wahre, jedoch unbekannte Anteil der Verteilzeit weniger als **1,91%** von dem Multimomentergebnis abweicht.

Erholungszeit

$$f_i^I = \pm 1,96 * \sqrt{\frac{0\% * (100\% - 0\%)}{1264}} = \pm 0,00\%$$

Es ist nach Abschluss der Multimomentaufnahme sicher (95% Sicherheit), dass der wahre, jedoch unbekannte Anteil der Erholungszeit weniger als **0,00%** von dem Multimomentergebnis abweicht.

Der im Punkt 4.1.2 geforderte absolute Vertrauensbereich von 4% wurde in allen Fällen unterschritten.

Ermittlung des Aufwandswertes

Wie in Abbildung 6-14 ersichtlich, setzt sich die Gesamtzeit $T = t_e$ aus t_g , t_{er} und t_v zusammen. Nachfolgend wird die Zeit je Einheit, also der Aufwandswert mit Haupttätigkeit, Nebentätigkeit und ablaufbedingten Unterbrechungen ermittelt und es werden Prozentsätze für Erholungs- (z_{er}) und Verteilzeit (z_v) angegeben und dem Aufwandswert aufgeschlagen:

$$\text{Aufwandswert} \left[\frac{\text{min}}{\text{m}} \right] = \frac{\sum \text{Lohnstunden} [\text{min}]}{\text{Eingebaute Brüstungskanallänge} [\text{m}]}$$

Aufwandswert der Grundzeit:

$$AW_{t_g, BK, M} = \frac{1083 \text{ min}}{45,15 \text{ m}} = \mathbf{23,99 \frac{\text{min}}{\text{m}}}$$

Berechnung der Erholungs- (z_{er}) und Verteilzeitprozentätze (z_v):

$$z_{er, BK, M} = \frac{t_{er} [\text{min}]}{t_g [\text{min}]} * 100\% = \frac{2 \text{ min}}{1083 \text{ min}} * 100\% = \mathbf{0,18\%}$$

$$z_{v, BK, M} = \frac{t_v [\text{min}]}{t_g [\text{min}]} * 100\% = \frac{179 \text{ min}}{1083 \text{ min}} * 100\% = \mathbf{16,53\%}$$

Aufwandswert der Erholungszeit:

$$AW_{t_{er}, BK, M} = \frac{z_{er, BK, M}}{100\%} * AW_{t_g, BK, M} = \frac{0,18\%}{100\%} * 23,99 \frac{\text{min}}{\text{m}} = \mathbf{0,04 \frac{\text{min}}{\text{m}}}$$

Aufwandswert der Verteilzeit:

$$AW_{t_v, BK, M} = \frac{z_{v, BK, M}}{100\%} * AW_{t_g, BK, M} = \frac{16,53\%}{100\%} * 23,99 \frac{\text{min}}{\text{m}} = \mathbf{3,97 \frac{\text{min}}{\text{m}}}$$

Gesamtaufwandswert Brüstungskanalmontage:

$$AW_{BK, M} = AW_{t_g, BK, M} + AW_{t_{er}, BK, M} + AW_{t_v, BK, M} = \mathbf{28,00 \frac{\text{min}}{\text{m}}}$$

Zusammensetzung des Aufwandswertes für die Brüstungskanalmontage

Dieser Aufwandswert ist aus Ablaufgründen in zwei Schritten ermittelt worden. Der Aufwandswert beschreibt das Schneiden und Anbringen des Brüstungskanals. Hier ist ein großer Teil an Nebentätigkeiten zu sehen. Dieser entstand durch ständiges Holen und Suchen von Werkzeug, da zu wenig auf der Baustelle vorhanden war. Als Beispiel sind hier Akkuschauber inkl. Zubehör zu nennen. Für sechs Bauarbeiter waren nur zwei Akkuschauber zur Verfügung gestanden. Die Arbeiter waren ansonsten motiviert mit hoher Arbeitsbereitschaft.

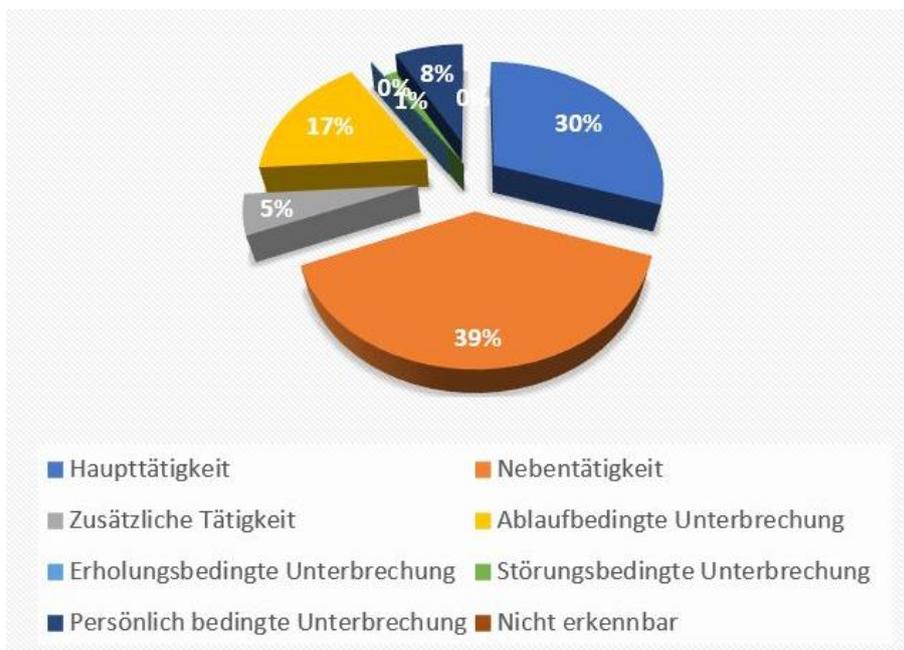


Abbildung 6-16: MG - Zusammensetzung der Zeit für die Brüstungskanalmontage

6.2.1.4 Mitarbeiteranalyse Brüstungskanalmontage

Nachfolgend werden die einzelnen Arbeitstage analysiert, die Mitarbeiter beschrieben und die jeweiligen Arbeitstage nach Ablaufarten illustriert.

Mitarbeiterbeschreibung und Analyse der gesamten Tagesleistungen

Die Bezeichnung der Arbeitskräfte setzt sich aus Baustelle-Arbeitskraft-Vorname zusammen. Informationen zu den einzelnen Arbeitern wurden aus persönlichen Gesprächen entnommen.

MG-AK2-G:

- Zwischen 40 und 55 Jahre alt
- Nationalität: Österreich
- Leiharbeiter
- Sehr motiviert
- Selbstständiges Arbeiten und Lösen von Problemen

MG-AK3-B:

- Zwischen 30 und 35 Jahre alt
- Nationalität: Österreich
- Leiharbeiter (Gelernter Elektriker ohne Abschlussprüfung)
- Sehr motiviert
- Selbstständiges Arbeiten und Lösen von Problemen

Prozentuale Gliederung aller Ablaufarten der jeweiligen Arbeitstage aller Arbeiter:

In Tabelle 6-6 sind alle Aufnahmetage und der prozentuale Anteil jeder Ablaufart aufgelistet.

Die Ursachen der Schwankungen werden für jeden einzelnen Tag nachfolgend erläutert.

Tabelle 6-6: MG - Ablaufarten in Prozent (Brüstungskanalmontage)

Übersicht aller Arbeitskräfte	Datum	28.07.16	04.08.16	Gesamt
Baustelle: Monsbergergasse 16 Graz	Wo-Tag	Do	Do	
Ablaufarten				
Haupttätigkeit		31%	30%	30%
Nebentätigkeit		37%	40%	39%
zusätzl. Tätigkeit		4%	6%	5%
Ablaufbedingte Unterbrechung		15%	18%	17%
Störungsbedingt Unterbrechung		3%	1%	1%
Erholungsbedingt Unterbrechung		0%	0%	0%
Persönlich bedingt Unterbrechung		11%	6%	8%
nicht erkennbare Tätigkeiten		0%	0%	0%
	Σ	100%	100%	100%

Mitarbeiteranalyse am 28.07.2016

Nachdem eine Übersicht über alle Arbeitstage gegeben wurde, wird nun jeder einzelne Arbeitstag betrachtet. An diesem Tag bestand das Team aus **MG-AK2-G** und **MG-AK3-B**.

Ablaufarten MG-AK2-G:

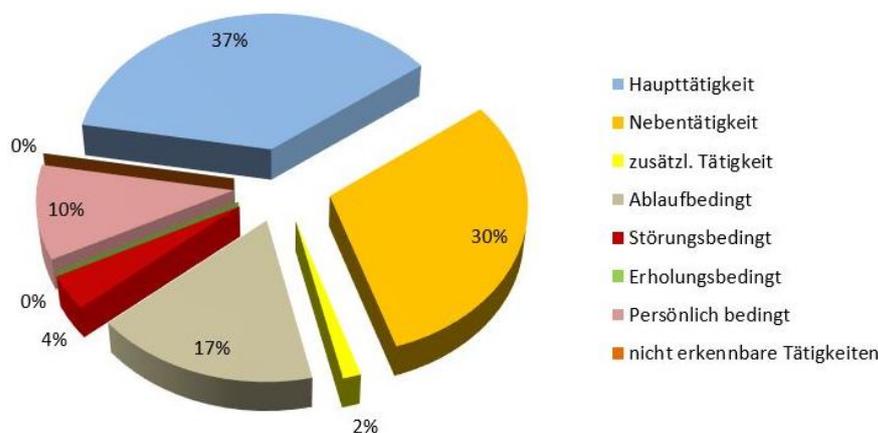


Abbildung 6-17: Ablaufarten MG-AK2-G (Brüstungskanalmontage, 28.07.2016)

Ablaufarten MG-AK3-B:

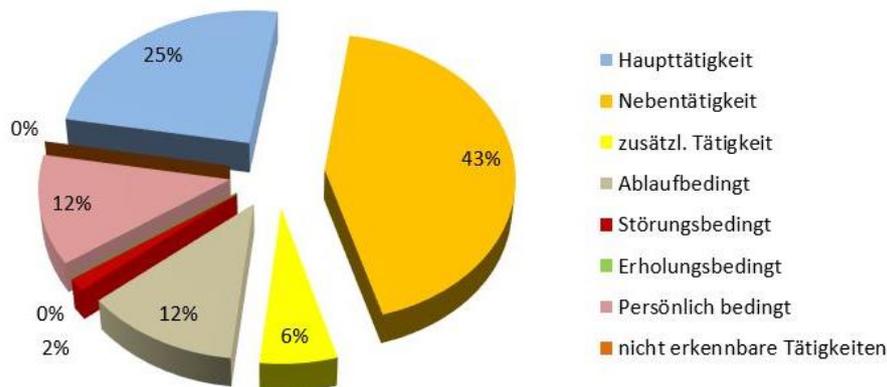


Abbildung 6-18: Ablaufarten MG-AK3-B (Brüstungskanalmontage, 28.07.2016)

Tagesanalyse/Vorkommnisse/Probleme

Einbaumenge:

Tabelle 6-7: MG - Brüstungskanalmontage am 28.07.2016

Zi. Nr.:	132	133	134	137.1	137.2	138
Einbaulänge [m]:	1,18	3,19	3,185	3,18	3,195	3,19
Σ Einbaulänge:	17,12 m					

Zusätzliche Informationen:

- An diesem Tag waren zwei Leiharbeiter mit den Aufgaben des Herstellens von Brüstungskanälen betraut.
- Nachdem die Einweisung und die Baustelleneinrichtung abgeschlossen war, wurden Kabel gezogen, was für diese Analyse uninteressant war.
- Begonnen wurde gegen 8 Uhr mit der Montage von 2 m langen Brüstungskanälen, die montiert wurden, um die Extralängen für den Zuschnitt herauszumessen.
- Dabei hat sich der Arbeiter die Maße notiert, um alle Extralängen gleichzeitig zu schneiden.
- Der Zuschnitt fand außerhalb des Gebäudes statt.
- Bei Betonwänden wurden selbstbohrende Multi-Monti Schrauben verwendet und bei Ziegel Dübel und Schrauben.
- MG-AK3-B hat an diesem Tag fast ausschließlich zugearbeitet.

Ablaufarten aller AK:

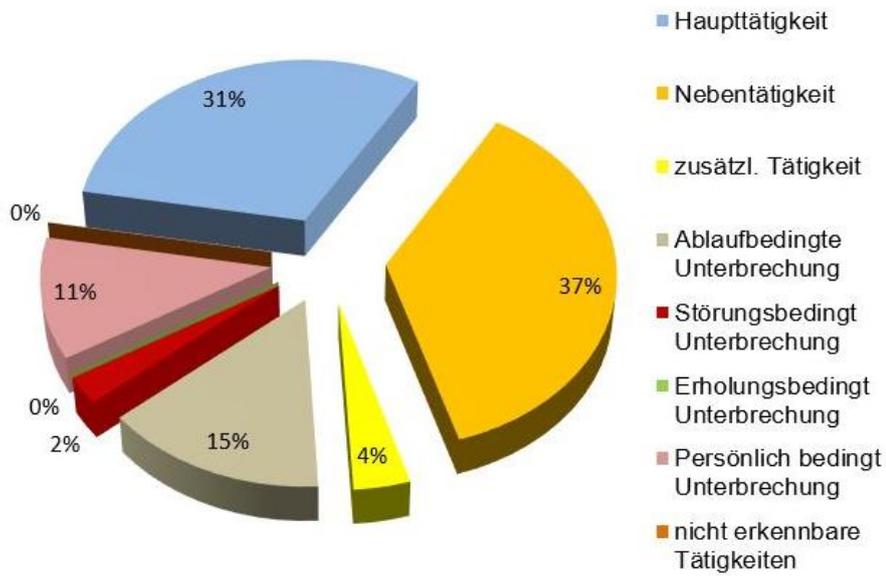


Abbildung 6-19: Ablaufarten MG-aller AK (Brüstungskanalmontage, 28.07.2016)

Mitarbeiteranalyse am 04.08.2016

An diesem Tag bestand das Team aus **MG-AK2-G** und **MG-AK3-B**.

Ablaufarten MG-AK2-G:

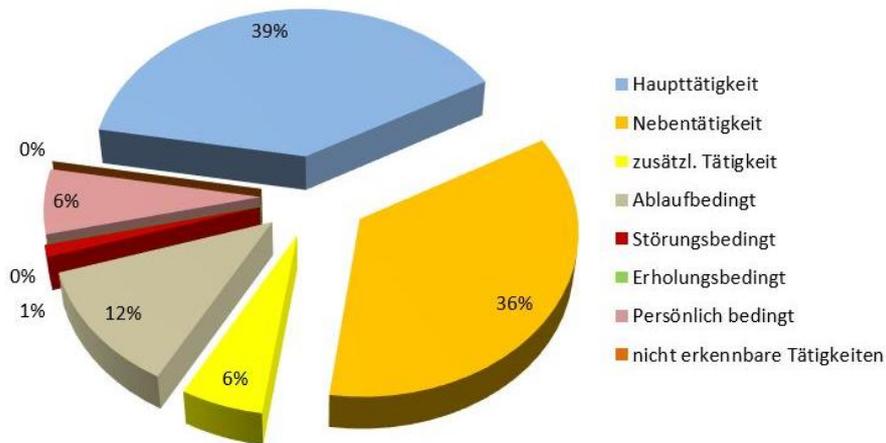


Abbildung 6-20: Ablaufarten MG-AK2-G (Brüstungskanalmontage, 04.08.2016)

Ablaufarten MG-AK3-B:

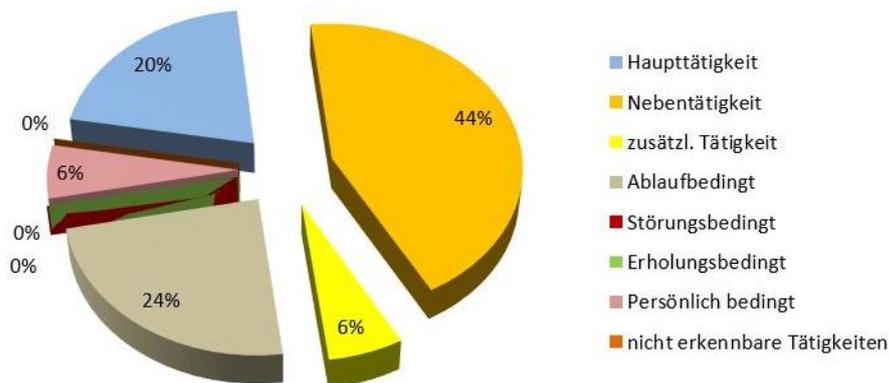


Abbildung 6-21: Ablaufarten MG-AK3-B (Brüstungskanalmontage, 04.08.2016)

Tagesanalyse / Vorkommnisse / Probleme

Einbaumenge:

Tabelle 6-8: MG - Brüstungskanalmontage am 04.08.2016

Zi. Nr.:	013	016	015	014	053	054	055	048	049
Einbaulänge [m]:	4,08	2,75	2,50	2,75	3,19	3,19	3,19	3,19	3,19
Σ Einbaulänge:	28,03 m								

Zusätzliche Informationen:

- Es wurden Brüstungskanalreste in den Räumen 013 – 016 verwendet.
- In unserem DEB Punkt – Warten während der Tätigkeit – kommen noch die Tätigkeiten Material und Werkzeug, dem auf der Leiter Stehenden geben, dazu.
- Der Punkt: „Werkzeug holen“ beinhaltet auch das Suchen von Werkzeug.
- MG-AK3-B hat an diesem Tag viel zugearbeitet.

Ablaufarten aller AK:

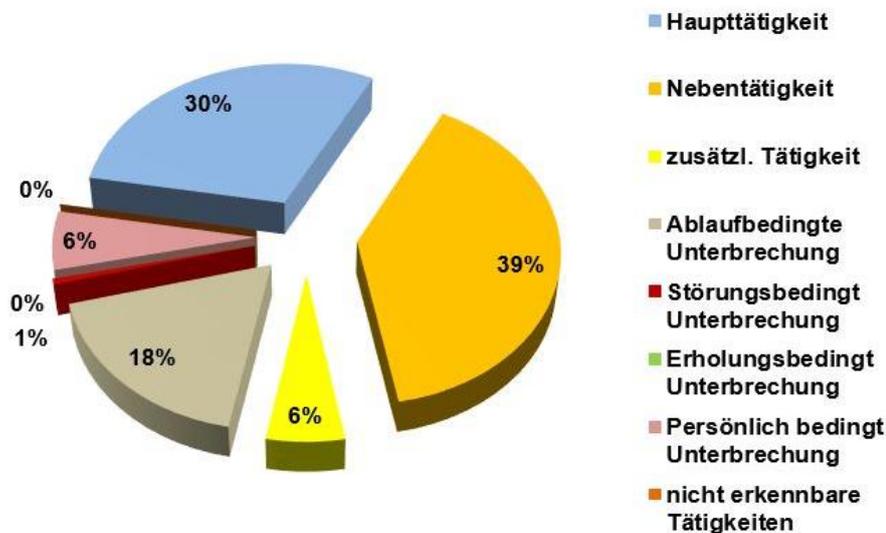


Abbildung 6-22: Ablaufarten MG-aller AK (Brüstungskanalmontage, 04.08.2016)

6.2.2 Brüstungskanalkomplementierung



Abbildung 6-23: MG - Montierter Brüstungskanal mit Deckelschiene (rechter Bildrand)



Abbildung 6-24: MG - Leerdosen

6.2.2.1 Ablaufartengliederung der Brüstungskanalkomplementierung

Haupttätigkeit

- Leerdose einsetzen/Kabel einziehen/Deckel montieren/Folie entfernen
- Deckel schneiden

Nebentätigkeit

- Plan lesen, Diskussionen, Teambesprechung
- Leiter holen, aufstellen
- Werkzeug/Material holen, vorbereiten
- Montieren (Bohren, Schneiden, Sägen)
- Anzeichnen inkl. festlegen der Installationswege + Ausmessen
- Auspacken
- Decken abhängen

Zusätzliche Tätigkeit

- Abstimmungen mit den maßgebenden Gewerken auf der Baustelle
- Abfälle beseitigen
- Kontrolle Kabel/Trasse/etc.
- Material wegräumen (z. B. angeliefertes)
- Anderen Helfen
- Demontage

Ablaufbedingte Unterbrechung

- Telefonieren
- Arbeitsplatzwechsel (z. B. anderes Stockwerk etc.)
- Warten während der Tätigkeit

Störungsbedingte Unterbrechung

- Ungenaue, unverständliche Planung
- Fehlende Führung (Arbeiter bekommt keine Anweisung seitens seiner Firma)
- Ungenaue Ausführung der Vorarbeiten (z. B. falsch hergeschnitten)
- Fehlendes Material (wenn nicht auf Baustelle/kein Werkzeug)

Erholungsbedingte Unterbrechung

- Stehen, zuschauen, nichts tun (Erschöpfung)

Persönlich bedingte Unterbrechung

- Eigene Pause (Rauchen, Toilette, Trinken, etc.)
- Abwesenheit (Brotzeit holen)

Nicht erkennbar

- Nicht im Sichtbereich
- Nicht erkennbare Tätigkeit

6.2.2.2 Beobachtungszeitraum der Brüstungskanalkomplementierung

In Tabelle 6-9 sind die jeweiligen Beobachtungstage, beobachtete Personenanzahl sowie die aufgenommene Zeit aufgelistet.

Tabelle 6-9: MG - Beobachtungszeitraum Brüstungskanalkomplementierung

Tag	05.08.2016	10.08.2016
Personen	2	2
Dauer [h]	1,1	6,2

6.2.2.3 Aufwandswert für Brüstungskanalkomplementierung

Für die Ermittlung des Aufwandswertes für die Komplementierung des Brüstungskanals wurden die Zeiten der Ablaufarten aus der Abbildung 6-25 herangezogen. Diese wurden auf der Baustelle gemessen. Insgesamt wurden dabei **89,52 m** an Brüstungskanal komplementiert.

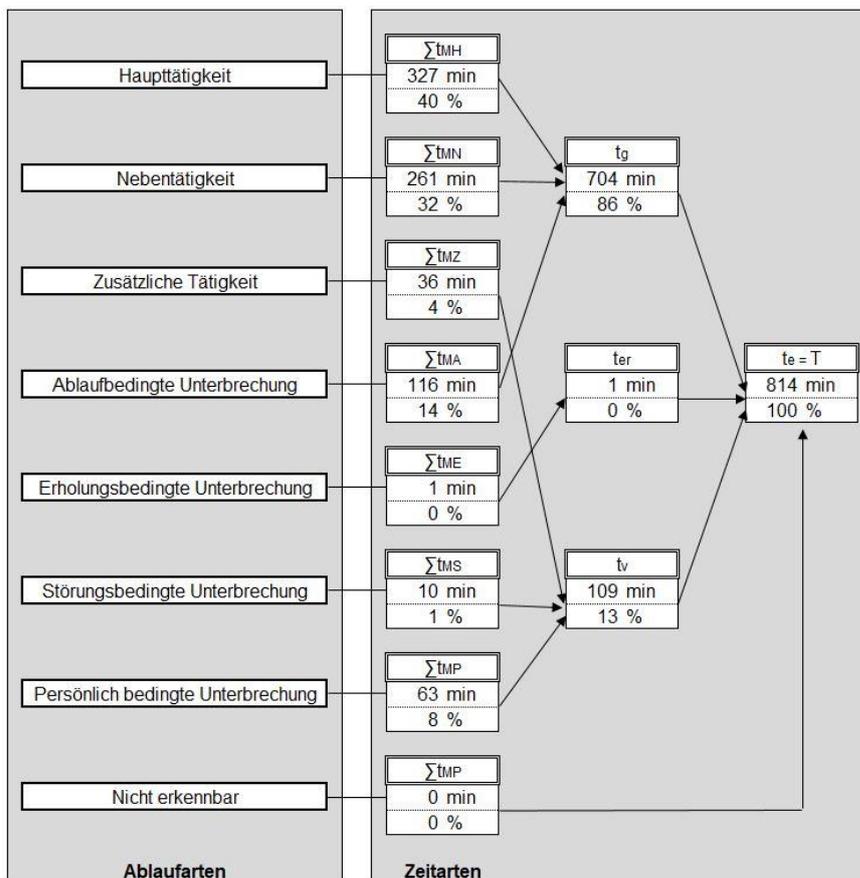


Abbildung 6-25: MG - Zeiten für Aufwandswert Brüstungskanalkomplementierung

Absolute Vertrauensbereiche für die Komplementierung des Brüstungskanals

In Abbildung 6-26 ist die Verteilung der Zeiten graphisch dargestellt. Es werden für alle Zeitarten die absoluten Vertrauensbereiche ermittelt:



Abbildung 6-26: MG - Grundzeit/Verteilzeit/Erholungszeit – Brüstungskanalkomplementierung

Grundzeit

$$f_i^I = \pm 1,96 * \sqrt{\frac{87\% * (100\% - 87\%)}{814}} = \pm 2,31\%$$

Es ist nach Abschluss der Multimomentaufnahme sicher (95% Sicherheit), dass der wahre, jedoch unbekannte Anteil der Grundzeit weniger als **2,31%** von dem Multimomentergebnis abweicht.

Verteilzeit

$$f_i^I = \pm 1,96 * \sqrt{\frac{13\% * (100\% - 13\%)}{814}} = \pm 2,31\%$$

Es ist nach Abschluss der Multimomentaufnahme sicher (95% Sicherheit), dass der wahre, jedoch unbekannte Anteil der Verteilzeit weniger als **2,31%** von dem Multimomentergebnis abweicht.

Erholungszeit

$$f_i^I = \pm 1,96 * \sqrt{\frac{0\% * (100\% - 0\%)}{1264}} = \pm 0,00\%$$

Es ist nach Abschluss der Multimomentaufnahme sicher (95% Sicherheit), dass der wahre, jedoch unbekannte Anteil der Erholungszeit weniger als **0,00%** von dem Multimomentergebnis abweicht.

Der im Punkt 4.1.2 geforderte absolute Vertrauensbereich von 4% wurde in allen Fällen unterschritten.

Ermittlung des Aufwandswertes

Wie in Abbildung 6-25 ersichtlich, setzt sich die Gesamtzeit $T = t_e$ aus t_g , t_{er} und t_v zusammen. Nachfolgend wird die Zeit je Einheit, also der Aufwandswert mit Haupttätigkeit, Nebentätigkeit und ablaufbedingten Unterbrechungen ermittelt und es werden Prozentsätze für Erholungs- (z_{er}) und Verteilzeit (z_v) angegeben und dem Aufwandswert aufgeschlagen:

$$\text{Aufwandswert} \left[\frac{\text{min}}{\text{m}} \right] = \frac{\sum \text{Lohnstunden} [\text{min}]}{\text{Komplementierte Brüstungskanallänge} [\text{m}]}$$

Aufwandswert der Grundzeit:

$$AW_{t_g, BK, K} = \frac{704 \text{ min}}{89,52 \text{ m}} = 7,86 \frac{\text{min}}{\text{m}}$$

Berechnung der Erholungs- (z_{er}) und Verteilzeitprozentätze (z_v):

$$z_{er, BK, K} = \frac{t_{er} [\text{min}]}{t_g [\text{min}]} * 100\% = \frac{1 \text{ min}}{704 \text{ min}} * 100\% = 0,14\%$$

$$z_{v, BK, K} = \frac{t_v [\text{min}]}{t_g [\text{min}]} * 100\% = \frac{109 \text{ min}}{704 \text{ min}} * 100\% = 15,48\%$$

Aufwandswert der Erholungszeit:

$$AW_{t_{er}, BK, K} = \frac{z_{er, BK, K}}{100\%} * AW_{t_g, BK, K} = \frac{0,14\%}{100\%} * 7,86 \frac{\text{min}}{\text{m}} = 0,01 \frac{\text{min}}{\text{m}}$$

Aufwandswert der Verteilzeit:

$$AW_{t_v, BK, K} = \frac{z_{v, BK, K}}{100\%} * AW_{t_g, BK, K} = \frac{15,48\%}{100\%} * 7,86 \frac{\text{min}}{\text{m}} = 1,22 \frac{\text{min}}{\text{m}}$$

Gesamtaufwandswert Brüstungskanalkomplementierung:

$$AW_{BK, K} = AW_{t_g, BK, K} + AW_{t_{er}, BK, K} + AW_{t_v, BK, K} = 9,09 \frac{\text{min}}{\text{m}}$$

Zusammensetzung des Aufwandswertes für Brüstungskanalkomplementierung

Dieser Aufwandswert ist aus Ablaufgründen in zwei Schritten ermittelt worden. Dieser Wert beinhaltet das Einsetzen der Leerdose inkl. Einzug der Kabel sowie das Schließen des Brüstungskanals durch Schneiden und Einbauen des Deckels. Hier ist ein großer Teil an Nebentätigkeiten zu sehen. Dieser entstand durch ständiges Holen und Suchen von Werkzeug, da zu wenig auf der Baustelle vorhanden war.

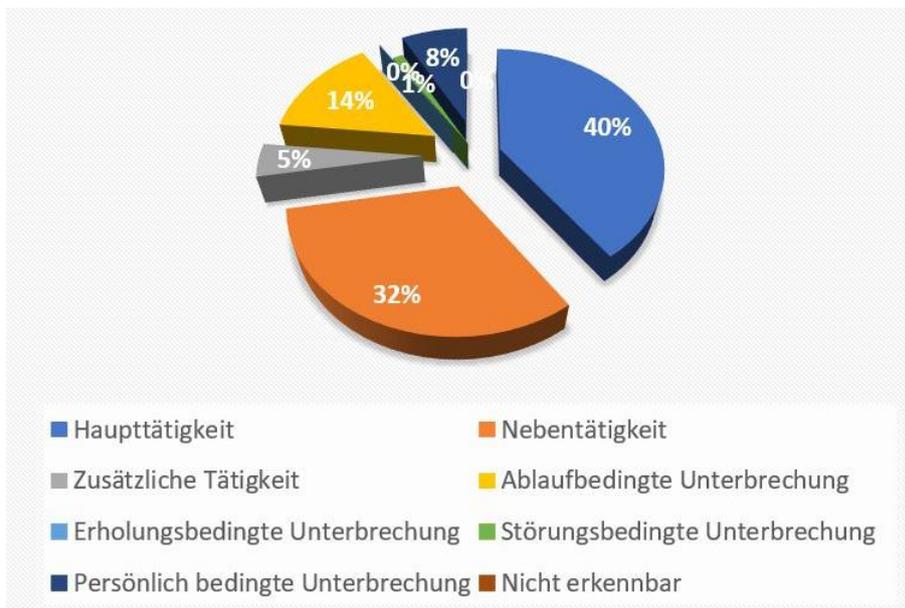


Abbildung 6-27: MG - Zusammensetzung der Zeit für die Brüstungskanalkomplementierung

6.2.2.4 Mitarbeiteranalyse

Nachfolgend werden die einzelnen Arbeitstage analysiert, die Mitarbeiter beschrieben und die jeweiligen Arbeitstage nach Ablaufarten illustriert.

Mitarbeiterbeschreibung und Analyse der gesamten Tagesleistungen

Die Bezeichnung der Arbeitskräfte setzt sich aus Baustelle-Arbeitskraft-Vorname zusammen. Informationen zu den einzelnen Arbeitern wurden aus persönlichen Gesprächen entnommen.

MG-AK2-G:

Siehe Punkt 6.2.1.4.

MG-AK3-B:

Siehe Punkt 6.2.1.4.

MG-AK4-K:

- Ca. 22 Jahre alt
- Nationalität: Österreich
- Angestellter der Hereschwerke Regeltechnik GmbH (Frisch aus dem Bundesheer)
- Hohe Kompetenz und Gute Fertigkeiten
- Selbstständiges Arbeiten

MG-AK5-D:

- Zwischen 30 und 45 Jahre alt
- Nationalität: Österreich
- Leiharbeiter
- Sehr geringe Motivation
- Sehr hohe Kompetenz und gute Fertigkeiten

Prozentuale Gliederung aller Ablaufarten der jeweiligen Arbeitstage aller Arbeiter:

In Tabelle 6-10 sind alle Aufnahmetage und der prozentuale Anteil jeder Ablaufart aufgelistet.

Die Ursachen der Schwankungen werden für jeden einzelnen Tag nachfolgend erläutert.

Tabelle 6-10: MG - Ablaufarten in Prozent (Brüstungskanalkomplementierung)

Übersicht aller Arbeitskräfte	Datum	05.08.16	10.08.16	Gesamt
Baustelle: Monsbergergasse 16 Graz	Wo-Tag	Fr	Mi	
Ablaufarten				
Haupttätigkeit		44%	39%	40%
Nebentätigkeit		29%	33%	32%
zusätzl. Tätigkeit		10%	3%	4%
Ablaufbedingte Unterbrechung		17%	14%	14%
Störungsbedingt Unterbrechung		0%	1%	1%
Erholungsbedingt Unterbrechung		0%	0%	0%
Persönlich bedingt Unterbrechung		0%	9%	8%
nicht erkennbare Tätigkeiten		0%	0%	0%
	Σ	100%	100%	100%

Mitarbeiteranalyse am 05.08.2016

Nachdem eine Übersicht über alle Arbeitstage gegeben wurde, wird nun jeder einzelne Arbeitstag betrachtet. An diesem Tag bestand das Team aus **MG-AK2-G** und **MG-AK3-B**.

Ablaufarten MG-AK2-G:

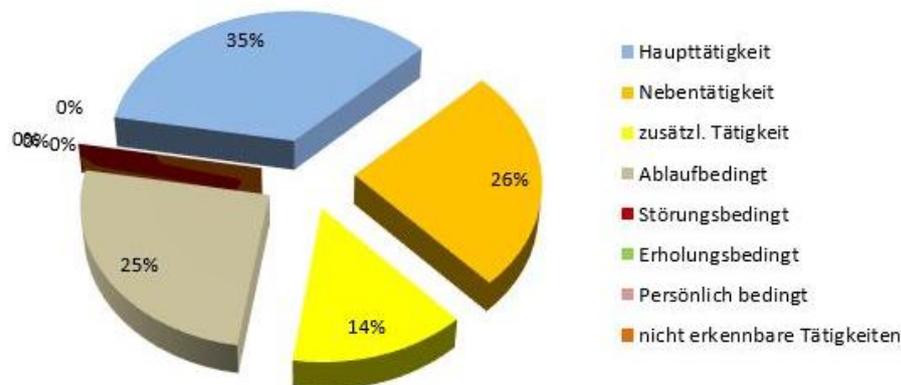


Abbildung 6-28: Ablaufarten MG-AK2-G (Brüstungskanalkomplementierung, 05.08.2016)

Ablaufarten MG-AK3-B:

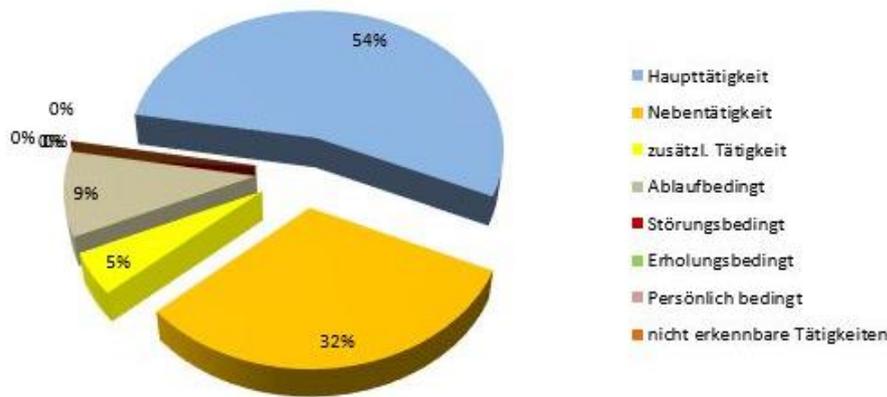


Abbildung 6-29: Ablaufarten MG-AK3-B (Brüstungskanalkomplementierung, 05.08.2016)

Tagesanalyse/Vorkommnisse/Probleme

Einbaumenge:

Tabelle 6-11: MG - Brüstungskanalkomplementierung am 05.08.2016

Zi. Nr.:	105.2	134	137.2	138	140	143	144	145	146
Einbaulänge [m]:	2	2	2	2	2	2	2	2	2
Σ Einbaulänge:	18 m								

Zusätzliche Informationen:

- An diesem Tag waren zwei Leiharbeiter mit den Aufgaben des Komplementierens von Brüstungskanälen betraut.
- Nachdem die Einweisung und die Baustelleneinrichtung abgeschlossen war, wurden Kabel gezogen, was für diese Analyse uninteressant war.
- Begonnen wurde gegen 10:28 Uhr mit der Montage der Brüstungskanaldeckel von 2 m Länge.
- MG-AK3-B hat an diesem Tag MG-AK2-G zugearbeitet. Teils haben sich die Arbeitskräfte aufgeteilt und in verschiedenen Räume gearbeitet.

Ablaufarten aller AK:

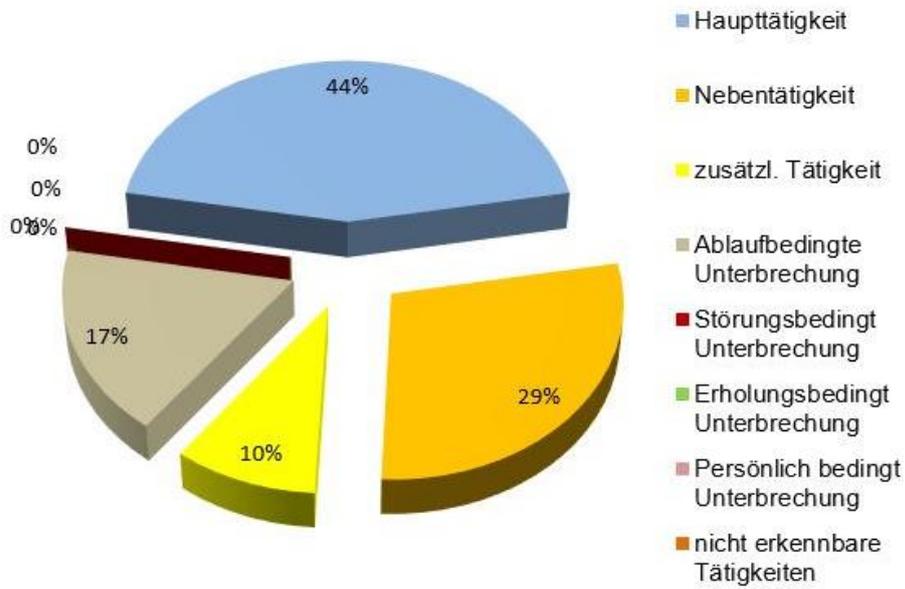


Abbildung 6-30: Ablaufarten MG-aller AK (Brüstungskanalkomplementierung, 05.08.2016)

Mitarbeiteranalyse am 10.08.2016

An diesem Tag bestand das Team aus **MG-AK4-K** und **MG-AK5-D**.

Ablaufarten MG-AK4-K:

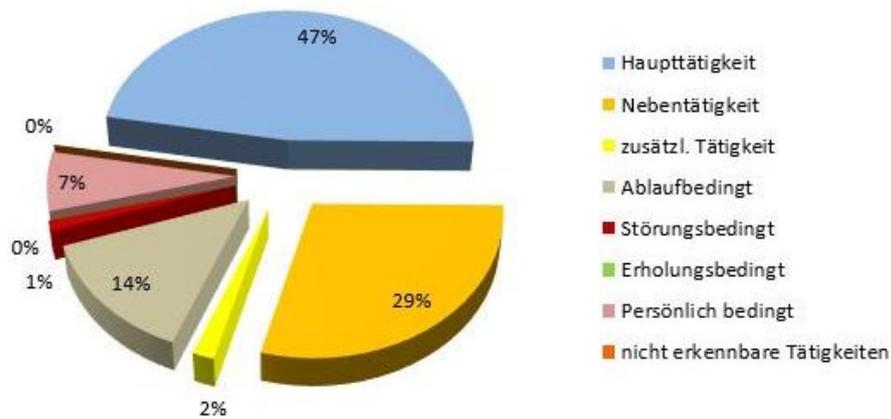


Abbildung 6-31: Ablaufarten MG-AK4-K (Brüstungskanalkomplementierung, 10.08.2016)

Ablaufarten MG-AK5-D:

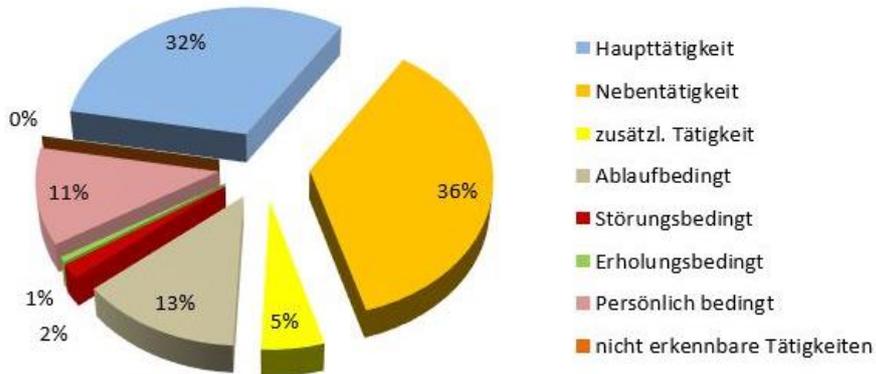


Abbildung 6-32: Ablaufarten MG-AK5-D (Brüstungskanalkomplementierung, 10.08.2016)

Tagesanalyse / Vorkommnisse / Probleme

Einbaumenge:

Tabelle 6-12: MG - Brüstungskanalkomplementierung am 10.08.2016

Zi. Nr.:	108	109	110	131	132	134	137.1	138	139
Einbaulänge [m]	3,12	1,12	3,13	1,11	1,12	1,15	1,12	1,12	2,99
Zi. Nr.:	140	143	144	145	146	231	232	233	234
Einbaulänge [m]:	1,13	1,12	1,13	1,11	1,12	3,11	3,13	3,15	3,12
Zi. Nr.:	237	238	239	240	243	244	245	246	012
Einbaulänge [m]:	2,99	3,14	3,19	3,13	2,2	3,12	1,13	3,12	2,2
Zi. Nr.:	013	048	049	053	054	055			
Einbaulänge [m]:	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2			
Σ Einbaulänge:	71,52 m								

Zusätzliche Informationen:

- An diesem Tag wurden Deckel zugeschnitten und verbaut.
- Zusätzlich waren jeweils in einem Kabelkanal Leerdosen zu setzen.
- Beide Arbeitskräfte haben selbstständig ihre Räume durchgearbeitet.

Ablaufarten aller AK:

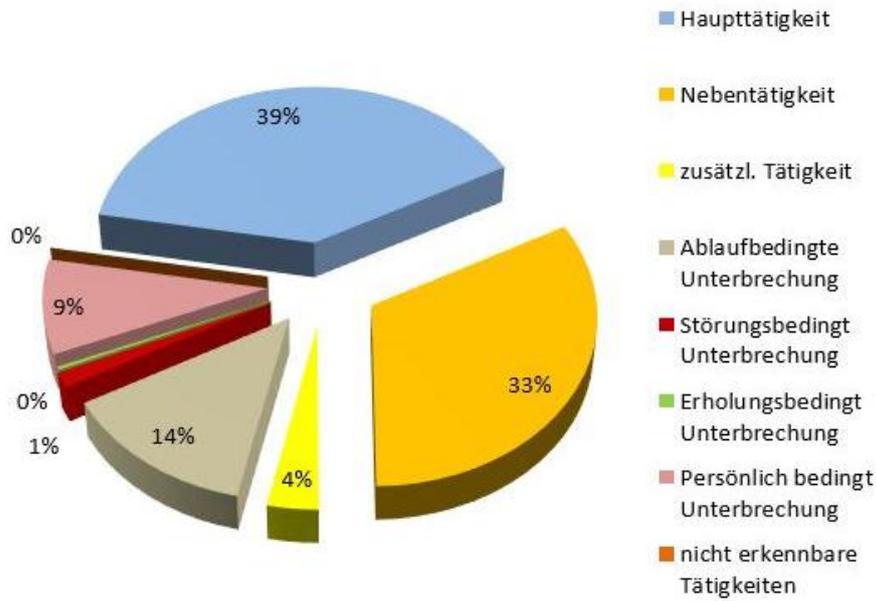


Abbildung 6-33: Ablaufarten MG-aller AK (Brüstungskanalkomplementierung, 10.08.2016)

6.3 Brandmeldeeinrichtung

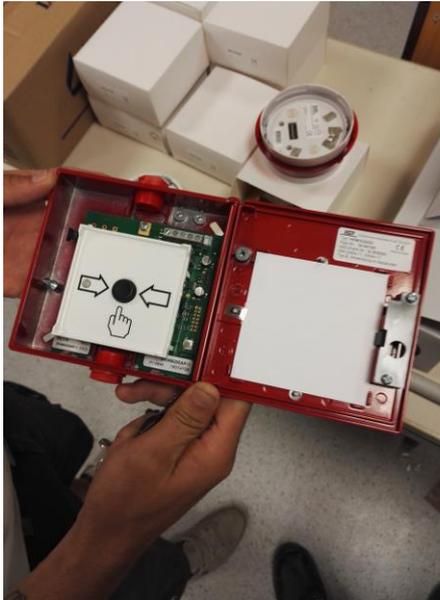


Abbildung 6-34: MG - Druckknopf-
melder



Abbildung 6-35: MG – Montage
Druckknopfmelder



Abbildung 6-36: MG - Montierter
Rauchmelder



Abbildung 6-37: MG – Akustischer
Signalgeber

6.3.1 Allgemein

Es wurden drei einzelne Werte der Kategorie Brandmeldeeinrichtung ermittelt.

Druckknopfmelder

Leistungsbeschreibung Haustechnik (LB HT), Leistungsgruppe (LG) 21 Sicherheitstechnik – Unterleistungsgruppe (ULG) 2111 Brandmeldeanlagen in der BUS-Technik.

Der im Punkt 6.3.2.2 ermittelte Aufwandswert für Druckknopfmelder kann für die Kalkulation der nachfolgenden Position verwendet werden.

- Positionsnummer:
211118A Druckknopfmelder Innenmontage rot

Rauchmelder

Leistungsbeschreibung Haustechnik (LB HT), Leistungsgruppe (LG) 21 Sicherheitstechnik – Unterleistungsgruppe (ULG) 2103 Sicherheitstechnik Kleinanlage.

Der im Punkt 6.3.2.3 ermittelte Aufwandswert für Rauchmelder kann für die Kalkulation der nachfolgenden Position verwendet werden.

- Positionsnummer:
210301A Rauchmelder WB m.drahtgebundener Vernetzung

Akustische Signalgeber

Leistungsbeschreibung Haustechnik (LB HT), Leistungsgruppe (LG) 08 Kabel und Leitungen – Unterleistungsgruppe (ULG) 2111 Brandmeldeanlagen in der BUS-Technik.

Der im Punkt 6.3.2.4 ermittelte Aufwandswert für akustische Signalgeber kann für die Kalkulation der nachfolgenden Position verwendet werden.

- Positionsnummer:
211137A Akustische Signalgeber 24V innen

Folgend werden allgemeine, wichtige Informationen zur Datenaufnahme bereitgestellt. Diese bestehen aus der Gliederung der Ablaufarten des Arbeitsvorgangs und dem Beobachtungszeitraum.

6.3.1.1 Ablaufartengliederung der Vorbereitung und Montage der Brandmeldeeinrichtung

Die Ablaufartengliederung ist angelehnt an das LB HT. In LG 21 ist als Leistungsumfang festgesetzt, dass die Komponenten/Systeme entsprechend den diesbezüglichen normativen Bestimmungen oder technischen Regeln unter Beachtung der Herstellerangaben montiert und angeschlossen werden. Ebenso beinhaltet die LG:

- die Einarbeitung der produkt- und montagespezifischen Details in die vom Auftraggeber beigestellten Pläne
- die Inbetriebnahme zur Überprüfung der Funktion und zur Justierung der Anlage
- die Beschriftung (nicht handschriftlich)

Haupttätigkeit

- Vorbereitung Druckknopfmelder
- Montage Druckknopfmelder
- Vorbereitung Rauchmelder
- Montage Rauchmelder
- Vorbereitung akustischer Signalgeber
- Montage akustischer Signalgeber

Nebentätigkeit

- Plan lesen, Diskussionen, Teambesprechung
- Leiter holen, aufstellen
- Werkzeug/Material holen, vorbereiten
- Montieren (Bohren, Schneiden, Sägen)
- Anzeichnen inklusive festlegen der Installationswege + Ausmessen

Zusätzliche Tätigkeit

- Abstimmung mit den maßgebenden Gewerken auf der Baustelle
- Abfälle beseitigen und aufräumen
- Kontrolle Kabel/Trasse etc.
- Material wegräumen (z. B. angeliefertes Material)
- Demontage/Kabel ziehen
- Anderen helfen

Ablaufbedingte Unterbrechung

- Telefonieren
- Arbeitsplatzwechsel
- Warten während der Tätigkeit

Störungsbedingte Unterbrechung

- Ungenau, unverständliche Planung
- Fehlende Führung (Arbeiter bekommt keine Anweisung seitens seiner Firma)
- Ungenaue Ausführung der Vorarbeiten (z. B. zu geringe Platzverhältnisse)
- Fehlendes Material/Werkzeug

Erholungsbedingte Unterbrechung

- Stehen, zuschauen, nichts tun (Erschöpfung)

Persönlich bedingte Unterbrechung

- Eigene Pause (Rauchen, Toilettengang, etc.)

Nicht erkennbar

- Nicht im Sichtbereich
- Nicht erkennbare Tätigkeit

6.3.1.2 Beobachtungszeitraum

In Tabelle 6-13 sind die jeweiligen Beobachtungstage, beobachtete Personenanzahl sowie die aufgenommene Zeit aufgelistet.

Tabelle 6-13: MG - Beobachtungszeitraum Vorbereitung und Montage der Brandmeldeeinrichtung

Tag	18.08.2016	22.08.2016	23.08.2016
Personen	2	2	2
Dauer [h]	8,5	8,8	8,8

6.3.2 Aufwandswerte

Es wird folgend ein Aufwandswert für Druckknopfmelder, Rauchmelder und akustische Signalgeber ermittelt.

Da unterschiedlich viele Stückzahlen der Brandmeldeeinrichtungen eingebaut wurden, müssen die Zuschlagssätze von Erholungs- und Verteilzeit den einzelnen Grundzeiten aufgeschlagen werden. Dadurch werden die einzelnen Aufwandswerte bestimmt. Ein gemittelter Aufwandswert kann durch Aufsummieren der einzelnen Aufwandswerte und Teilen durch die Anzahl ermittelt werden.

Die Aufwandswerte enthalten die Vorbereitung sowie Montage.

Hier war es möglich, alle der Grundzeit zugehörigen Tätigkeiten einer bestimmten Brandmeldeeinrichtung zuzuteilen.

6.3.2.1 Zuschlagssätze für die Aufwandswerte der Brandmeldeeinrichtung

Für die Ermittlung des Aufwandswertes wurden die Zeiten der Ablaufarten aus der Abbildung 6-38 herangezogen.

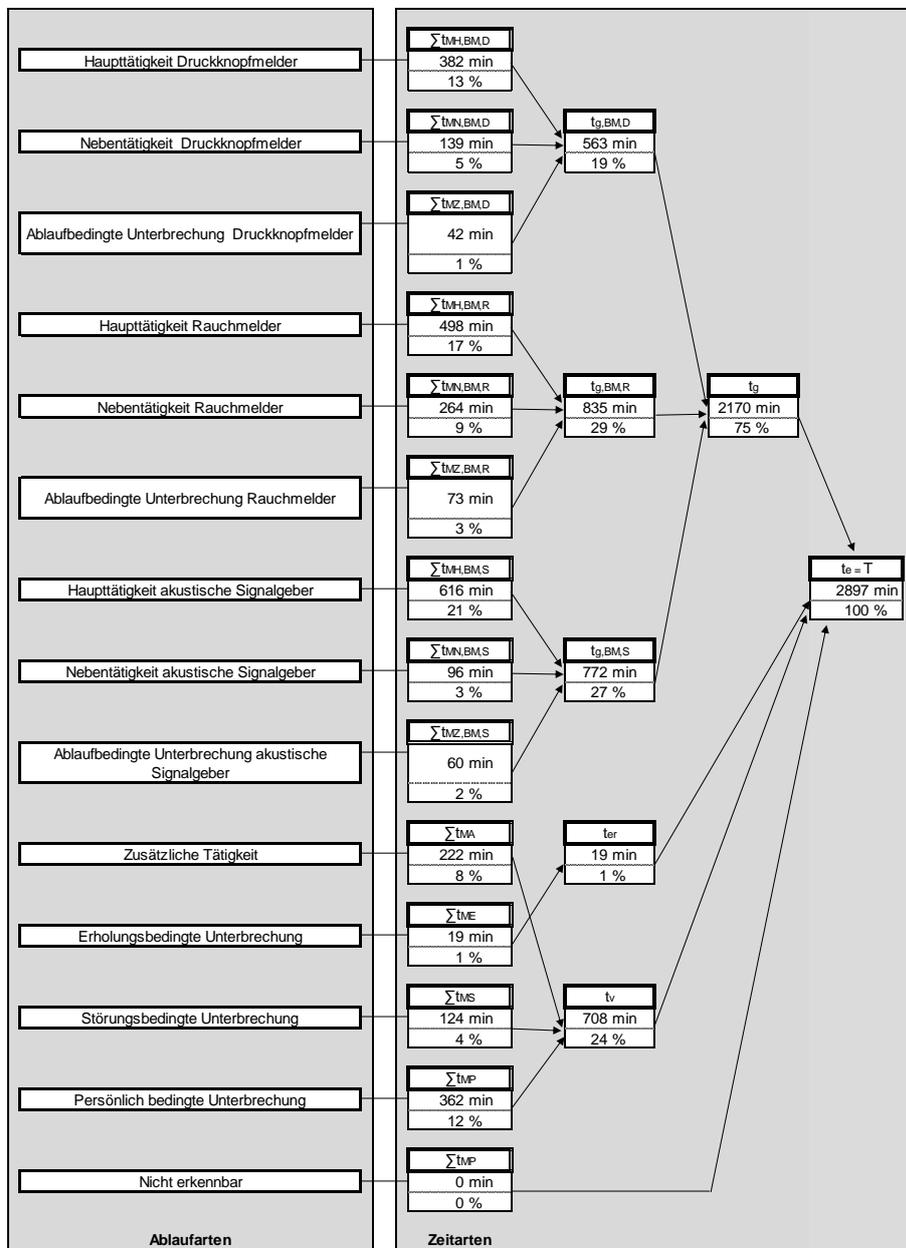


Abbildung 6-38: MG - Zeiten für die Aufwandswerte der Brandmeldeeinrichtung

Absolute Vertrauensbereiche für die Brandmeldeeinrichtung

In Abbildung 6-39 ist die Verteilung der Zeiten graphisch dargestellt. Dabei wurde die Grundzeit den verschiedenen Brandmeldeeinrichtungen zugeteilt. In Abbildung 6-40 wurden die Grundzeiten zusammengefasst. Es werden für alle Zeitarten die absoluten Vertrauensbereiche ermittelt:

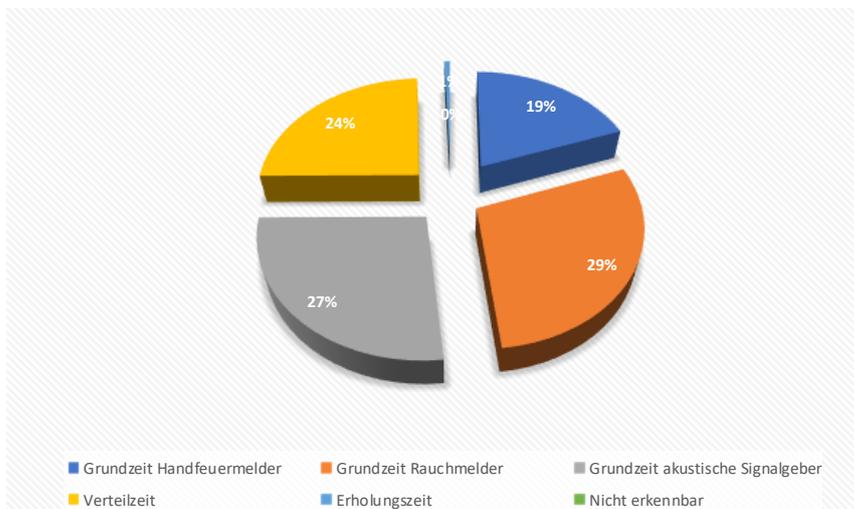


Abbildung 6-39: MG – Grundzeit aufgeteilt/Verteilzeit/Erholungszeit – Brandmeldeeinrichtung

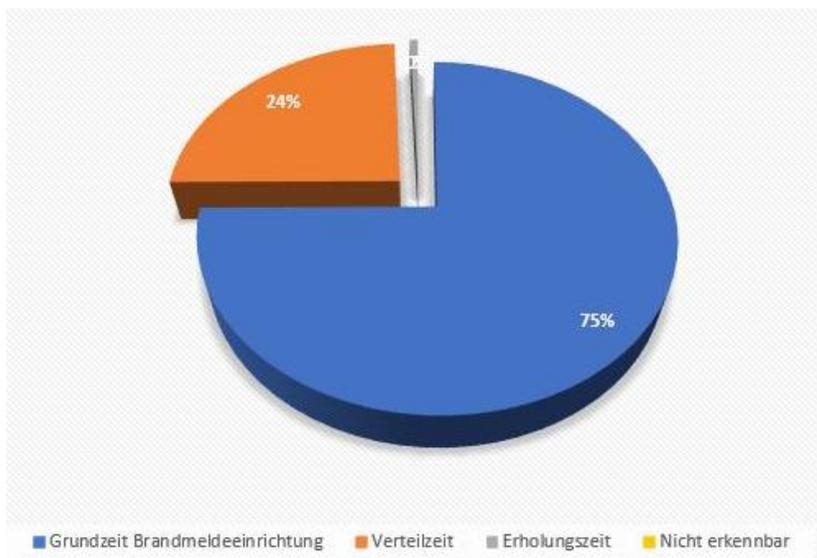


Abbildung 6-40: MG - Grundzeit/Verteilzeit/Erholungszeit – Brandmeldeeinrichtung

Grundzeit

$$f_i^I = \pm 1,96 * \sqrt{\frac{75\% * (100\% - 75\%)}{2897}} = \pm 1,58\%$$

Es ist nach Abschluss der Multimomentaufnahme sicher (95% Sicherheit), dass der wahre, jedoch unbekannte Anteil der Grundzeit weniger als **1,58%** von dem Multimomentergebnis abweicht.

Verteilzeit

$$f_i^I = \pm 1,96 * \sqrt{\frac{24\% * (100\% - 24\%)}{2897}} = \pm 1,56\%$$

Es ist nach Abschluss der Multimomentaufnahme sicher (95% Sicherheit), dass der wahre, jedoch unbekannte Anteil der Verteilzeit weniger als **1,56%** von dem Multimomentergebnis abweicht.

Erholungszeit

$$f_i^I = \pm 1,96 * \sqrt{\frac{1\% * (100\% - 1\%)}{2897}} = \pm 0,36\%$$

Es ist nach Abschluss der Multimomentaufnahme sicher (95% Sicherheit), dass der wahre, jedoch unbekannte Anteil der Erholungszeit weniger als **0,36%** von dem Multimomentergebnis abweicht.

Der im Punkt 4.1.2 geforderte absolute Vertrauensbereich von 4% wurde in allen Fällen unterschritten.

Ermittlung der Prozentsätze für Erholungs- und Verteilzeiten

Wie in Abbildung 6-38 ersichtlich, setzt sich die Gesamtzeit $T = t_e$ aus t_g , t_{er} und t_v zusammen. Nachfolgende werden Prozentsätze für Erholungs- (z_{er}) und Verteilzeit (z_v) angegeben und den einzelnen Aufwandswerten aufgeschlagen.

Berechnung der Erholungs- (z_{er}) und Verteilzeitprozentätze (z_v):

$$z_{er,BM} = \frac{t_{er} [min]}{t_g [min]} * 100\% = \frac{19 min}{2170 min} * 100\% = \mathbf{0,86\%}$$

$$z_{v,BM} = \frac{t_v [min]}{t_g [min]} * 100\% = \frac{708 min}{2170 min} * 100\% = \mathbf{32,63\%}$$

Zusammensetzung des Aufwandswertes für die Brandmeldeeinrichtung

Der aufsummierte Anteil der Grundzeiten ist der Abbildung 6-40 zu entnehmen. Er stellt einen hohen Anteil dar, was als sehr positiv zu interpretieren ist. Auffällig ist ein niedriger Anteil an Erholungszeit. Dies resultierte daraus, dass die Arbeiter in einem nicht zur Erschöpfung führenden Tempo arbeiteten. Das Arbeitsumfeld spielte dabei eine große Rolle. Es waren kaum andere Gewerke gleichzeitig auf der Baustelle. Die Erfahrung der Mitarbeiter beeinflusste den Arbeitsablauf zusätzlich positiv. In Abbildung 6-41 ist die komplette Aufteilung der verschiedenen Zeiten als Tortendiagramm dargestellt.

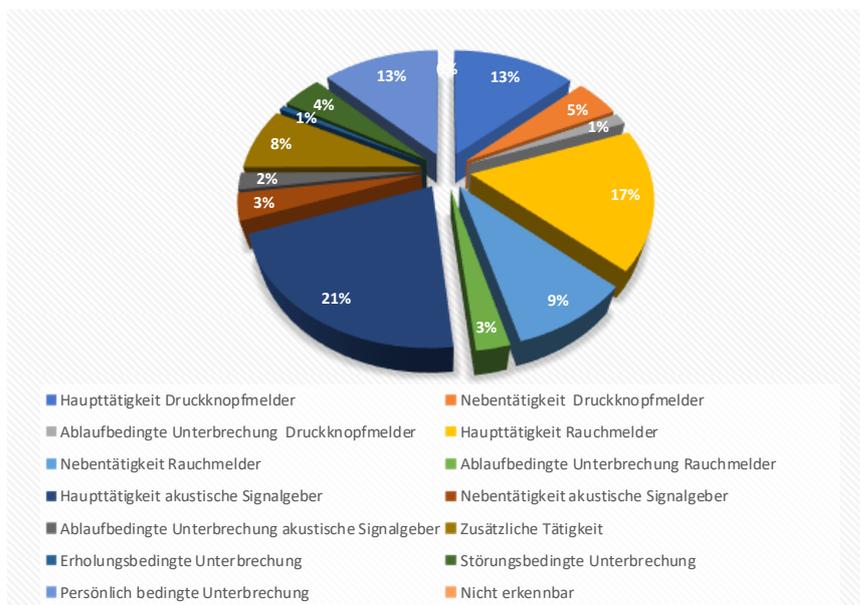


Abbildung 6-41: MG - Zusammensetzung der Zeit für die Brandmeldeeinrichtung

6.3.2.2 Aufwandswert Druckknopfmelder

Für die Ermittlung des Aufwandswertes wurden die Zeiten der Ablaufarten aus der Abbildung 6-38 herangezogen. Diese wurden auf der Baustelle gemessen. Insgesamt wurden dabei **24 Stück** an Druckknopfmeldern montiert.

Absolute Vertrauensbereiche für die Druckknopfmelder

Grundzeit

Der Prozentuale Anteil der Grundzeit für Druckknopfmelder kann der Abbildung 6-38 entnommen werden.

$$f_i^I = \pm 1,96 * \sqrt{\frac{19\% * (100\% - 19\%)}{2897}} = \pm 1,43\%$$

Es ist nach Abschluss der Multimomentaufnahme sicher (95% Sicherheit), dass der wahre, jedoch unbekannte Anteil der Grundzeit weniger als **1,43%** von dem Multimomentergebnis abweicht.

Verteilzeit

Der absolute Vertrauensbereich der Verteilzeit berechnet sich analog zur Berechnung in Punkt 6.3.2.1.

$$f_i^I = \pm 1,96 * \sqrt{\frac{24\% * (100\% - 24\%)}{2897}} = \pm 1,56\%$$

Es ist nach Abschluss der Multimomentaufnahme sicher (95% Sicherheit), dass der wahre, jedoch unbekannte Anteil der Verteilzeit weniger als **1,56%** von dem Multimomentergebnis abweicht.

Erholungszeit

Der absolute Vertrauensbereich der Erholungszeit berechnet sich analog zur Berechnung in Punkt 6.3.2.1.

$$f_i^I = \pm 1,96 * \sqrt{\frac{1\% * (100\% - 1\%)}{2897}} = \pm 0,36\%$$

Es ist nach Abschluss der Multimomentaufnahme sicher (95% Sicherheit), dass der wahre, jedoch unbekannte Anteil der Erholungszeit weniger als **0,36%** von dem Multimomentergebnis abweicht.

Der im Punkt 4.1.2 geforderte absolute Vertrauensbereich von 4% wurde in allen Fällen unterschritten.

Ermittlung des Aufwandswertes

Wie in Abbildung 6-38 ersichtlich, setzt sich die Gesamtzeit $T = t_e$ aus $t_{g,BM,D}$, t_{er} und t_v zusammen. Nachfolgend wird die Zeit je Einheit, also der Aufwandswert mit Haupttätigkeit, Nebentätigkeit und ablaufbedingten Unterbrechungen ermittelt und es werden Prozentsätze für Erholungs- (z_{er}) und Verteilzeit (z_v) angegeben und dem Aufwandswert aufgeschlagen:

$$\text{Aufwandswert} \left[\frac{\text{min}}{\text{Stck}} \right] = \frac{\sum \text{Lohnstunden} [\text{min}]}{\text{Eingebaute Stückzahl} [\text{Stck}]}$$

Aufwandswert der Grundzeit:

$$AW_{t_{g,BM,D}} = \frac{563 \text{ min}}{24 \text{ Stck}} = 23,46 \frac{\text{min}}{\text{Stck}}$$

Berechnung der Erholungs- (z_{er}) und Verteilzeitprozentätze (z_v):

Die Prozentsätze für Erhol- und Verteilzeit wurden in Punkt 6.3.2.1 berechnet.

Aufwandswert der Erholungszeit:

$$AW_{t_{er,BM,D}} = \frac{z_{er,BM}}{100\%} * AW_{t_{g,BM,D}} = \frac{0,86\%}{100\%} * 23,46 \frac{\text{min}}{\text{Stck}} = 0,20 \frac{\text{min}}{\text{Stck}}$$

Aufwandswert der Verteilzeit:

$$AW_{t_v,BM,D} = \frac{z_{v,MB}}{100\%} * AW_{t_{g,BM,D}} = \frac{32,63\%}{100\%} * 23,46 \frac{\text{min}}{\text{Stck}} = 7,65 \frac{\text{min}}{\text{Stck}}$$

Gesamtaufwandswert Druckknopfmelder:

$$AW_{BM,D} = AW_{t_{g,BM,D}} + AW_{t_{er,BM,D}} + AW_{t_v,BM,D} = 31,31 \frac{\text{min}}{\text{Stck}}$$

6.3.2.3 Aufwandswert Rauchmelder

Für die Ermittlung des Aufwandswertes wurden die Zeiten der Ablaufarten aus der Abbildung 6-38 herangezogen. Diese wurden auf der Baustelle gemessen. Insgesamt wurden dabei **42 Stück** an Rauchmeldern montiert.

Absolute Vertrauensbereiche für die Rauchmelder

Grundzeit

Der Prozentuale Anteil der Grundzeit für Rauchmelder kann der Abbildung 6-38 entnommen werden.

$$f_i^I = \pm 1,96 * \sqrt{\frac{29\% * (100\% - 29\%)}{2897}} = \pm 1,65\%$$

Es ist nach Abschluss der Multimomentaufnahme sicher (95% Sicherheit), dass der wahre, jedoch unbekannte Anteil der Grundzeit weniger als **1,65%** von dem Multimomentergebnis abweicht.

Verteilzeit

Der absolute Vertrauensbereich der Verteilzeit berechnet sich analog zur Berechnung in Punkt 6.3.2.1.

$$f_i^I = \pm 1,96 * \sqrt{\frac{24\% * (100\% - 24\%)}{2897}} = \pm 1,56\%$$

Es ist nach Abschluss der Multimomentaufnahme sicher (95% Sicherheit), dass der wahre, jedoch unbekannte Anteil der Verteilzeit weniger als **1,56%** von dem Multimomentergebnis abweicht.

Erholungszeit

Der absolute Vertrauensbereich der Erholungszeit berechnet sich analog zur Berechnung in Punkt 6.3.2.1.

$$f_i^I = \pm 1,96 * \sqrt{\frac{1\% * (100\% - 1\%)}{2897}} = \pm 0,36\%$$

Es ist nach Abschluss der Multimomentaufnahme sicher (95% Sicherheit), dass der wahre, jedoch unbekannte Anteil der Erholungszeit weniger als **0,36%** von dem Multimomentergebnis abweicht.

Der im Punkt 4.1.2 geforderte absolute Vertrauensbereich von 4% wurde in allen Fällen unterschritten.

Ermittlung des Aufwandswertes

Wie in Abbildung 6-38 ersichtlich, setzt sich die Gesamtzeit $T = t_e$ aus $t_{g, BM, R}$, t_{er} und t_v zusammen. Nachfolgend wird die Zeit je Einheit, also der Aufwandswert mit Haupttätigkeit, Nebentätigkeit und ablaufbedingten Unterbrechungen ermittelt und es werden Prozentsätze für Erholungs- (z_{er}) und Verteilzeit (z_v) angegeben und dem Aufwandswert aufgeschlagen:

$$\text{Aufwandswert} \left[\frac{\text{min}}{\text{Stck}} \right] = \frac{\sum \text{Lohnstunden} [\text{min}]}{\text{Eingebaute Stückzahl} [\text{Stck}]}$$

Aufwandswert der Grundzeit:

$$AW_{t_{g, BM, R}} = \frac{835 \text{ min}}{42 \text{ Stck}} = 19,88 \frac{\text{min}}{\text{Stck}}$$

Berechnung der Erholungs- (z_{er}) und Verteilzeitprozentätze (z_v):

Die Prozentsätze für Erhol- und Verteilzeit wurden in Punkt 6.3.2.1 berechnet.

Aufwandswert der Erholungszeit:

$$AW_{t_{er, BM, R}} = \frac{z_{er, BM}}{100\%} * AW_{t_{g, BM, R}} = \frac{0,86\%}{100\%} * 19,88 \frac{\text{min}}{\text{Stck}} = 0,17 \frac{\text{min}}{\text{Stck}}$$

Aufwandswert der Verteilzeit:

$$AW_{t_v, BM, R} = \frac{z_v, BM}{100\%} * AW_{t_{g, BM, R}} = \frac{32,63\%}{100\%} * 19,88 \frac{\text{min}}{\text{Stck}} = 6,49 \frac{\text{min}}{\text{Stck}}$$

Gesamtaufwandswert Rauchmelder:

$$AW_{BM, R} = AW_{t_{g, BM, R}} + AW_{t_{er, BM, R}} + AW_{t_v, BM, R} = 26,54 \frac{\text{min}}{\text{Stck}}$$

6.3.2.4 Aufwandswert akustischer Signalgeber

Für die Ermittlung des Aufwandswertes wurden die Zeiten der Ablaufarten aus der Abbildung 6-38 herangezogen. Diese wurden auf der Baustelle gemessen. Insgesamt wurden dabei **37 Stück** an akustischen Signalgebern montiert.

Absolute Vertrauensbereiche für die akustischen Signalgeber

Grundzeit

Der Prozentuale Anteil der Grundzeit für akustische Signalgeber kann der Abbildung 6-38 entnommen werden.

$$f_i^I = \pm 1,96 * \sqrt{\frac{27\% * (100\% - 27\%)}{2897}} = \pm 1,62\%$$

Es ist nach Abschluss der Multimomentaufnahme sicher (95% Sicherheit), dass der wahre, jedoch unbekannte Anteil der Grundzeit weniger als **1,62%** von dem Multimomentergebnis abweicht.

Verteilzeit

Der absolute Vertrauensbereich der Verteilzeit berechnet sich analog zur Berechnung in Punkt 6.3.2.1.

$$f_i^I = \pm 1,96 * \sqrt{\frac{24\% * (100\% - 24\%)}{2897}} = \pm 1,56\%$$

Es ist nach Abschluss der Multimomentaufnahme sicher (95% Sicherheit), dass der wahre, jedoch unbekannte Anteil der Verteilzeit weniger als **1,56%** von dem Multimomentergebnis abweicht.

Erholungszeit

Der absolute Vertrauensbereich der Erholungszeit berechnet sich analog zur Berechnung in Punkt 6.3.2.1.

$$f_i^I = \pm 1,96 * \sqrt{\frac{1\% * (100\% - 1\%)}{2897}} = \pm 0,36\%$$

Es ist nach Abschluss der Multimomentaufnahme sicher (95% Sicherheit), dass der wahre, jedoch unbekannte Anteil der Erholungszeit weniger als **0,36%** von dem Multimomentergebnis abweicht.

Der im Punkt 4.1.2 geforderte absolute Vertrauensbereich von 4% wurde in allen Fällen unterschritten.

Ermittlung des Aufwandswertes

Wie in Abbildung 6-38 ersichtlich, setzt sich die Gesamtzeit $T = t_e$ aus $t_{g,BM,S}$, t_{er} und t_v zusammen. Nachfolgend wird die Zeit je Einheit, also der Aufwandswert mit Haupttätigkeit, Nebentätigkeit und ablaufbedingten Unterbrechungen ermittelt und es werden Prozentsätze für Erholungs- (z_{er}) und Verteilzeit (z_v) angegeben und dem Aufwandswert aufgeschlagen:

$$\text{Aufwandswert} \left[\frac{\text{min}}{\text{Stck}} \right] = \frac{\sum \text{Lohnstunden} [\text{min}]}{\text{Eingebaute Stückzahl} [\text{Stck}]}$$

Aufwandswert der Grundzeit:

$$AW_{t_{g,BM,S}} = \frac{772 \text{ min}}{37 \text{ Stck}} = 20,86 \frac{\text{min}}{\text{Stck}}$$

Berechnung der Erholungs- (z_{er}) und Verteilzeitprozentätze (z_v):

Die Prozentsätze für Erhol- und Verteilzeit wurden in Punkt 6.3.2.1 berechnet.

Aufwandswert der Erholungszeit:

$$AW_{t_{er,BM,S}} = \frac{z_{er,BM}}{100\%} * AW_{t_{g,BM,S}} = \frac{0,86\%}{100\%} * 20,86 \frac{\text{min}}{\text{Stck}} = 0,18 \frac{\text{min}}{\text{Stck}}$$

Aufwandswert der Verteilzeit:

$$AW_{t_v,BM,S} = \frac{z_v}{100\%} * AW_{t_{g,BM,S}} = \frac{32,63\%}{100\%} * 20,86 \frac{\text{min}}{\text{Stck}} = 6,81 \frac{\text{min}}{\text{Stck}}$$

Gesamtaufwandswert akustischer Signalgeber:

$$AW_{BM,S} = AW_{t_{g,BM,S}} + AW_{t_{er,BM,S}} + AW_{t_v,BM,S} = 27,85 \frac{\text{min}}{\text{Stck}}$$

6.3.3 Mitarbeiteranalyse

Nachfolgend werden die einzelnen Arbeitstage analysiert, die Mitarbeiter beschrieben und die jeweiligen Arbeitstage nach Ablaufarten illustriert.

6.3.3.1 Mitarbeiterbeschreibung und Analyse der gesamten Tagesleistungen

Die Bezeichnung der Arbeitskräfte setzt sich aus Baustelle-Arbeitskraft-Vorname zusammen. Informationen zu den einzelnen Arbeitern wurden aus persönlichen Gesprächen entnommen.

MG-AK4-K:

Siehe Punkt 6.2.2.4.

MG-AK5-D:

Siehe Punkt 6.2.2.4.

Prozentuale Gliederung aller Ablaufarten der jeweiligen Arbeitstage aller Arbeiter:

In Tabelle 6-14 sind alle Aufnahmetage und der prozentuale Anteil jeder Ablaufart aufgelistet.

Die Ursachen der Schwankungen werden für jeden einzelnen Tag nachfolgend erläutert.

Tabelle 6-14: MG - Ablaufarten in Prozent (Brandmeldeeinrichtung)

Übersicht aller Arbeitskräfte	Datum	18.08.16	22.08.16	23.08.16	Gesamt
Baustelle: Monsbergergasse 16 Graz	Wo-Tag	Do	Mo	Di	
Ablaufarten					
Haupttätigkeit		55%	43%	57%	52%
Nebentätigkeit		16%	28%	8%	17%
zusätzl. Tätigkeit		6%	9%	8%	8%
Ablaufbedingte Unterbrechung		6%	6%	6%	6%
Störungsbedingt Unterbrechung		3%	2%	8%	4%
Erholungsbedingt Unterbrechung		0%	0%	2%	1%
Persönlich bedingt Unterbrechung		13%	12%	12%	12%
nicht erkennbare Tätigkeiten		0%	0%	0%	0%
	Σ	100%	100%	100%	100%

6.3.3.2 Mitarbeiteranalyse am 18.08.2016

Nachdem eine Übersicht über alle Arbeitstage gegeben wurde, wird nun jeder einzelne Arbeitstag betrachtet. An diesem Tag bestand das Team aus **MG-AK4-K** und **MG-AK5-D**.

Ablaufarten MG-AK4-K:

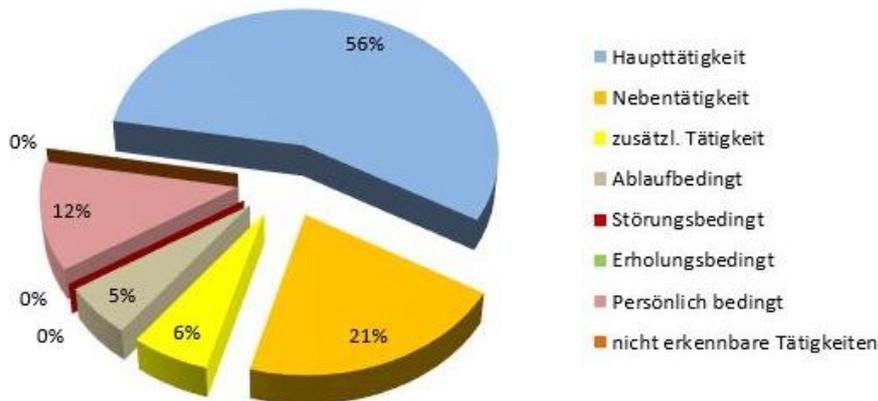


Abbildung 6-42: Ablaufarten MG-AK4-K (Brandmeldeeinrichtung, 18.08.2016)

Ablaufarten MG-AK5-D:

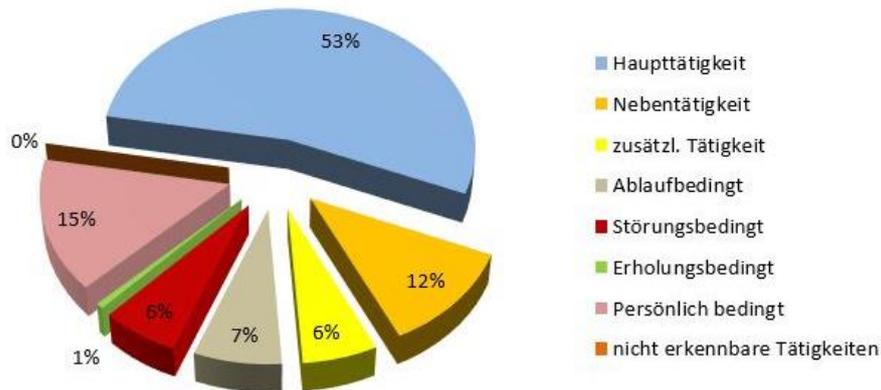


Abbildung 6-43: Ablaufarten MG-AK5-D (Brandmeldeeinrichtung, 18.08.2016)

Tagesanalyse/Vorkommnisse/Probleme

Einbaumenge:

Tabelle 6-15: MG - Brandmeldeeinrichtung am 18.08.2016

Druckknopfmelder	14
Rauchmelder	25

Zusätzliche Informationen:

An diesem Tag waren zwei Arbeitskräfte mit der Montage der Brandmeldeeinrichtungen beauftragt. MG-AK4-K hat die Endmontage der Brandmeldeeinrichtungen übernommen. Dies lag daran, dass der Bauleiter größeres Vertrauen in ihn hatte.

Zur Vorbereitung der einzelnen Brandmeldeeinrichtungen gehörte das Aufbohren der Sollbruchstelle um das Kabel durchziehen zu können. Anschließend wurden die Schrauben eingedreht.

Zur Montage der einzelnen Brandmeldeeinrichtungen gehörte das Einziehen und Abisolieren der Kabel. Anschließend wurde codiert.

Ablaufarten aller AK:

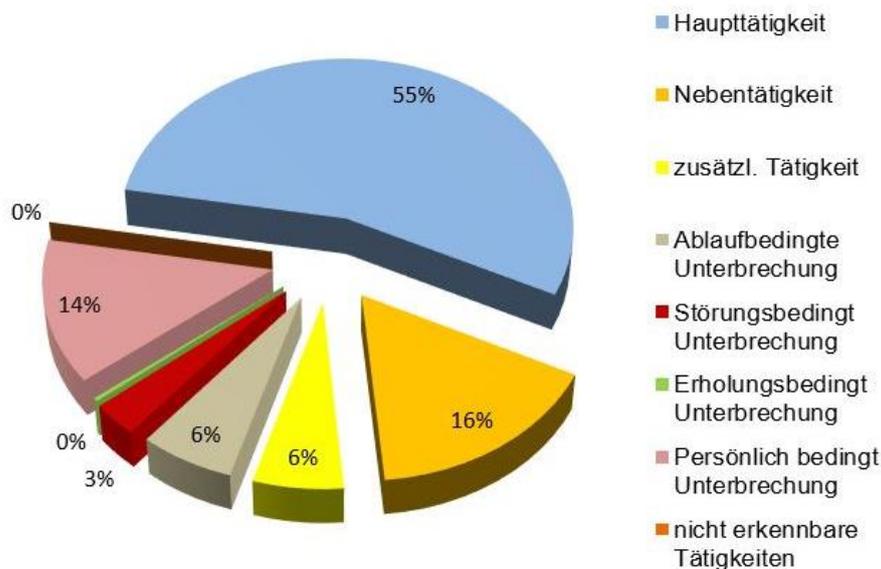


Abbildung 6-44: Ablaufarten MG-aller AK (Brandmeldeeinrichtung, 18.08.2016)

6.3.3.3 Mitarbeiteranalyse am 22.08.2016

An diesem Tag bestand das Team aus **MG-AK4-K** und **MG-AK5-D**.

Ablaufarten MG-AK4-K:

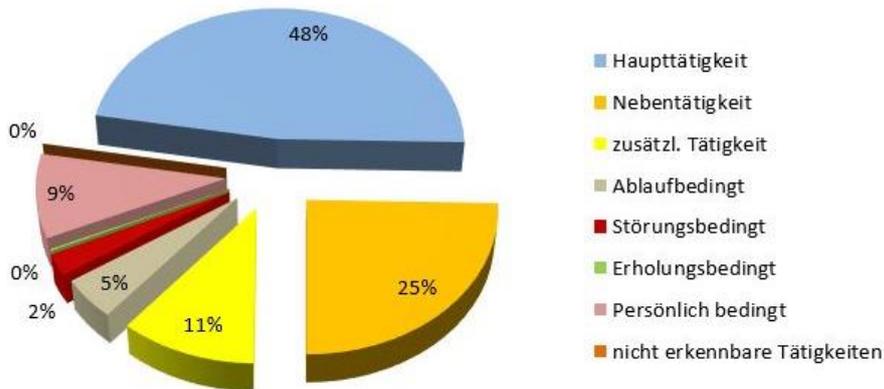


Abbildung 6-45: Ablaufarten MG-AK4-K (Brandmeldeeinrichtung, 22.08.2016)

Ablaufarten MG-AK5-D:

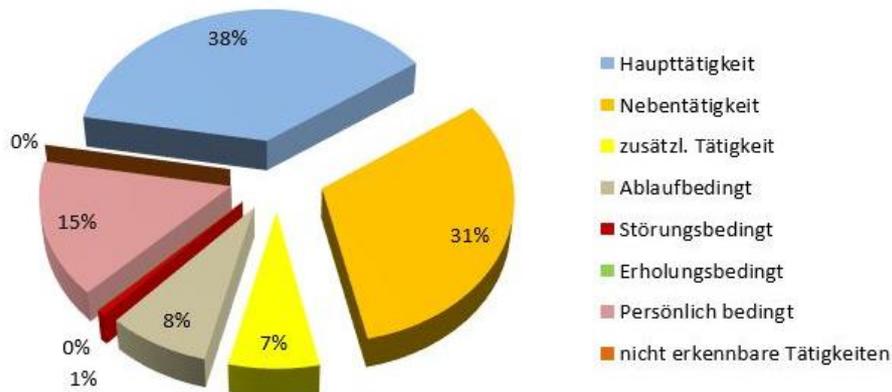


Abbildung 6-46: Ablaufarten MG-AK5-D (Brandmeldeeinrichtung, 22.08.2016)

Tagesanalyse/Vorkommnisse/Probleme

Einbaumenge:

Tabelle 6-16: MG – Brandmeldeeinrichtung am 22.08.2016

Druckknopfmelder	9
Rauchmelder	16
Akustische Signalgeber	4

Zusätzliche Informationen:

AK2-D hat verschlafen und begann mit der Arbeit um 07:35 Uhr.

Ablaufarten aller AK:

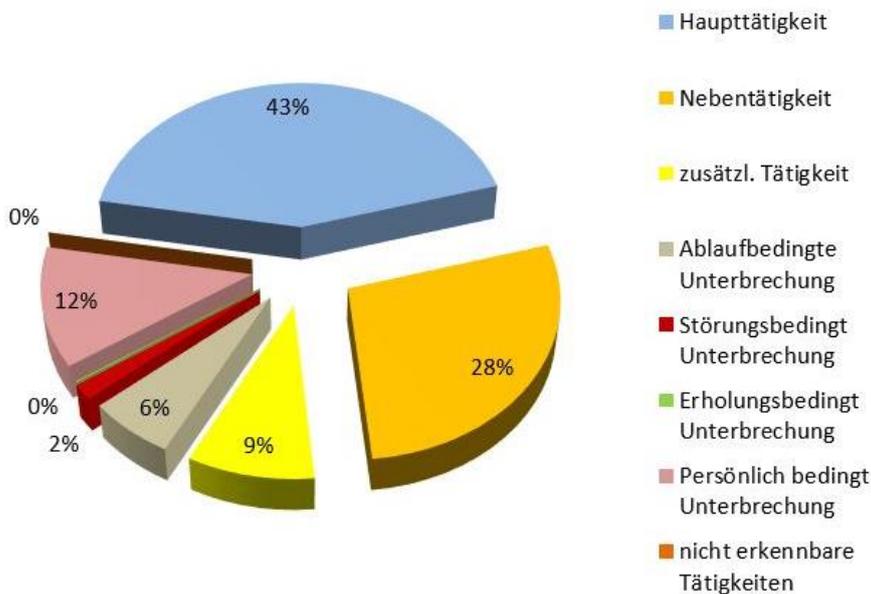


Abbildung 6-47: Ablaufarten MG-aller AK (Brandmeldeeinrichtung, 22.08.2016)

6.3.3.4 Mitarbeiteranalyse am 23.08.2016

An diesem Tag bestand das Team aus **MG-AK4-K** und **MG-AK5-D**.

Ablaufarten MG-AK4-K:

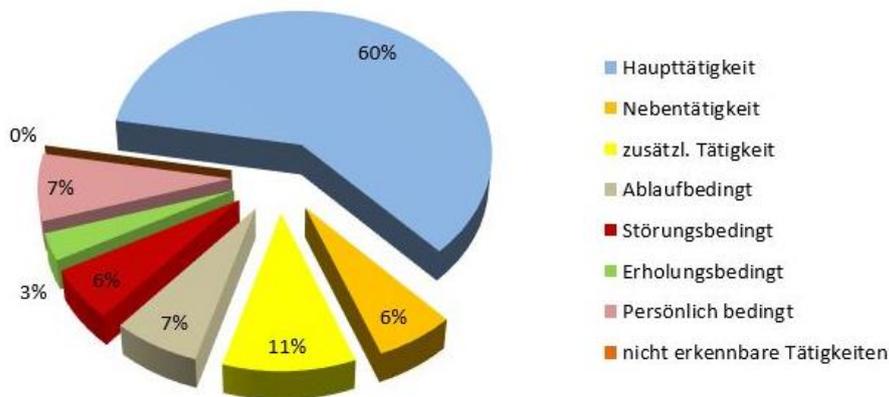


Abbildung 6-48: Ablaufarten MG-AK4-K (Brandmeldeeinrichtung, 23.08.2016)

Ablaufarten MG-AK5-D:

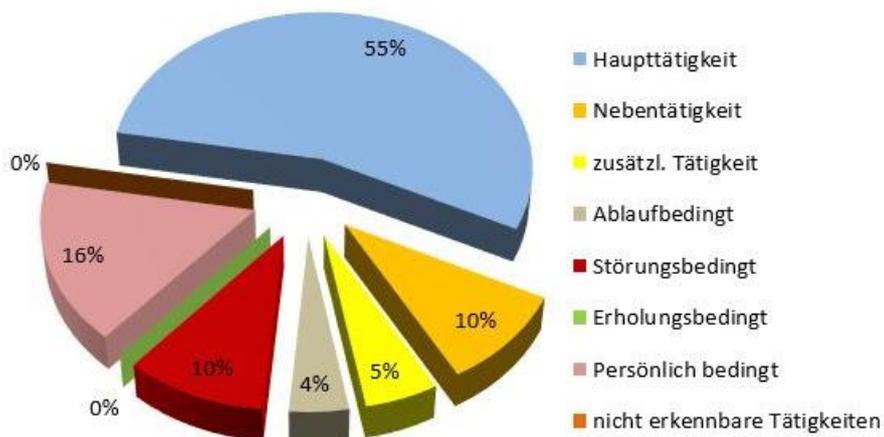


Abbildung 6-49: Ablaufarten MG-AK5-D (Brandmeldeeinrichtung, 23.08.2016)

Tagesanalyse/Vorkommnisse/Probleme

Einbaumenge:

Tabelle 6-17: MG – Brandmeldeeinrichtung am 23.08.2016

Druckknopfmelder	1
Rauchmelder	1
Akustische Signalgeber	33

Zusätzliche Informationen:

Bei der Vorbereitung der akustischen Signalgeber kam das Kabelziehen hinzu. Kabel wurden vom Flur aus in die einzelnen Klassenzimmer gezogen.

Ablaufarten aller AK:

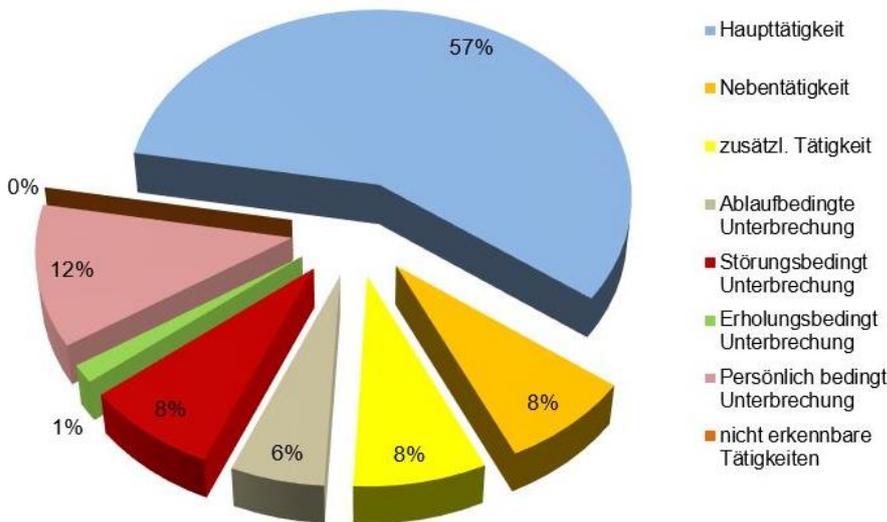


Abbildung 6-50: Ablaufarten MG-aller AK (Brandmeldeeinrichtung, 23.08.2016)

6.4 Notbeleuchtung



Abbildung 6-51: MG - Notleuchte



Abbildung 6-52: MG – Notleuchte mit Piktogramm

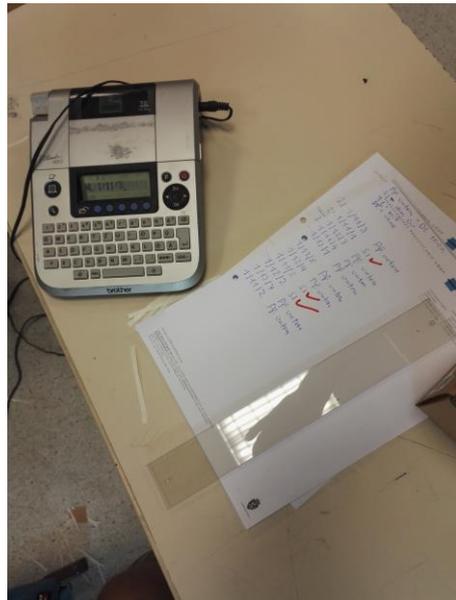


Abbildung 6-53: MG - Beschriftung der Notleuchten

6.4.1 Allgemein

Bei der Notbeleuchtung ist keine genaue Zuweisung möglich, da hier zum Großteil mit Z-Positionen ausgeschrieben wird. Darüber hinaus war die Trennung der einzelnen Beleuchtungsmittel nicht möglich.

Grundsätzlich unterscheidet man zwischen drei Einbauarten. Dem Wandanbau (WAB), Deckenanbau (DAB) und dem Einbau (DEB). In dieser Arbeit wurde der Deckeneinbau beobachtet.

Der Aufwandswert, ermittelt in Punkt 6.4.2, dient somit nur als Richtwert für die grobe Überprüfung der Aufwandswerte für Spots, Sicherheitsleuchten und Sicherheitsleuchten mit Piktogramm beim Deckeneinbau.

Folgend werden allgemeine, wichtige Informationen zur Datenaufnahme bereitgestellt. Diese bestehen aus der Gliederung der Ablaufarten des Arbeitsvorgangs und dem Beobachtungszeitraum. Unter Vorbereitung versteht man den Zusammenbau der Notbeleuchtung.

6.4.1.1 Ablaufartengliederung des Zusammenbaus und der Montage der Notbeleuchtung

Haupttätigkeit

- Zusammenbau Notbeleuchtung
- Montage Notbeleuchtung

Nebentätigkeit

- Plan lesen, Diskussionen, Teambesprechung
- Leiter holen, aufstellen
- Werkzeug/Material holen, vorbereiten
- Montieren (Bohren, Schneiden, Sägen)
- Anzeichnen inklusive festlegen der Installationswege + Ausmessen

Zusätzliche Tätigkeit

- Abstimmung mit den maßgebenden Gewerken auf der Baustelle
- Abfälle beseitigen und aufräumen
- Kontrolle Kabel/Trasse etc.
- Material wegräumen (z. B. angeliefertes Material)
- Demontage/Kabel ziehen
- Anderen helfen

Ablaufbedingte Unterbrechung

- Telefonieren
- Arbeitsplatzwechsel
- Warten während der Tätigkeit

Störungsbedingte Unterbrechung

- Ungenaue, unverständliche Planung
- Fehlende Führung (Arbeiter bekommt keine Anweisung seitens seiner Firma)
- Ungenaue Ausführung der Vorarbeiten (z. B. zu geringe Platzverhältnisse)

- Fehlendes Material/Werkzeug

Erholungsbedingte Unterbrechung

- Stehen, zuschauen, nichts tun (Erschöpfung)

Persönlich bedingte Unterbrechung

- Eigene Pause (Rauchen, Toilettengang, etc.)

Nicht erkennbar

- Nicht im Sichtbereich
- Nicht erkennbare Tätigkeit

6.4.1.2 Beobachtungszeitraum

In Tabelle 6-18 sind die jeweiligen Beobachtungstage, beobachtete Personenanzahl sowie die aufgenommene Zeit aufgelistet.

Tabelle 6-18: MG - Beobachtungszeitraum Zusammenbau und Montage der Notbeleuchtung

Tag	11.08.2016	12.08.2016
Personen	2	2
Dauer [h]	8,5	4,25

6.4.2 Aufwandswerte

Es wird folgend ein Aufwandswert für den Zusammenbau der Notbeleuchtung, bestehend aus Spots, Notleuchte und Notleuchte mit Piktogramm sowie die Montage dieser ermittelt.

Da nicht die gleiche Anzahl an Notbeleuchtungsmittel zusammengebaut wie montiert wurde, müssen Zuschlagssätze für Erholungs- und Verteilzeit errechnet und den einzelnen Grundzeiten aufgeschlagen werden. Dadurch werden die einzelnen Aufwandswerte bestimmt. Ein zusammengesetzter Aufwandswert kann durch Aufsummieren ermittelt werden.

Hier war es nicht möglich alle der Grundzeit zugehörigen Tätigkeiten einem bestimmten Notbeleuchtungsmittel zuzuteilen. Deshalb konnte nur in Vorbereitung sowie Montage getrennt werden.

6.4.2.1 Zuschlagssätze für die Aufwandswerte der Notbeleuchtung

Für die Ermittlung des Aufwandswertes wurden die Zeiten der Ablaufarten aus der Abbildung 6-54 herangezogen.

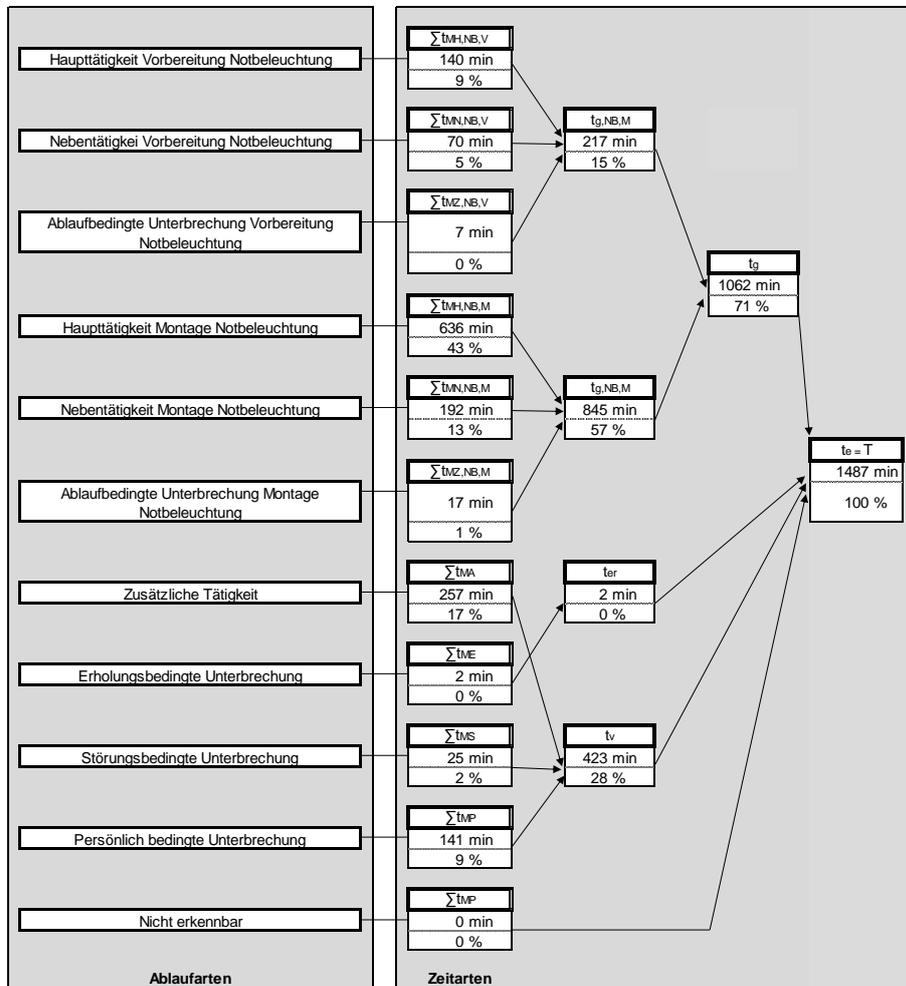


Abbildung 6-54: MG - Zeiten für die Aufwandswerte der Notbeleuchtung

Absolute Vertrauensbereiche für die Notbeleuchtung

In Abbildung 6-55 ist die Verteilung der Zeiten graphisch dargestellt. Dabei wurde die Grundzeit aufgeteilt in Zusammenbau und Montage. In Abbildung 6-56 wurden die Grundzeiten zusammengefasst. Es werden für alle Zeitartern die absoluten Vertrauensbereiche ermittelt:

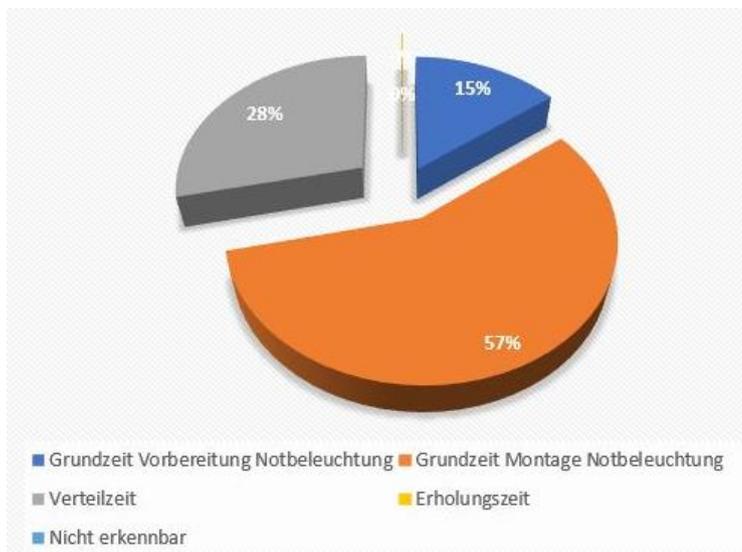


Abbildung 6-55: MG – Grundzeit aufgeteilt/Verteilzeit/Erholungszeit – Notbeleuchtung

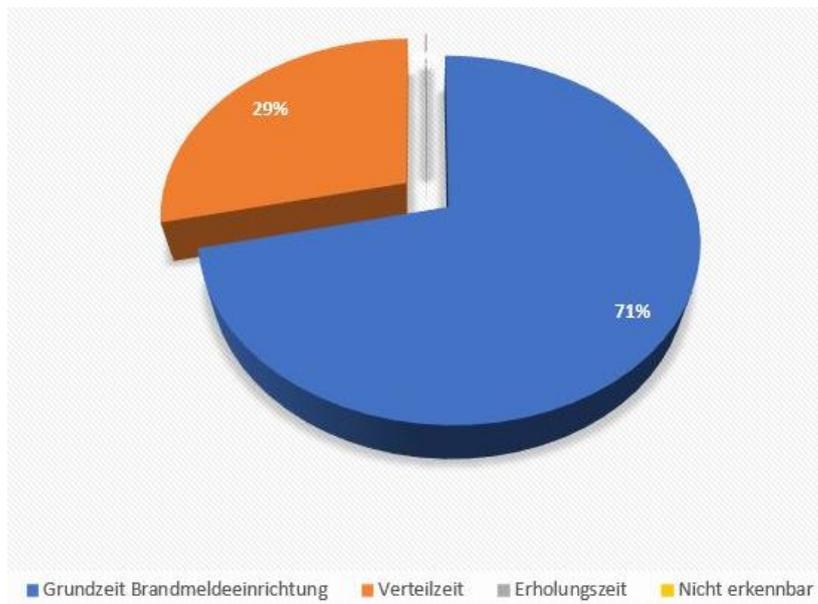


Abbildung 6-56: MG - Grundzeit/Verteilzeit/Erholungszeit – Notbeleuchtung

Grundzeit

$$f_i^I = \pm 1,96 * \sqrt{\frac{71\% * (100\% - 71\%)}{1487}} = \pm 2,31\%$$

Es ist nach Abschluss der Multimomentaufnahme sicher (95% Sicherheit), dass der wahre, jedoch unbekannte Anteil der Grundzeit weniger als **2,31%** von dem Multimomentergebnis abweicht.

Verteilzeit

$$f_i^I = \pm 1,96 * \sqrt{\frac{29\% * (100\% - 29\%)}{1487}} = \pm 2,28\%$$

Es ist nach Abschluss der Multimomentaufnahme sicher (95% Sicherheit), dass der wahre, jedoch unbekannte Anteil der Verteilzeit weniger als **2,28%** von dem Multimomentergebnis abweicht.

Erholungszeit

$$f_i^I = \pm 1,96 * \sqrt{\frac{0\% * (100\% - 0\%)}{2897}} = \pm 0\%$$

Es ist nach Abschluss der Multimomentaufnahme sicher (95% Sicherheit), dass der wahre, jedoch unbekannte Anteil der Erholungszeit weniger als **0%** von dem Multimomentergebnis abweicht.

Der im Punkt 4.1.2 geforderte absolute Vertrauensbereich von 4% wurde in allen Fällen unterschritten.

Ermittlung der Prozentsätze für Erholungs- und Verteilzeiten

Wie in Abbildung 6-54 ersichtlich, setzt sich die Gesamtzeit $T = t_e$ aus t_g , t_{er} und t_v zusammen. Nachfolgend werden Prozentsätze für Erholungs- (z_{er}) und Verteilzeit (z_v) angegeben und den einzelnen Aufwandswerten aufgeschlagen.

Berechnung der Erholungs- (z_{er}) und Verteilzeitprozentätze (z_v):

$$z_{er,NB} = \frac{t_{er} [min]}{t_g [min]} * 100\% = \frac{2 min}{1062 min} * 100\% = \mathbf{0,19\%}$$

$$z_{v,NB} = \frac{t_v [min]}{t_g [min]} * 100\% = \frac{423 min}{1062 min} * 100\% = \mathbf{40,00\%}$$

Zusammensetzung des Aufwandswertes für die Notbeleuchtung

Der aufsummierte Anteil an Grundzeit ist der Abbildung 6-56 zu entnehmen. Er stellt einen hohen Anteil dar, was als sehr positiv zu interpretieren ist. Auffällig ist ein niedriger Anteil an Erholungszeit. Diese resultierte daraus, dass die Arbeiter in einem nicht zur Erschöpfung führenden Tempo arbeiteten. Das Arbeitsumfeld spielte dabei eine große Rolle. Es waren kaum andere Gewerke gleichzeitig auf der Baustelle. Die Erfahrung der Mitarbeiter beeinflusste den Arbeitsablauf zusätzlich positiv. Die Vorbereitung für den Einbau besteht aus Beschriften, Zusammenbau und Einstellen der LED's. Die Montage beschreibt das Anbringen an der Decke. Die Haupttätigkeit der Vorbereitung bestand darin, die Notbeleuchtung im Keller zusammenzubauen, die Nebentätigkeit darin, den Plan zu lesen und sie an den Einbauort zu bringen. Ein etwas höherer Anteil an zusätzlicher Tätigkeit ist dadurch zu erklären, dass nachträgliches Kabelziehen für die Montage der Notbeleuchtung notwendig war. Grund dafür war, dass die Kabel bei der Vorarbeit nicht immer an den richtigen Einbauort gezogen worden waren.

In Abbildung 6-57 ist die komplette Aufteilung der verschiedenen Zeiten als Tortendiagramm dargestellt.

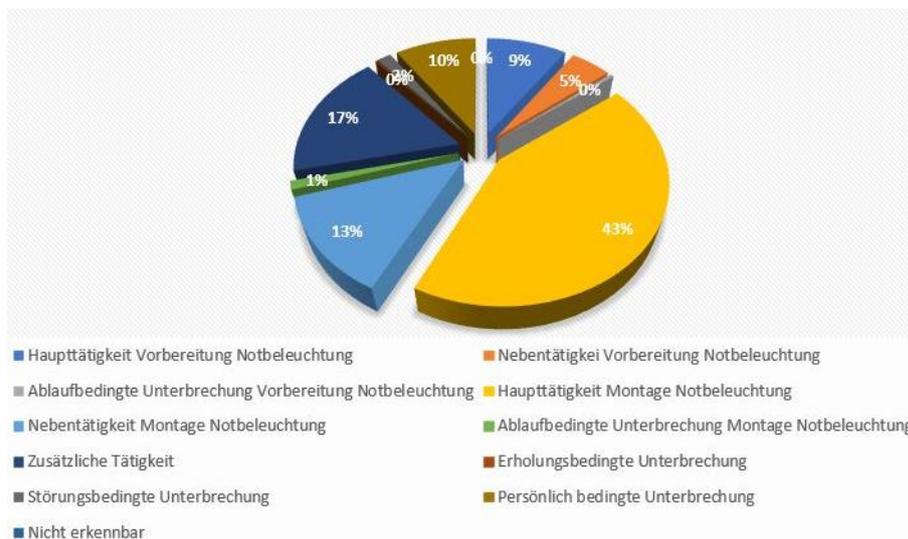


Abbildung 6-57: MG - Zusammensetzung der Zeit für die Notbeleuchtung

6.4.2.2 Aufwandswert Zusammenbau Notbeleuchtung

Für die Ermittlung des Aufwandswertes wurden die Zeiten der Ablaufarten aus der Abbildung 6-54 herangezogen. Diese wurden auf der Baustelle gemessen. Insgesamt wurden dabei **42 Stück** an Notbeleuchtung vorbereitet bzw. zusammengebaut.

Absolute Vertrauensbereiche für den Zusammenbau der Notbeleuchtung

Grundzeit

Der Prozentuale Anteil der Grundzeit für den Zusammenbau der Notbeleuchtung kann der Abbildung 6-54 entnommen werden.

$$f_i^I = \pm 1,96 * \sqrt{\frac{15\% * (100\% - 15\%)}{1487}} = \pm 1,81\%$$

Es ist nach Abschluss der Multimomentaufnahme sicher (95% Sicherheit), dass der wahre, jedoch unbekannte Anteil der Grundzeit weniger als **1,81%** von dem Multimomentergebnis abweicht.

Verteilzeit

Der absolute Vertrauensbereich der Verteilzeit berechnet sich analog zur Berechnung in Punkt 6.4.2.1.

$$f_i^I = \pm 1,96 * \sqrt{\frac{29\% * (100\% - 29\%)}{1487}} = \pm 2,28\%$$

Es ist nach Abschluss der Multimomentaufnahme sicher (95% Sicherheit), dass der wahre, jedoch unbekannte Anteil der Verteilzeit weniger als **2,28%** von dem Multimomentergebnis abweicht.

Erholungszeit

Der absolute Vertrauensbereich der Erholungszeit berechnet sich analog zur Berechnung in Punkt 6.4.2.1.

$$f_i^I = \pm 1,96 * \sqrt{\frac{0\% * (100\% - 0\%)}{2897}} = \pm 0\%$$

Es ist nach Abschluss der Multimomentaufnahme sicher (95% Sicherheit), dass der wahre, jedoch unbekannte Anteil der Erholungszeit weniger als **0%** von dem Multimomentergebnis abweicht.

Der im Punkt 4.1.2 geforderte absolute Vertrauensbereich von 4% wurde in allen Fällen unterschritten.

Ermittlung des Aufwandswertes

Wie in Abbildung 6-54 ersichtlich, setzt sich die Gesamtzeit $T = t_e$ aus $t_{g,NB,V}$, t_{er} und t_v zusammen. Nachfolgend wird die Zeit je Einheit, also der Aufwandswert mit Haupttätigkeit, Nebentätigkeit und ablaufbedingten Unterbrechungen ermittelt und es werden Prozentsätze für Erholungs- (z_{er}) und Verteilzeit (z_v) angegeben und dem Aufwandswert aufgeschlagen:

$$\text{Aufwandswert} \left[\frac{\text{min}}{\text{Stck}} \right] = \frac{\sum \text{Lohnstunden} [\text{min}]}{\text{Eingebaute Stückzahl} [\text{Stck}]}$$

Aufwandswert der Grundzeit:

$$AW_{t_{g,NB,V}} = \frac{217 \text{ min}}{42 \text{ Stck}} = 5,17 \frac{\text{min}}{\text{Stck}}$$

Berechnung der Erholungs- (z_{er}) und Verteilzeitprozentsätze (z_v):

Die Prozentsätze für Erhol- und Verteilzeit wurden in Punkt 6.4.2.1 berechnet.

Aufwandswert der Erholungszeit:

$$AW_{t_{er,NB,V}} = \frac{z_{er,NB}}{100\%} * AW_{t_{g,NB,V}} = \frac{0,19\%}{100\%} * 5,17 \frac{\text{min}}{\text{Stck}} = 0,01 \frac{\text{min}}{\text{Stck}}$$

Aufwandswert der Verteilzeit:

$$AW_{t_v,NB,V} = \frac{z_v,NB}{100\%} * AW_{t_{g,NB,V}} = \frac{40\%}{100\%} * 5,17 \frac{\text{min}}{\text{Stck}} = 2,07 \frac{\text{min}}{\text{Stck}}$$

Gesamtaufwandswert Zusammenbau Notbeleuchtung:

$$AW_{NB,V} = AW_{t_{g,NB,V}} + AW_{t_{er,NB,V}} + AW_{t_v,NB,V} = 7,25 \frac{\text{min}}{\text{Stck}}$$

6.4.2.3 Aufwandswert Montage Notbeleuchtung

Für die Ermittlung des Aufwandswertes wurden die Zeiten der Ablaufarten aus der Abbildung 6-54 herangezogen. Diese wurden auf der Baustelle gemessen. Insgesamt wurden dabei **44 Stück** an Notbeleuchtungsmittel montiert.

Absolute Vertrauensbereiche für die Montage der Notbeleuchtung

Grundzeit

Der Prozentuale Anteil der Grundzeit für die Montage der Notbeleuchtung kann der Abbildung 6-54 entnommen werden.

$$f_i^I = \pm 1,96 * \sqrt{\frac{57\% * (100\% - 57\%)}{1487}} = \pm 2,52\%$$

Es ist nach Abschluss der Multimomentaufnahme sicher (95% Sicherheit), dass der wahre, jedoch unbekannte Anteil der Grundzeit weniger als **2,52%** von dem Multimomentergebnis abweicht.

Verteilzeit

Der absolute Vertrauensbereich der Verteilzeit berechnet sich analog zur Berechnung in Punkt 6.4.2.1.

$$f_i^I = \pm 1,96 * \sqrt{\frac{29\% * (100\% - 29\%)}{1487}} = \pm 2,28\%$$

Es ist nach Abschluss der Multimomentaufnahme sicher (95% Sicherheit), dass der wahre, jedoch unbekannte Anteil der Verteilzeit weniger als **2,28%** von dem Multimomentergebnis abweicht.

Erholungszeit

Der absolute Vertrauensbereich der Erholungszeit berechnet sich analog zur Berechnung in Punkt 6.4.2.1.

$$f_i^I = \pm 1,96 * \sqrt{\frac{0\% * (100\% - 0\%)}{2897}} = \pm 0\%$$

Es ist nach Abschluss der Multimomentaufnahme sicher (95% Sicherheit), dass der wahre, jedoch unbekannte Anteil der Erholungszeit weniger als **0%** von dem Multimomentergebnis abweicht.

Der im Punkt 4.1.2 geforderte absolute Vertrauensbereich von 4% wurde in allen Fällen unterschritten.

Ermittlung des Aufwandswertes

Wie in Abbildung 6-54 ersichtlich, setzt sich die Gesamtzeit $T = t_e$ aus $t_{g,NB,M}$, t_{er} und t_v zusammen. Nachfolgend wird die Zeit je Einheit, also der Aufwandswert mit Haupttätigkeit, Nebentätigkeit und ablaufbedingten Unterbrechungen ermittelt und es werden Prozentsätze für Erholungs- (z_{er}) und Verteilzeit (z_v) angegeben und dem Aufwandswert aufgeschlagen:

$$\text{Aufwandswert} \left[\frac{\text{min}}{\text{Stck}} \right] = \frac{\sum \text{Lohnstunden} [\text{min}]}{\text{Eingebaute Stückzahl} [\text{Stck}]}$$

Aufwandswert der Grundzeit:

$$AW_{t_{g,NB,M}} = \frac{845 \text{ min}}{44 \text{ Stck}} = 19,20 \frac{\text{min}}{\text{Stck}}$$

Berechnung der Erholungs- (z_{er}) und Verteilzeitprozentätze (z_v):

Die Prozentsätze für Erhol- und Verteilzeit wurden in Punkt 6.4.2.1 berechnet.

Aufwandswert der Erholungszeit:

$$AW_{t_{er,NB,M}} = \frac{z_{er,NB}}{100\%} * AW_{t_{g,NB,M}} = \frac{0,19\%}{100\%} * 19,20 \frac{\text{min}}{\text{Stck}} = 0,04 \frac{\text{min}}{\text{Stck}}$$

Aufwandswert der Verteilzeit:

$$AW_{t_v,NB,M} = \frac{z_v,NB}{100\%} * AW_{t_{g,NB,M}} = \frac{40\%}{100\%} * 19,20 \frac{\text{min}}{\text{Stck}} = 7,68 \frac{\text{min}}{\text{Stck}}$$

Gesamtaufwandswert Montage Notbeleuchtung:

$$AW_{NB,M} = AW_{t_{g,NB,M}} + AW_{t_{er,NB,M}} + AW_{t_v,NB,M} = 26,92 \frac{\text{min}}{\text{Stck}}$$

6.4.2.4 Aufwandswert Zusammenbau und Montage der Notbeleuchtung

Nachdem die einzelnen Aufwandswerte für den Zusammenbau sowie die Montage der Notbeleuchtung ermittelt wurden, kann der Gesamtaufwandswert durch Addition beider errechnet werden. Er ergibt sich aus dem AW für die Vorbereitung und dem AW für die Montage:

$$AW_{NB} = AW_{NB,V} + AW_{NB,M} = 7,25 \frac{\text{min}}{\text{Stck}} + 26,92 \frac{\text{min}}{\text{Stck}} = 34,17 \frac{\text{min}}{\text{Stck}}$$

6.4.3 Mitarbeiteranalyse

Nachfolgend werden die einzelnen Arbeitstage analysiert, die Mitarbeiter beschrieben und die jeweiligen Arbeitstage nach Ablaufarten illustriert.

6.4.3.1 Mitarbeiterbeschreibung und Analyse der gesamten Tagesleistungen

Die Bezeichnung der Arbeitskräfte setzt sich aus Baustelle-Arbeitskraft-Vorname zusammen. Informationen zu den einzelnen Arbeitern wurden aus persönlichen Gesprächen entnommen.

MG-AK1-M:

Siehe Punkt 6.1.3.1.

MG-AK3-B:

Siehe Punkt 6.2.1.4.

MG-AK6-P:

- 28 Jahre alt
- Nationalität: Österreicher
- Leiharbeiter (Gelernter Elektriker ohne Abschlussprüfung)
- Sehr motiviert
- Selbstständiges Arbeiten und Lösen von Problemen

Prozentuale Gliederung aller Ablaufarten der jeweiligen Arbeitstage aller Arbeiter:

In Tabelle 6-19 sind alle Aufnahmetage und der prozentuale Anteil jeder Ablaufart aufgelistet.

Die Ursachen der Schwankungen werden für jeden einzelnen Tag nachfolgend erläutert.

Tabelle 6-19: MG - Ablaufarten in Prozent (Notbeleuchtung)

Übersicht aller Arbeitskräfte	Datum	11.08.16	12.08.16	Gesamt
Baustelle: Monsbergergasse 16 Graz	Wo-Tag	Do	Fr	
Ablaufarten				
Haupttätigkeit		53%	50%	52%
Nebentätigkeit		19%	15%	18%
zusätzl. Tätigkeit		17%	17%	17%
Ablaufbedingte Unterbrechung		1%	2%	2%
Störungsbedingt Unterbrechung		0%	4%	2%
Erholungsbedingt Unterbrechung		0%	0%	0%
Persönlich bedingt Unterbrechung		9%	11%	9%
nicht erkennbare Tätigkeiten		0%	0%	0%
	Σ	100%	100%	100%

6.4.3.2 Mitarbeiteranalyse am 11.08.2016

Nachdem eine Übersicht über alle Arbeitstage gegeben wurde, wird nun jeder einzelne Arbeitstag betrachtet. An diesem Tag bestand das Team aus **MG-AK1-M** und **MG-AK6-P**.

Ablaufarten MG-AK1-M:

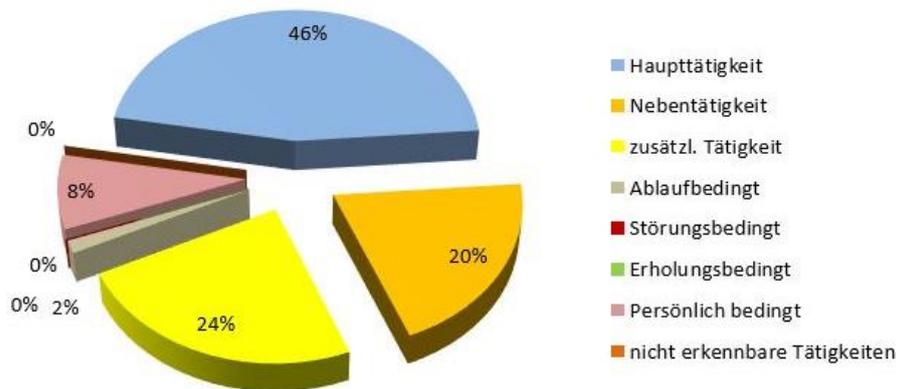


Abbildung 6-58: Ablaufarten MG-AK1-M (Notbeleuchtung, 11.08.2016)

Ablaufarten MG-AK6-P:

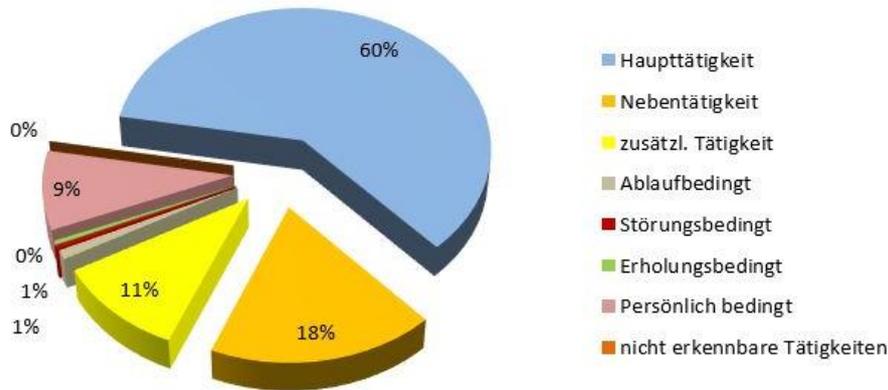


Abbildung 6-59: Ablaufarten MG-AK6-P (Notbeleuchtung, 11.08.2016)

Tagesanalyse/Vorkommnisse/Probleme

Einbaumenge:

Tabelle 6-20: MG - Notbeleuchtung am 11.08.2016

	Vorbereitung	Montage
Notleuchte mit Piktogramm	12	12
Notleuchte	19	16
Spot	1	1

Zusätzliche Informationen:

An diesem Tag waren zwei Arbeiter mit der Aufgabe der Montage der Notbeleuchtung betraut. MG-AK1-M hatte noch kein durchdachtes Arbeitssystem zur Montage. Anstatt einmal den Plan zu lesen und die Leuchten zu verteilen, um sie anschließend direkt montieren zu können, musste er für jede Leuchte einzeln den Plan studieren.

Ablaufarten aller AK:

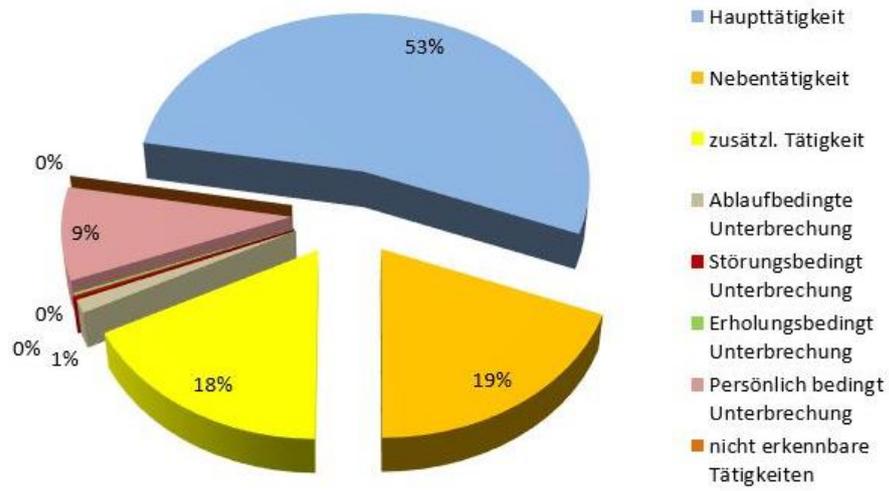


Abbildung 6-60: Ablaufarten MG-aller AK (Notbeleuchtung, 11.08.2016)

6.4.3.3 Mitarbeiteranalyse am 12.08.2016

An diesem Tag bestand das Team aus **MG-AK3-B** und **MG-AK6-P**.

Ablaufarten MG-AK3-B:

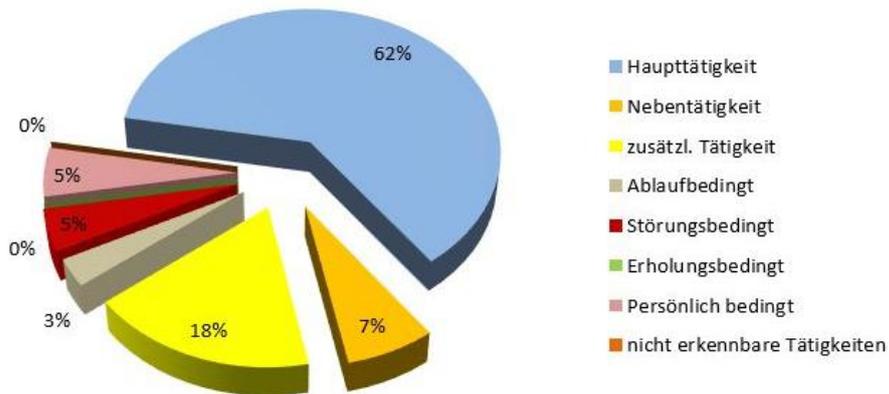


Abbildung 6-61: Ablaufarten MG-AK3-B (Notbeleuchtung, 12.08.2016)

Ablaufarten MG-AK6-P:

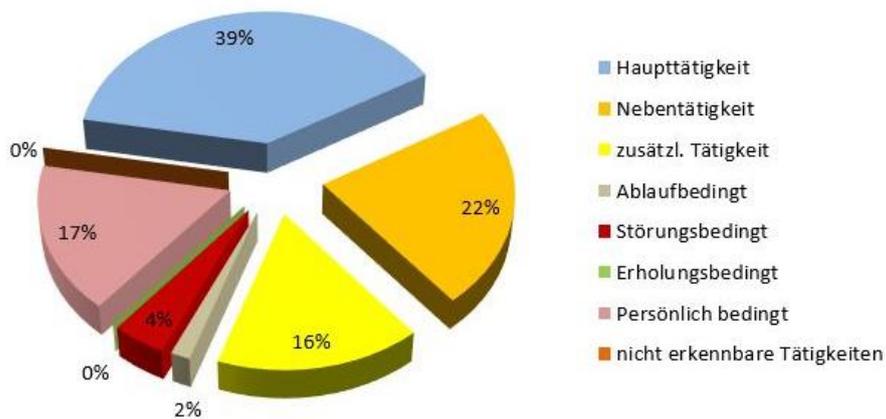


Abbildung 6-62: Ablaufarten MG-AK6-P (Notbeleuchtung, 12.08.2016)

Tagesanalyse/Vorkommnisse/Probleme

Einbaumenge:

Tabelle 6-21: MG - Notbeleuchtung am 12.08.2016

	Vorbereitung	Montage
Notleuchte mit Piktogramm	10	9
Notleuchte	0	6
Spot	0	0

Zusätzliche Informationen:

Am 12.08.2016 montierte MG-AK3-B zum ersten Mal Notbeleuchtung. Anfangs gab es eine kurze Unterweisung von MG-AK6-P. Nach kurzer Einarbeitungszeit arbeitete er genauso schnell wie MG-AK6-P. Ihr System bestand daraus, dass MG-AK3-B die Notbeleuchtung hauptsächlich montierte und MG-AK6-P diese zusammenbaute und an ihren Einbauort brachte.

Ablaufarten aller AK:

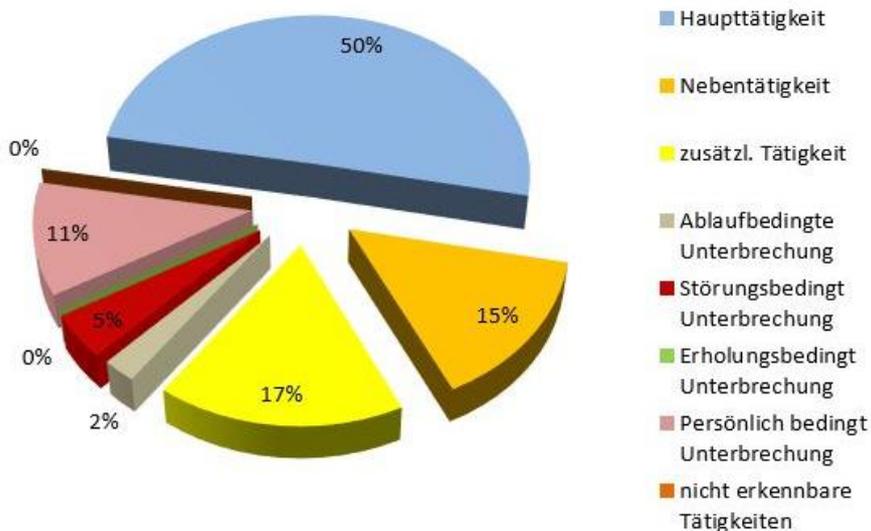


Abbildung 6-63: Ablaufarten MG-aller AK (Notbeleuchtung, 12.08.2016)

7 Vergleich von Aufwandswerten der Herschwerke Regeltechnik GmbH mit den ermittelten Werten

Die in Kapitel 5 und 6 ermittelten Aufwandswerte werden in diesem Kapitel mit Aufwandswerten der Erstkalkulation der Herschwerke Regeltechnik GmbH verglichen, welche einem persönlichen Gespräch mit dem Kalkulanten entnommen wurden.

Eine Vergleichbarkeit ist nicht immer gewährleistet, da Aufwandswerte aus stichprobenartigen Beobachtungen auf verschiedenen Baustellen ermittelt wurden. Einzelne Aufnahmen erstreckten sich über wenige Tage. Der Zeitnehmer ist meistens extern und wird für eine bestimmte Zeitperiode eingestellt. Dadurch entsteht das Problem, dass er nicht auf jeder Baustellenart die gleiche Tätigkeit untersuchen kann. Dies kann zu einem Aufwandswert führen, der extreme Schwankungen, verglichen mit dem Wert der Urkalkulation, aufweist.

Es folgt eine graphische Gegenüberstellung. Blau schraffierte Balken stellen die Aufwandswerte dar. Der orange Balken zeigt das Delta der beiden Werte. Auf der Abszisse ist die Herkunft der Werte ersichtlich. Die Ordinate zeigt den Wert.

Bei der Berechnung der prozentualen Abweichung ist der Aufwandswert der Herschwerke die Bezugsgröße und als 100% anzusehen.

7.1 MED CAMPUS

7.1.1 Gegenüberstellung der AW für Kabelzug bis 5x6 mm²

Da der ermittelte Aufwandswert nicht nach einzelnen Kabelquerschnitten aufgeteilt wurde, sondern in einem Intervall von verschiedenen Kabeldicken besteht, wurde ein Werteberich von 1,8 min/m bis 5 min/m von der Herschwerke Regeltechnik GmbH vorgegeben. Von diesem Bereich wurde anschließend der Mittelwert von 3,4 min/m zum Vergleich herangezogen. Die prozentuale Abweichung beträgt **+1,76%** und entspricht einem **Delta** von **0,06 min/m**.

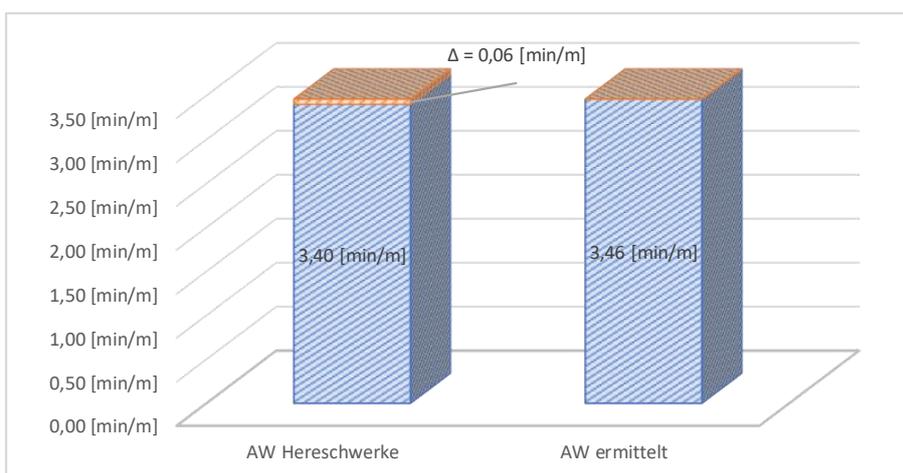


Abbildung 7-1: MC - Vergleich AW Kabelzug bis 5x6 mm²

7.1.2 Gegenüberstellung der AW für Kabelzug IT-Übertragungskabel

Die prozentuale Abweichung beträgt **-60,63%** und entspricht einem **Delta** von **0,97 min/m**.

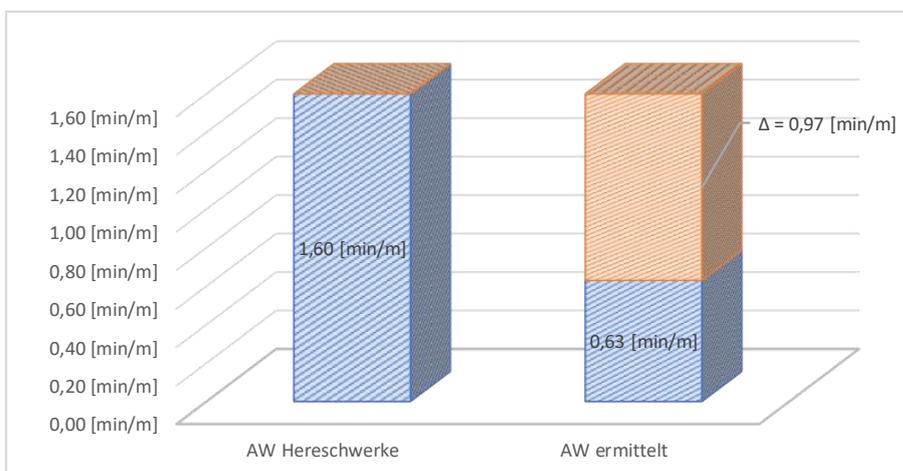


Abbildung 7-2: MC - Vergleich AW Kabelzug IT-Übertragungskabel

7.2 BHAK/BORG Monsbergergasse

7.2.1 Gegenüberstellung der AW für Kabelzug Brandmeldeleitung

Es wurde ein Wertebereich von 1,6 min/m bis 1,8 min/m von der Herschwerke Regeltechnik GmbH vorgegeben. Von diesem Bereich wurde anschließend der Mittelwert von 1,7 min/m zum Vergleich herangezogen. Die prozentuale Abweichung beträgt **+141,76%** und entspricht einem **Delta von 2,41 min/m**.

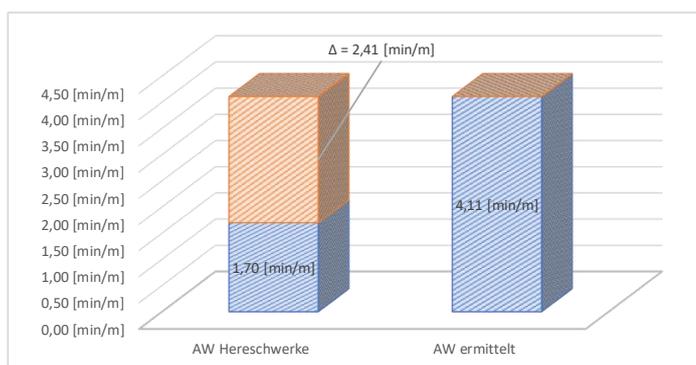


Abbildung 7-3: MG - Vergleich AW Kabelzug Brandschutzmeldeanlagen

7.2.2 Gegenüberstellung der AW Brüstungskanalmontage inkl. Brüstungskanalkomplementierung

Für die Herstellung des Brüstungskanals gibt es nur einen Wert. Um die Vergleichbarkeit herzustellen wurden mehrere einzelne Aufwandswerte des Kalkulanten addiert. In diesem Fall beinhaltet der Ansatz:

AW (Montieren und Schneiden)	22	min/m
AW (Dose einsetzen)	2	min/m
Gesamt:	24	min/m

Die prozentuale Abweichung beträgt **+54,17%** und entspricht einem **Delta von 13,00 min/m**.

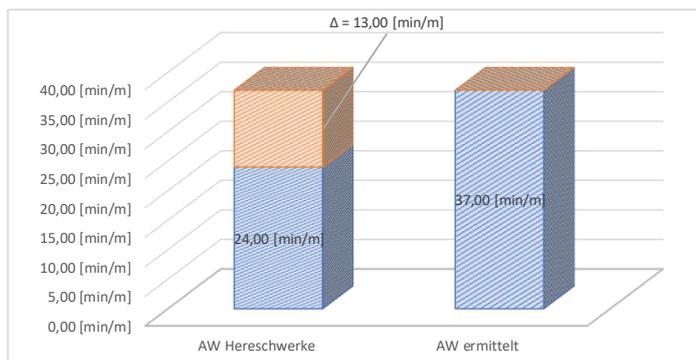


Abbildung 7-4: MG - Vergleich AW Herstellung des Brüstungskanals

7.2.3 Gegenüberstellung der AW für Brandmeldeeinrichtung

Druckknopfmelder

Die prozentuale Abweichung beträgt **+42,32%** und entspricht einem **Delta** von **9,31 min/Stck**.

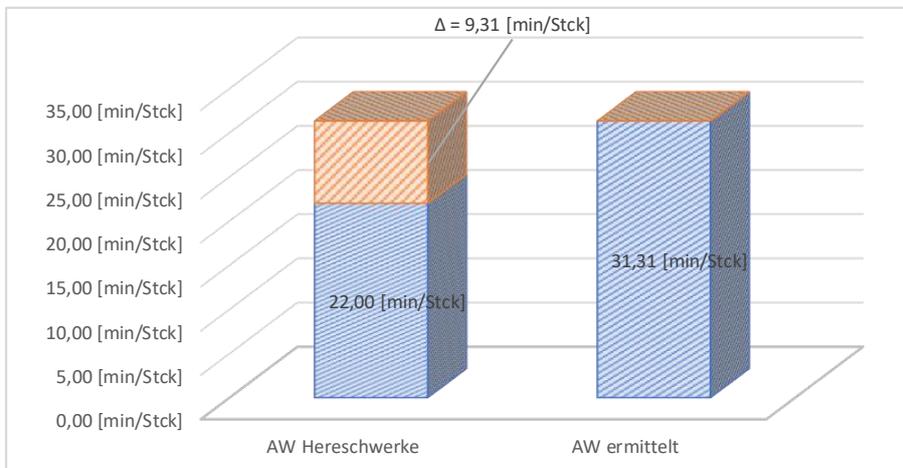


Abbildung 7-5: MG - Vergleich AW Druckknopfmelder

Rauchmelder

Die prozentuale Abweichung beträgt **-5,21%** und entspricht einem **Delta** von **1,46 min/Stck**.

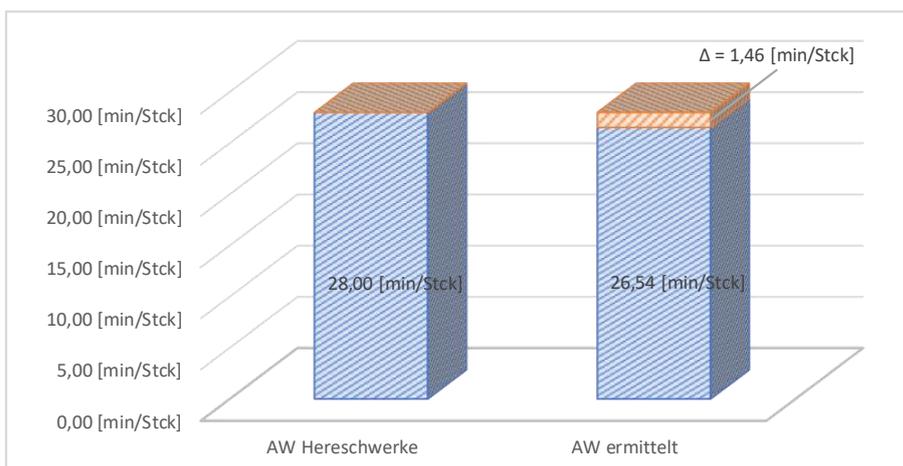


Abbildung 7-6: MG - Vergleich AW Rauchmelder

Akustische Signalgeber

Die prozentuale Abweichung beträgt **+26,59%** und entspricht einem **Delta** von **5,85 min/Stck**.

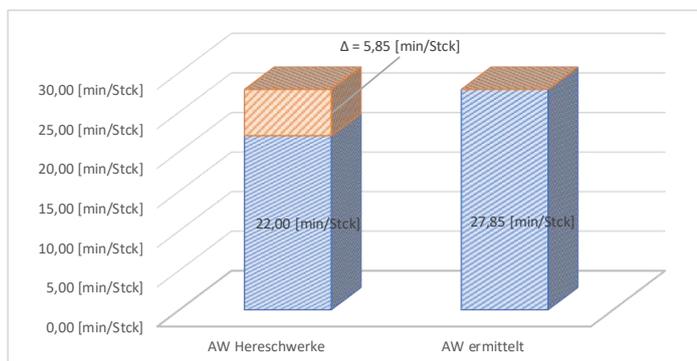


Abbildung 7-7: MG - Vergleich AW akustische Signalgeber

7.2.4 Gegenüberstellung der AW für Notbeleuchtung

Um die Vergleichbarkeit herzustellen wurden mehrere einzelne Aufwandswerte des Kalkulanten addiert und ein Mittelwert gebildet. Dabei wird angenommen, dass Spots, Sicherheitsleuchten und Sicherheitsleuchten mit Piktogramm in gleichem prozentualem Anteil eingebaut werden. In diesem Fall beinhaltet der Ansatz:

AW Spot	22	min/Stck
AW Sicherheitsleuchte	30	min/Stck
AW Rettungszeichensicherheitsleuchten	38	min/Stck
Gesamt:	90	min/Stck

$(90 \text{ min/Stck}) / (3 \times \text{Notbeleuchtung}) = \mathbf{30 \text{ min/Stck Notbeleuchtung}}$

Die prozentuale Abweichung beträgt **+13,90%** und entspricht einem **Delta** von **4,17 min/Stck**.

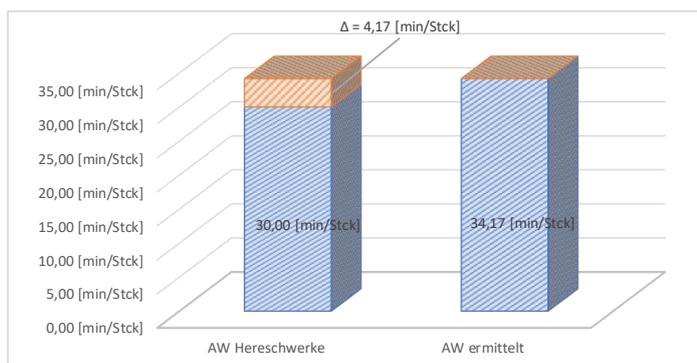


Abbildung 7-8: MG - Vergleich AW Notbeleuchtung

8 Fazit und Verbesserungspotentiale

Wie die Beobachtungen auf den Baustellen MED CAMPUS und BHAK/BORG Monsbergergasse, verglichen mit den Aufwandswerten der Urkalkulation der Hereschwerke Regeltechnik GmbH, gezeigt haben, schwanken diese sehr stark, was in Kapitel 7 ersichtlich ist. Die Ursache dafür sind verschiedene Einflussfaktoren. Zum einen muss unterschieden werden, ob es sich um einen Neubau (Beispiel MED CAMPUS) oder eine Sanierungsmaßnahme (Beispiel BHAK/BORG) handelt und welches Bauvolumen zum tragen kommt. Zum anderen ist die Qualifikation des Arbeiters, ob Fachkraft oder ungelernt, deren Motivation beispielsweise im Bezug auf die Lohnhöhe sowie die Zusammensetzung und Fluktation der Mitarbeiter und Kolonnen, entscheidend.

8.1 Potentiale in der Mitarbeiterstruktur und Zusammensetzung

Die Beurteilung der Verbesserungsmöglichkeiten in Bezug auf Mitarbeiterstruktur und Zusammensetzung bezieht sich auf drei verschiedene Gruppen von Arbeitern der Baustellenbeobachtungen.

- Slowenische Arbeiter (Subunternehmen)
- Leiharbeiter
- Mitarbeiter der Hereschwerke

Nach Meinung der Autoren lässt sich die Produktivität bei slowenischen Arbeitern dadurch steigern, dass einerseits slowenisches Fachpersonal (Elektriker) in größerer Anzahl verfügbar ist, um ihren Kollegen Hilfestellung zu leisten und andererseits jedem Subunternehmer der Hereschwerke Regeltechnik GmbH ein eigener Vorarbeiter zugewiesen wird, der mitarbeitet und für alle Fragen der Subunternehmer offensteht. Durch persönliche Gespräche wurde den Autoren bewusst, dass die geringe Motivation durch das angespannte Verhältnis zwischen den Arbeitern und ihrem Vorgesetzten induziert wurde. Dies hatte monetäre und zeitliche Hintergründe.

Die Leiharbeiter fielen durch das Mitdenken, ihre Motivation zu arbeiten und Eigeninitiative positiv auf. Die Arbeiter waren teilweise gelernte Elektriker mit fehlender Abschlussprüfung. Man konnte sie, wie eigene Mitarbeiter, selbstständig Arbeiten erledigen lassen. Ausnahmen äußerten sich dadurch, dass Arbeiter versuchten, ihre eigenen, persönlichen Ziele zu verfolgen und die Arbeit nur zur Überbrückung ihrer finanziellen Notlage mit wenig Motivation durchführten.

Mitarbeiter der Hereschwerke Regeltechnik GmbH waren allesamt sehr positiv zu bewerten. Alle Arbeiter waren motiviert, besaßen Fachkenntnis und hatten Spaß an der Arbeit. Auch Lehrlinge erledigten eigenständig nach bestem Wissen ihre Aufgaben.

8.2 Potentiale in der Baustellenorganisation

Ein sehr wichtiger Punkt um die Ausführung zu verbessern, ist, den Baustellen mehr Werkzeug zur Verfügung zu stellen um die Grundzeit, bestehend aus Haupt-, Nebentätigkeit und ablaufbedingte Unterbrechung, zu minimieren. Allgemein sollte auf die Wünsche und Bedürfnisse der Bauleiter eingegangen werden, da sie vor Ort sind und die Probleme am besten kennen. Viel zu viel Zeit ist für die Suche und das Warten auf das Werkzeug verloren gegangen. Dabei ist der Akkuschrauber besonders aufgefallen, da er für fast alle Montagearbeiten benötigt wurde. Prinzipiell sollte der Baustelle genug Werkzeug zur Verfügung stehen.

8.3 Ausblick

Um aussagekräftigere Werte für die vielen verschiedenen Tätigkeiten zu erhalten sind weitere wissenschaftliche Betrachtungen der Tätigkeiten notwendig. Dabei sollten der Meinung der Autoren nach, folgende Maßnahmen ergriffen werden. Zu Beginn müssen die Baustellen kategorisiert werden, aufgeteilt in Neubau oder Sanierung und diese unterteilt in Baugrößen. Danach muss eine Tätigkeit über alle Baustellenarten und -größen beobachtet werden. Dadurch erhält man einen Aufwandswert für die verschiedensten Arten der Baustellen, der für die Urkalkulation am besten geeignet ist. Nach Meinung der Autoren sollte eine ABC-Analyse bei bereits beendeten Projekten durchgeführt werden um den Anteil an A-Positionen (ca. 20% der Leistungspositionen), welche ca. 80% der Angebotssumme ausmachen, zu ermitteln. Aus dieser resultieren die wichtigsten Aufwandswerte. B-Positionen, die ca. 10 – 25% und C-Positionen, die ca. 5 – 15% ausmachen, können dabei vernachlässigt werden um den Aufwand für die Datenaufnahme zu minimieren.

9 Literaturverzeichnis

<http://www.dieindustrie.at/ausbildung/industrietechnikerin/unternehmen/hereschwerke/>. Datum des Zugriffs: 12.07.2017.

<http://www.hereschwerke.com/>. Datum des Zugriffs: 12.07.2017.

<http://www.solaranlage.eu/photovoltaik/technik-komponenten/funktionsweise-der-photovoltaikanlage>. Datum des Zugriffs: 13.07.2017.

<https://diybook.at/sites/default/files/00-elektroinstallation-im-haus-thumb.jpg>. Datum des Zugriffs: 27.07.2017.

https://www.google.at/search?q=beleuchtungskonzepte&source=lnms&tbm=isch&sa=X&ved=0ahUKEwj4i-WniKnVAhXIhrQKHVV4AOMQ_AUICigB&biw=1314&bih=743#imgrc=__vEabE8P0K07M:. Datum des Zugriffs: 27.07.2017.

<http://www.eas-elektro.de/images/buehe/leistungen/gira1.jpg>. Datum des Zugriffs: 27.07.2017.

<http://web102.atmexx.de/wp-content/uploads/sprechanlagen-300x283.jpg>. Datum des Zugriffs: 27.07.2017.

<http://www.wilms-kom.de/produkte/pict/6739.jpg>. Datum des Zugriffs: 27.07.2017.

https://www.smartraum.de/wp-content/uploads/2017/04/Spectral_NEXT_1-1024x724.jpg. Datum des Zugriffs: 27.07.2017.

<http://www.alarmanlagen-sachsen.de/images/Hausalarm.jpg>. Datum des Zugriffs: 27.07.2017.

<http://www.pfeifer-sicherheit.de/images/brandcollage.jpg>. Datum des Zugriffs: 27.07.2017.

<http://www.palaoro.net/index.php/sicherheitstechnik/videoueberwachung>. Datum des Zugriffs: 27.07.2017.

<http://www.sicherheit-360.de/Zutrittskontrolle/zeiterfassung.jpeg>. Datum des Zugriffs: 27.07.2017.

<http://www.uniton.de/images/Trier/Cluster%20Trier-k.JPG>. Datum des Zugriffs: 27.07.2017.

<http://www.essecca.at/UserFiles/Image/produkte/63e37599fa.jpg>. Datum des Zugriffs: 27.07.2017.

<http://www.zeiner-1a.at/gal/photo-1.jpg>. Datum des Zugriffs: 27.07.2017.

http://www.lang-kaelte.at/wp-content/uploads/2015/11/Service_Wartung_261-688x1030.jpg. Datum des Zugriffs: 27.07.2017.

- <https://www.google.at/maps/@47.0770699,15.4701343,419a,35y,39.24t/data=!3m1!1e3>. Datum des Zugriffs: 27.07.2017.
- <https://de.wikipedia.org/wiki/Handelsakademie>. Datum des Zugriffs: 29.07.2017.
- <https://de.wikipedia.org/wiki/Oberstufenrealgymnasium>. Datum des Zugriffs: 29.07.2017.
- <https://de.statista.com/statistik/lexikon/definition/138/varianz/>. Datum des Zugriffs: 15.08.2017.
- <https://de.statista.com/statistik/lexikon/definition/126/standardabweichung/>. Datum des Zugriffs: 15.08.2017.
- <http://refa-consulting.de/relativer-vertrauensbereich>. Datum des Zugriffs: 15.08.2017.
- <http://refa-consulting.de/vertrauensbereich>. Datum des Zugriffs: 15.08.2017.
- <https://www.google.at/maps/place/Monsbergergasse+16,+8010+Graz/@47.0557141,15.4506693,17z/data=!3m1!4b1!4m5!3m4!1s0x476e4a90bf1f15db:0xff26aa3139165eb1!8m2!3d47.0557141!4d15.452858>. Datum des Zugriffs: 29.07.2017.
- <https://www.google.at/maps/@47.0770699,15.4701343,419a,35y,39.24t/data=!3m1!1e3>. Datum des Zugriffs: 01.01.2007.
- .
- BUNDESVERGABEGESETZ: BVerG 2017.
- HOFSTADLER, C.: Produktivität im Baubetrieb - Bauablaufstörungen und Produktivitätsverluste. Berlin. Springer Vieweg, 2014.
- : Bauablaufplanung und Logistik im Baubetrieb. Berlin, Heidelberg. Springer Verlag Berlin Heidelberg, 2007.
- : Bauablaufplanung und Logistik VU (Master) Skriptum. TU Graz. 2016.
- HOFSTADLER, C. et al.: Projektcurzfassung - Einfluss von Lohn- und Sozialdumping auf den Wettbewerb in der Bauwirtschaft. <https://www.wko.at/branchen/stmk/gewerbe-handwerk/bau/Kurzfassung-der-Studie.pdf>. Datum des Zugriffs: 03.10.2017.
- KÜNSTNER, G.: REFA in der Baupraxis Teil 2 Datenermittlung. Frankfurt/Main. ZTV-Verlag, 1984.
- LANG, A.: Ein Verfahren zur Bewertung von Bauablaufstörungen und zur Projektsteuerung. Düsseldorf. VDI-Verlag GmbH, 1988.
- RIEDIGER, H.-G.; STEINMETZGER, R.: Rationalisierung im Baubetrieb: Möglichkeiten der REFA-Methodenlehre. In: Nr. 1/2000.
- VERBAND FÜR ARBEITSSTUDIEN - REFA: Methodenlehre des Arbeitsstudiums Teil 1 Grundlagen. München. Hanser, 1984.

VERBAND FÜR ARBEITSSTUDIEN - REFA: Methodenlehre des Arbeitsstudiums Teil 2 Datenermittlung. München. Carl Hanser Verlag, 1992.