

MASTERARBEIT



LEITERNFREIE BAUSTELLE

Entscheidungsgrundlagen für die Wahl der Aufstiegsmethode im Hochbau

Cornelia Ninaus

Vorgelegt am
Institut für Baubetrieb und Bauwirtschaft
Projektentwicklung und Projektmanagement

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

Mitbetreuender Assistent
Bmstr. Dipl.-Ing. Dr. techn. Dieter Schlagbauer

Graz am 06. Jänner 2014

EIDESSTATTLICHE ERKLÄRUNG

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

Graz, am

.....

(Unterschrift)

STATUARY DECLARATION

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

Graz,

date

.....

(signature)

Danksagung

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

Für die Betreuung von universitärer Seite bedanke ich mich bei Herrn Univ.-Doz. Dr.techn. Dipl.-Ing. Christian Hofstadler und bei Herrn Univ.-Prof. Dr.-Ing. Detlef Heck.

Weiters möchte ich mich bei Bmstr. Dipl.-Ing. Dr. techn. Dieter Schlagbauer bedanken, der mich während meiner gesamten Diplomarbeit tatkräftig unterstützt hat und mir jederzeit produktive Inputs lieferte.

Ebenso möchte ich mich hiermit bei Herrn Ing. Mag. (FH) Christian Sorko und seinem Team der Firma PERI bedanken, die mir interessante Einblicke in die Unternehmung ermöglichten und mich mit zahlreichen Auskünften versorgten.

Ein weiteres Dankeschön gebührt den Firmen, die ihre Baustellen für die Untersuchungen zur Verfügung stellten sowie den Studenten, die im Zuge ihrer wissenschaftlichen Arbeiten, Datenerhebungen durchgeführt haben.

Auch meinen Freunden und Studienkollegen des Geotechnik Zeichensaa-les sei an dieser Stelle gedankt, da sie während meiner gesamten Studienzeit für mich da waren und auch ihren Beitrag zu dieser Arbeit geleistet haben.

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

(Ort), am (Datum)

(Unterschrift des Studenten)

Kurzfassung

Derzeit sind Anlegeleitern die meistverwendeten Aufstiegshilfen zur Höhenüberwindung im Hochbau. Dies ist oft auf die relativ niedrigen Anschaffungskosten im Vergleich zu anderen Aufstiegsmitteln zurückzuführen. Um die Einseitigkeit dieser Betrachtungsweise darzustellen, wird im Zuge dieser Arbeit ein Wirtschaftlichkeitsvergleich von Anlegeleitern, Treppentürmen und im Gerüst integrierten Aufstiegshilfen durchgeführt.

Durch empirische Untersuchungen sowie vorhandene Kostengrundlagen und wissenschaftliche Erkenntnisse wird gezeigt, welche der Aufstiegsmöglichkeiten die höchste wirtschaftliche Rentabilität mit sich bringt. Um eine in sich schlüssige Aussage treffen zu können, werden Faktoren wie Sicherheit, Kosten, Zeiten, Belastungen und Beanspruchungen sowie Einsatzhäufigkeiten der jeweiligen Arbeitsmittel betrachtet. Auch die nötige Baustelleneinrichtung und die mit der Aufstiegshilfe verbundenen Transportmöglichkeiten werden im Zuge der Untersuchungen erfasst.

Nach eingehender Datenerhebung mittels Recherche, Befragung, Baustellenbeobachtung und Durchführung eines Versuchstages zur Simulation der vertikalen Verkehrswege mit anschließender Auswertung, werden die Aufstiegsmittel durch Werkzeuge der Verfahrenswahl bewertet.

Zum einen erfolgt dies durch die Ermittlung der kritischen Auf- und Abstiegshöhe, die auf der Formel zur Berechnung der kritischen Leistungsmenge basiert. Sie berücksichtigt neben den Anschaffungs- und monatlichen Kosten auch die Auf- und Abstiegszeiten der jeweiligen Aufstiegshilfe, ausgedrückt durch den Mittellohnpreis. Weiters werden die Auswirkungen eines veränderten Mittellohnpreises anhand dieser Formel untersucht und später durch die täglichen Unfallkosten ergänzt, wodurch die Konsequenzen mangelnder Arbeitssicherheit finanziell ersichtlich werden.

Zum anderen werden die Erkenntnisse der Anlegeleitern, Treppentürme und im Gerüst integrierte Aufstiegsmöglichkeiten im Rahmen einer Nutzwertanalyse gegenübergestellt, um eine wirtschaftliche Bewertung, die alle ausgewählten Kriterien berücksichtigt, zu erhalten.

Abstract

At the present time ladders are the most commonly used ascent support to scale up a building. In general this can be traced back to relatively low initial costs of ladders compared to other ascent equipment. In order to give a proven recommendation for the most cost effective ascent support an economic comparison of ladders, stair towers and scaffoldings with integrated ascent support is presented in this work.

Based on empirical studies as well as on existing cost data and the current state of scientific knowledge the ascent support with the highest profitability is shown. In order to make a self-contained statement, criteria like safety, cost, time, stress and physical strains as well as frequency of use of each ascent support are considered. Furthermore, necessary site equipment and transportation possibilities of each ascent support are considered in the course of the investigations.

For the evaluation of ladders, stair towers and scaffoldings with integrated ascent data was found in literature, collected during a survey, recorded while construction monitoring and gathered during the simulation of vertical transport routes within an experimental day.

The above mentioned evaluation is based on two different instruments: The first is the identification of the critical amount of ascents and descents, which is based on the formula for calculating the critical quantity of activity. It considers the initial and monthly costs as well as the ascent and descent speed, which is expressed by the average labour costs. Furthermore, the impact of a labour cost variance is analyzed with this formula, and later expanded by the daily costs of accidents.

The second instrument is the cost-benefit analysis which considers all selected criteria to show the most efficient ascent support.

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	1
1.1	Anlass und Aufgabenstellung.....	1
1.2	Zielsetzung und Abgrenzung	2
1.3	Vorgehensweise	2
2	Definitionen und Grundlagen	4
2.1	Begriffe und Grundlagen zu den einzelnen Aufstiegshilfen	4
2.1.1	Begriffe und Grundlagen zur Leiter	4
2.1.2	Begriffe und Grundlagen zum Treppenturm (auch genannt Gerüsttreppe bzw. Bautreppe).....	6
2.1.3	Begriffe und Grundlagen zu der im Gerüst integrierte Aufstiegshilfe ...	8
2.1.4	Begriffe und Grundlagen zu Bauaufzügen	9
2.1.5	Begriffe und Grundlagen zu Treppenhäusern im Objekt.....	10
2.2	Grundlagen und Definitionen zur PERI - Zugangstechnik	10
2.2.1	Belagsarten	10
2.2.2	Leiteraufstiege, Durchstiege und Leitergangtafeln	13
2.2.3	Gerüst- und Bautreppen	15
2.2.3.1	Gerüsttreppe als Treppenturm	17
2.2.3.2	Bautreppe als Treppenturm	17
2.3	Sicherheitsanforderungen an die Aufstiegshilfen	19
2.3.1	Sicherheit auf Leitern.....	19
2.3.1.1	Allgemeine Sicherheitshinweise zu Anlegeleitern	19
2.3.1.2	Zahlen und Fakten für Sicherheit auf Anlegeleitern	20
2.3.1.3	Die Anlegeleiter als sicherer Transportweg	21
2.3.2	Sicherheit auf Gerüsten (Treppentürme und im Gerüst integrierte Aufstiegsmöglichkeiten).....	21
2.3.2.1	Allgemeine Sicherheitshinweise für Gerüste	21
2.3.2.2	Zahlen und Fakten für Sicherheit auf Gerüsten	24
2.3.2.3	Das Gerüst als sicherer Transportweg	28
2.4	Betriebswirtschaftliche Begriffe und Grundlagen.....	29
2.4.1	Wirtschaftlichkeit.....	29
2.4.2	Kosten	29
2.5	Grundlagen der Verfahrenswahl im Bauwesen	30
2.5.1	Variantenvergleich.....	30
2.5.1.1	Verfahrenvergleich	30
2.5.2	Die Verfahrenswahl	32
2.5.2.1	Einflussgrößen auf die Verfahrenswahl	33
2.5.2.2	Kriterien für die Verfahrenswahl	35
2.5.3	Arten von Verfahrensvergleichen.....	37
2.5.3.1	Kritische Leistungsmenge	38
2.5.3.2	Nutzwertanalyse	40
2.6	Medizinische und physiologische Grundlagen.....	43
2.6.1	Das Belastungs- Beanspruchungskonzept.....	43
2.6.2	Der Energieverbrauch von Individuen	44
2.6.3	Bestimmung von Leistungs- und Beanspruchungskennwerten	46
2.6.3.1	Leistungskennwerte	46
2.6.3.2	Beanspruchungskennwerte	47
2.6.4	Beanspruchungsgrenzen	48
2.7	Grundlagen und Begriffe der Arbeitsablaufbeobachtung.....	49
2.7.1	Arbeitsablaufschritte nach REFA	49
2.7.2	Beobachtungsmethoden nach REFA	51

2.8	Grundlagen und Begriffe der Zeiterfassung	51
2.8.1	Nutzungsdauer	51
2.8.2	Aufbauzeit (auch genannt Montagezeit).....	51
2.8.3	Abbauzeit	52
2.8.4	Aufstiegszeit	52
2.8.5	Abstiegszeit	52
2.8.6	Einsatzhäufigkeiten.....	52
2.8.7	Einsatzdauer.....	52
2.9	Grundlagen und Begriffe der Verkehrswege	52
2.9.1	Personenverkehrswege	52
2.9.2	Transportverkehrswege	52
3	Datenerhebung und Untersuchungsablauf	53
3.1	Untersuchungsablauf.....	53
3.1.1	Untersuchungsablauf der Österreichischen Unfallstatistiken.....	53
3.1.2	Untersuchungsablauf der Befragung.....	54
3.1.3	Untersuchungsablauf der Beobachtung	56
4	Erster Teil der Datenerhebung - Österreichische Unfallstatistiken	61
4.1	Arbeitsunfälle in Österreich.....	61
4.1.1	Arbeitsunfälle auf Treppen, Leitern und Gerüsten.....	62
4.1.2	Auswirkungen der Unfälle.....	68
4.1.2.1	Gesundheitliche Auswirkungen	68
4.1.2.2	Wirtschaftliche Auswirkungen	69
4.1.3	Conclusio der österreichischen Unfallstatistiken	74
5	Zweiter Teil der Datenerhebung - Befragung	75
5.1	Befragungswerkzeuge	75
5.1.1	Befragungsgruppe 1: Polier/Bauleiter	75
5.1.1.1	Interviewleitfaden für Polier/Bauleiter	75
5.1.1.2	Fragebogen zur Aussendung an Polier/Bauleiter	80
5.1.2	Befragungsgruppe 2: Firmen aus der Baubranche.....	82
5.1.2.1	Fragebogen/Online-Befragung	82
5.2	Ergebnisse der Befragung	86
5.2.1	Befragungsmenge	86
5.2.2	Verhältnis von Eigentum und Miete der Aufstiegsmethoden.....	87
5.2.3	Einsatz von Treppentürmen.....	88
5.2.4	Wahl der Aufstiegsmöglichkeit.....	90
5.2.5	Eigenschaften je Aufstiegshilfe	94
5.2.6	Wartung und Instandhaltung der Aufstiegsmöglichkeiten	98
5.3	Conclusio der Befragung	103
6	Dritter Teil der Datenerhebung - Beobachtung	105
6.1	Baustellenbeobachtung zur Messung der Aufbau-/Abbauzeiten	106
6.1.1	Messung der Aufbauzeit beim EKZ Wachau	106
6.1.2	Messung der Abbauzeit beim EFH Wien.....	107
6.1.3	Conclusio der gemessenen Auf- und Abbauzeiten.....	107
6.2	Baustellenbeobachtung zur Messung der Auf-/Abstiegshäufigkeiten.....	108
6.2.1	Messung der Auf-/Abstiegshäufigkeiten bei der Baustelle des EKZ Wachau	108
6.2.2	Messung der Auf-/Abstiegshäufigkeiten beim Umbau des EFH Wien.....	116
6.2.3	Messung der Auf-/Abstiegshäufigkeiten bei der Baustelle des Styria Media Centers Graz.....	123

6.2.4	Conclusio der gemessen Auf- und Abstieghäufigkeiten.....	128
6.3	Versuchsaufbauten zur Messung der Auf-/Abstiegszeiten	129
6.3.1	Lehrlings-Praxistag in Guntramsdorf.....	129
6.3.1.1	Ergebnisse des Lehrlings-Praxistag in Guntramsdorf	131
6.3.1.1.1	Auf und Abstiegsdauer des Lehrlings-Praxistages	131
6.3.1.1.2	Gemessene Aufbaudauer	131
6.3.1.2	Festgestellte Besonderheiten der drei Aufstiegshilfen	132
6.3.1.2.1	Arbeits- und Schutzgerüst „PERI UP T 72“	132
6.3.1.2.2	„PERI UP Rosett Flex Gerüsttreppe 75“ mit Belag UDI	132
6.3.1.2.3	Sprossenleiter	133
6.3.2	Versuchsaufbau zur Simulation von vertikalen Verkehrswegen	134
6.3.2.1	Konzept des Versuchstages	134
6.3.2.1.1	Erhobene Messwerte des Versuchstages	134
6.3.2.1.2	Versuchsaufbau des Versuchstages	135
6.3.2.1.3	Verkehrs- und Transportwege am Versuchstag	139
6.3.2.1.4	Materialien zur Simulation der Transportwege	139
6.3.2.2	Versuchsablauf des Versuchstages	139
6.3.2.2.1	Erläuterung zur Szenariendarstellung	141
6.3.2.2.2	Ablauf der durchgeführten Szenarien	143
6.3.2.3	Erhobene Daten und Auswertung	147
6.3.2.3.1	Persönliche Daten der Versuchsteilnehmer	147
6.3.2.3.2	Auswertung der Aufstiegszeiten	148
6.3.2.3.3	Auswertung der Abstiegszeiten	158
6.3.2.3.4	Vergleich zwei 3-Meter Leitern zu einer 6-Meter Leiter	162
6.3.2.3.5	Auswertung der Pulsmessungen	163
6.3.2.3.6	Wetterdaten	169
6.3.3	Conclusio aus den Versuchsaufbauten zur Messung der Auf- /Abstiegszeiten	169
6.4	Conclusio zur Beobachtung	170
7	Bewertung der Aufstiegsmöglichkeiten	171
7.1	Kritische Auf- und Abstiegszahl	171
7.1.1	Bestimmung der Parameter	171
7.1.2	Berechnung und Analyse der kritischen Auf- und Abstiegszahl.....	175
7.1.2.1	Variante 1	176
7.1.2.2	Variante 2	179
7.1.2.3	Variante 3	180
7.1.2.4	Variante 4	183
7.1.2.5	Variante 5	186
7.1.3	Conclusio aus der Berechnung und Analyse der kritischen Auf- und Abstiegszahl	188
7.1.4	Sensitivitätsanalyse Mittellohnpreis.....	189
7.1.5	Erweiterte Formel der kritischen Auf- und Abstiegszahl	203
7.1.6	Vergleich zu aktueller Studie.....	206
7.2	Nutzwertanalyse	208
7.2.1	Schritt 1 und 2: Kriterienauswahl und Relevanzfaktor	208
7.2.2	Schritt 3: Bewertungsfaktor.....	209
7.2.2.1	Sicherheit	209
7.2.2.2	Platzbedarf	209
7.2.2.3	Flexibilität	210
7.2.2.4	Kosten	210
7.2.2.5	Einsatzdauer	211
7.2.2.6	Auf- und Abstiegs geschwindigkeit	211
7.2.2.7	Kapitalbindung	212

7.2.2.8	Lebensdauer	212
7.2.2.9	Montagezeit	212
7.2.2.10	Wiederverwendbarkeit	213
7.2.2.11	Produktivitätsverluste	213
7.2.3	Schritt 4 und 5: Einzelbewertungszahl und Nutzwert berechnen	214
7.2.4	Schritt 6: Rangfolge	215
7.3	Conclusio aus der Bewertung der Aufstiegsmöglichkeiten	215
8	Zusammenfassung und Ausblick	217
8.1	Zusammenfassung	217
8.2	Ausblick	221
9	Anhang	223

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Arbeitsmittel zur Höhenüberwindung auf Hochbaubaustellen	1
Abbildung 2: Untersuchungsablauf	2
Abbildung 3: Inhalte der Datenerhebung	3
Abbildung 4: Gerüsttreppe als Treppenturm	7
Abbildung 5: Bautreppe als Treppenturm	7
Abbildung 6: Gerüst mit innenliegendem Aufstieg	9
Abbildung 7: Belag-Riegel System UDS	11
Abbildung 8: Belag-Riegel System UDI	12
Abbildung 9: Leitergangtafeln mit integriertem Leiter System UDS	13
Abbildung 10: System UDS	13
Abbildung 11: Gerüsttreppen	15
Abbildung 12: Bautreppen	16
Abbildung 13: Treppenturm mit Konsole	17
Abbildung 14: Bautreppenmontage	18
Abbildung 15: Mindestüberstand einer Anlegeleiter	20
Abbildung 16: Beispiel für ein Gerüst mit Seitenschutz (links) bzw. Schutzwand (rechts)	22
Abbildung 17: Prüfung von Arbeits- und Schutzgerüste	23
Abbildung 18: Lichte Höhen und Breiten der Gerüstlagen	25
Abbildung 19: Breitenklassen für Gerüstlagen	25
Abbildung 20: Abmessungen der Fanggerüste	27
Abbildung 21: Methodische Vorgehensweise für die Verfahrenswahl	32
Abbildung 22: Einflussfaktoren auf die Verfahrenswahl im Bauwesen	33
Abbildung 23: Verfahrenseignung in Abhängigkeit der Einflussfaktoren	34
Abbildung 24: Einflussfaktoren beim Vergleich der Aufstiegsmöglichkeiten	35
Abbildung 25: Kriterien der Verfahrenswahl	36
Abbildung 26: Ermittlung der kritischen Menge	39
Abbildung 27: Nutzwertanalyse für die Auswahl eines Grabgerätes	41
Abbildung 28: Das einfache Belastungs- Beanspruchungs-Konzept (ROHMERT 1983)	43
Abbildung 29: Mechanisches Ersatzmodell zum Belastungs-Beanspruchungs- Konzept (aus ROHMERT 1984)	44
Abbildung 30: Die Phasen der Energiebereitstellung: $\dot{V}O_2$ (Sauerstoffaufnahme), LA (Blutlaktatkonzentration), $\dot{V}CO_2$ (Kohlendioxidabgabe), $\dot{V}E$ (Ventilation = Atemvolumen)	45
Abbildung 31: Gliederung des Arbeitsablaufs	50
Abbildung 32: Teilgebiete der Datenerhebung	53
Abbildung 33: Untersuchungsablauf im Bezug auf die österreichischen Unfallstatistiken	54
Abbildung 34: Untersuchungsablauf der Befragung	55

Abbildung 35: Untersuchungsablauf der Beobachtung	56
Abbildung 36: Datenerhebungsblatt für die Baustellenbeobachtung (Seite 1)	57
Abbildung 37: Datenerhebungsblatt für die Baustellenbeobachtung (Seite 2)	58
Abbildung 38: Datenerhebungsbogen zur Erfassung der persönlichen Daten.....	59
Abbildung 39: Datenerhebungsblatt zur Erfassung der Aufstiegszeiten je Aufstiegshilfe	60
Abbildung 40: Anzahl der Arbeitsunfälle in Österreich 2010-2012	62
Abbildung 41: Anzahl der tödlichen Arbeitsunfälle in Österreich 2010-2012.....	62
Abbildung 42: Anzahl der anerkannten Arbeitsunfälle 2010-2012	63
Abbildung 43: Unfallschwere in Abhängigkeit der Höhe auf Leitern.....	65
Abbildung 44: Unfallhäufigkeit beim Gehen, Laufen, Hinaufsteigen, Hinabsteigen usw. auf den verschiedenen Arbeitsmitteln	66
Abbildung 45: Unfallhäufigkeit bei der manuellen Handhabung von Gegenständen (ohne nähere Angabe) auf den verschiedenen Arbeitsmitteln.....	67
Abbildung 46: Unfallhäufigkeit bei einer Bewegung (ohne nähere Angabe) auf den verschiedenen Arbeitsmitteln	67
Abbildung 47: Die häufigsten Verletzungen auf Baustellen zwischen 2010 und 2012	68
Abbildung 48: Anzahl der Arbeitsunfälle im Jahr 2011.....	70
Abbildung 49: Anzahl der Krankenstandstage im Jahr 2011	71
Abbildung 50: Kostenverteilung für das Unfalljahr 2011 und das Folgejahr.....	72
Abbildung 51: Gesamtkosten für das Unfalljahr 2011 und das Folgejahr	72
Abbildung 52: Kostenverteilung der lebenslangen Kosten.....	73
Abbildung 53: Gesamtkosten bei lebenslanger Beobachtung.....	74
Abbildung 54: Anstellungsart der gesamten Befragungsmenge	86
Abbildung 55: Prozentuelle Verteilung von Miete und Eigentum in Bezug auf die drei Aufstiegsmöglichkeiten.....	87
Abbildung 56: Einsatz von Treppentürmen bei der Befragungsmenge	88
Abbildung 57: Anzahl der Nennungen der verschiedenen Treppentürme der verschiedenen Firmen.....	88
Abbildung 58: Durchschnittliche Einsatzdauer der Aufstiegsmethoden in Wochen ..	90
Abbildung 59: Bevorzugte Aufstiegsmöglichkeit bei einer Höhenüberwindung von 0-3 Metern	91
Abbildung 60: Bevorzugte Aufstiegsmöglichkeit bei einer Höhenüberwindung von >3 Metern	91
Abbildung 61: Boxplot über die genannte Lebensdauer der Aufstiegshilfen	94
Abbildung 62: Boxplot über die genannte Aufstelldauer der Anlegeleiter über eine Etage	95
Abbildung 63: Boxplot über die genannten Aufstellauern von Treppentürmen und im Gerüst integrierten Aufstiegsmöglichkeiten über zwei Etagen.....	96
Abbildung 64: Erhöhte Unfallhäufigkeit auf Leitern	98
Abbildung 65: Austauschgründe der Anlegeleiter	99
Abbildung 66: Austauschgründe des Treppenturmes	100

Abbildung 67: Austauschgründe der im Gerüst integrierten Aufstiegsmöglichkeit ..	100
Abbildung 68: Jährliche Austauschkosten der Aufstiegsmethoden in €/Jahr	101
Abbildung 69: Jährliche Instandhaltungskosten der Aufstiegsmethoden in €/Jahr .	102
Abbildung 70: Summe der jährlichen Instandhaltungs- und Austauschkosten der Aufstiegsmethoden in €/Jahr	103
Abbildung 71: Treppenturm am EKZ Wachau	106
Abbildung 72: Treppenturm beim Umbau des EFH Wien	107
Abbildung 73: Baustelle EKZ Wachau	109
Abbildung 74: Baustellenskizze EKZ Wachau	109
Abbildung 75: Aufsummierte Anzahl der Auf- und Abstiege in der Beobachtungswoche EKZ Wachau zur Analyse der Stoßzeiten	110
Abbildung 76: Anzahl der Aufstiege EKZ Wachau	112
Abbildung 77: Anzahl der Abstiege EKZ Wachau	113
Abbildung 78: Baustelle EFH Wien	116
Abbildung 79: Baustellenskizze EFH Wien (Woche 1).....	117
Abbildung 80: Baustellenskizze EFH Wien (Woche 2).....	117
Abbildung 81: Aufsummierte Anzahl der Auf- und Abstiege im gesamten Beobachtungszeitraum EFH Wien zur Analyse der Stoßzeiten.....	118
Abbildung 82: Anzahl der Aufstiege EFH Wien.....	120
Abbildung 83: Anzahl der Abstiege EFH Wien.....	121
Abbildung 84: Baustellenskizze Styria Media Center.....	123
Abbildung 85: Aufsummierte Anzahl der Auf- und Abstiege im gesamten Beobachtungszeitraum des Styria Media Centers zur Analyse der Stoßzeiten	124
Abbildung 86: Anzahl der Aufstiege Styria Mediacenter	126
Abbildung 87: Anzahl der Abstiege Styria Media Center	127
Abbildung 88: Arbeits- und Schutzgerüst mit vorlaufendem Geländer und Belag UDS „PERI UP T 72“.....	129
Abbildung 89: Gerüsttreppe 75 mit Belag UDI „PERI UP Rosett Flex“	130
Abbildung 90: Sprossenanlegeleiter	130
Abbildung 91: Übersicht erhobenen Werte	134
Abbildung 92: Systemskizze des Versuchsaufbaues.....	135
Abbildung 93: Vereinfachte Seitenansicht des ersten Gerüstfeldes.....	136
Abbildung 94: Einteilige Sprossenanlegeleiter	136
Abbildung 95: PERI UP T 72 Arbeits- und Schutzgerüst mit vorlaufendem Geländer und Belag UDS	137
Abbildung 96: PERI UP Rosett Flex Gerüsttreppe 75 mit Belag UDI (gegenläufig) 138	
Abbildung 97: Versuchsaufbau in Guntramsdorf	138
Abbildung 98: Szenarien für den Versuchsablauf	140
Abbildung 99: Boden + 1 (Untersuchung bis zur ersten Gerüstebene).....	141
Abbildung 100: Boden + 2 (Untersuchung bis zur ersten Gerüstebene).....	141
Abbildung 101: Beispielszenario 1	142
Abbildung 102: Beispielszenario 2	142

Abbildung 103: Beispielszenario 3	142
Abbildung 104: Die gemessenen Aufstiegszeiten auf der Leiter über 1 Etage (in Sekunden)	148
Abbildung 105: Die gemessenen Aufstiegszeiten auf der Leiter über 2 Etagen (in Sekunden)	149
Abbildung 106: Die gemessenen Aufstiegszeiten auf der im Gerüst integrierten Aufstiegsmöglichkeit über 1 Etage (in Sekunden)	150
Abbildung 107: Die gemessenen Aufstiegszeiten auf der im Gerüst integrierten Aufstiegsmöglichkeit über 2 Etagen (in Sekunden)	150
Abbildung 108: Die gemessenen Aufstiegszeiten auf dem Treppenturm über 1 Etage (in Sekunden)	151
Abbildung 109: Die gemessenen Aufstiegszeiten auf dem Treppenturm über 2 Etagen (in Sekunden)	152
Abbildung 110: Aufstiegszeiten je Szenario je Aufstiegsmöglichkeit im Mittel	153
Abbildung 111: Die gemessenen Abstiegszeiten auf der Leiter (in Sekunden)	159
Abbildung 112: Die gemessenen Abstiegszeiten bei der im Gerüst integrierten Aufstiegshilfe (in Sekunden)	159
Abbildung 113: Die gemessenen Abstiegszeiten auf dem Treppenturm (in Sekunden)	160
Abbildung 114: Abstiegszeiten zu den einzelnen Aufstiegsmöglichkeiten im Mittel	161
Abbildung 115: Ausziehbare Anlegeleiter	162
Abbildung 116: Beanspruchungsursachen von Proband A2 mit Pulsmessuhrnummer 3	164
Abbildung 117: Beanspruchungsursachen von Proband B3 mit Pulsmessuhrnummer 11	165
Abbildung 118: Beanspruchungsursachen von Proband A1 mit Pulsmessuhrnummer 15	166
Abbildung 119: Beanspruchungsursachen von Proband A3 mit Pulsmessuhrnummer S3	167
Abbildung 120: Beanspruchungsursachen von Proband D1 mit Pulsmessuhrnummer S12	168
Abbildung 121: Mittelwert der Beanspruchungsursachen	168
Abbildung 122: Kostenvergleich Variante 1 im Monatsintervall (60 Auf- und Abstiege pro Tag)	176
Abbildung 123: Kostenvergleich Variante 1 im Wochenintervall (54 Auf- und Abstiege pro Tag)	177
Abbildung 124: Kostenvergleich Variante 1 im Monatsintervall (60 Auf- und Abstiege pro Tag)	178
Abbildung 125: Kostenvergleich Variante 1 im Wochenintervall (66 Auf- und Abstiege pro Tag)	178
Abbildung 126: Kostenvergleich Variante 2 im Monatsintervall (42 Auf- und Abstiege pro Tag)	179
Abbildung 127: Kostenvergleich Variante 2 im Monatsintervall (48 Auf- und Abstiege pro Tag)	180
Abbildung 128: Kostenvergleich Variante 3 im Monatsintervall (42 Auf- und Abstiege pro Tag)	181
Abbildung 129: Kostenvergleich Variante 3 im Wochenintervall (42 Auf- und Abstiege pro Tag)	182

Abbildung 130: Kostenvergleich Variante 3 im Monatsintervall (48 Auf- und Abstiege pro Tag).....	182
Abbildung 131: Kostenvergleich Variante 3 im Wochenintervall (48 Auf- und Abstiege pro Tag).....	183
Abbildung 132: Kostenvergleich Variante 4 im Wochenintervall (30 Auf- und Abstiege pro Tag).....	184
Abbildung 133: Kostenvergleich Variante 4 im Monatsintervall (30 Auf- und Abstiege pro Tag).....	184
Abbildung 134: Kostenvergleich Variante 4 im Wochenintervall (36 Auf- und Abstiege pro Tag).....	185
Abbildung 135: Kostenvergleich Variante 4 im Monatsintervall (36 Auf- und Abstiege pro Tag).....	186
Abbildung 136: Kostenvergleich Variante 5 im Monatsintervall (36 Auf- und Abstiege pro Tag).....	187
Abbildung 137: Kostenvergleich Variante 5 im Wochenintervall (36 Auf- und Abstiege pro Tag).....	187
Abbildung 138: Kostenvergleich Variante 5 im Monatsintervall (42 Auf- und Abstiege pro Tag).....	188
Abbildung 139: Kostenvergleich Variante 1 (66 Auf- und Abstiege pro Tag) bei einem Mittelohnpreis von 25 €.....	190
Abbildung 140: Kostenvergleich Variante 1 (90 Auf- und Abstiege pro Tag) bei einem Mittelohnpreis von 25 €.....	190
Abbildung 141: Kostenvergleich Variante 2 (48 Auf- und Abstiege pro Tag) bei einem Mittelohnpreis von 25 €.....	191
Abbildung 142: Kostenvergleich Variante 2 (66 Auf- und Abstiege pro Tag) bei einem Mittelohnpreis von 25 €.....	192
Abbildung 143: Kostenvergleich Variante 3 (48 Auf- und Abstiege pro Tag) bei einem Mittelohnpreis von 25 €.....	192
Abbildung 144: Kostenvergleich Variante 3 (66 Auf- und Abstiege pro Tag) bei einem Mittelohnpreis von 25 €.....	193
Abbildung 145: Kostenvergleich Variante 4 (36 Auf- und Abstiege pro Tag) bei einem Mittelohnpreis von 25 €.....	193
Abbildung 146: Kostenvergleich Variante 4 (48 Auf- und Abstiege pro Tag) bei einem Mittelohnpreis von 25 €.....	194
Abbildung 147: Kostenvergleich Variante 5 (36 Auf- und Abstiege pro Tag) bei einem Mittelohnpreis von 25 €.....	195
Abbildung 148: Kostenvergleich Variante 5 (54 Auf- und Abstiege pro Tag) bei einem Mittelohnpreis von 25 €.....	195
Abbildung 149: Kostenvergleich Variante 1 (66 Auf- und Abstiege pro Tag) bei einem Mittelohnpreis von 45 €.....	196
Abbildung 150: Kostenvergleich Variante 1 (48 Auf- und Abstiege pro Tag) bei einem Mittelohnpreis von 45 €.....	197
Abbildung 151: Kostenvergleich Variante 2 (48 Auf- und Abstiege pro Tag) bei einem Mittelohnpreis von 45 €.....	197
Abbildung 152: Kostenvergleich Variante 2 (36 Auf- und Abstiege pro Tag) bei einem Mittelohnpreis von 45 €.....	198
Abbildung 153: Kostenvergleich Variante 3 (48 Auf- und Abstiege pro Tag) bei einem Mittelohnpreis von 45 €.....	199

Abbildung 154: Kostenvergleich Variante 3 (36 Auf- und Abstiege pro Tag) bei einem Mittelohnpreis von 45 €.....	199
Abbildung 155: Kostenvergleich Variante 4 (36 Auf- und Abstiege pro Tag) bei einem Mittelohnpreis von 45 €.....	200
Abbildung 156: Kostenvergleich Variante 4 (30 Auf- und Abstiege pro Tag) bei einem Mittelohnpreis von 45 €.....	201
Abbildung 157: Kostenvergleich Variante 5 (36 Auf- und Abstiege pro Tag) bei einem Mittelohnpreis von 45 €.....	201
Abbildung 158: Kostenvergleich Variante 5 (30 Auf- und Abstiege pro Tag) bei einem Mittelohnpreis von 45 €.....	202
Abbildung 159: Flussdiagramm zur Ermittlung der Unfallkosten pro Tag	204
Abbildung 160: Kostenvergleich Variante 1 (66 Auf- und Abstiege pro Tag) – ohne Unfallkosten.....	205
Abbildung 161: Kostenvergleich Variante 1 (66 Auf- und Abstiege pro Tag) – inklusive Unfallkosten.....	205
Abbildung 162: Kostenvergleich Variante 1 (48 Auf- und Abstiege pro Tag) – inklusive Unfallkosten.....	206
Abbildung 163: Entscheidungsmatrix für Verkehrswege.....	207
Abbildung 164: Jährlich anfallende Kosten in € je Aufstiegshilfe	211

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Arbeitsablaufschritte nach REFA	49
Tabelle 2: Schwere der Verletzung in Abhängigkeit der Art der Verwendung von Leitern	64
Tabelle 3: Unfallursache auf Leitern	65
Tabelle 4: Punktezahlen der genannten Kriterien	93
Tabelle 5: Prozentuelle Gewichtung der Hauptkriterien	93
Tabelle 6: Vor- und Nachteile eines Treppenturmes	97
Tabelle 7: Wetterdaten während des Aufbaus	106
Tabelle 8: Wetterdaten während des Abbaus	107
Tabelle 9: Durchschnittliche Anzahl der Aufstiege pro Stunde EKZ Wachau	114
Tabelle 10: Durchschnittliche Anzahl der Abstiege pro Stunde EKZ Wachau	114
Tabelle 11: Anzahl der Auf- und Abstiege pro Person pro Tag im Mittel über die drei Beobachtungsbaustellen	128
Tabelle 12: Versuchsdauer je Team	131
Tabelle 13: Daten der Versuchsteilnehmer	147
Tabelle 14: Prozentuelle Differenz zur Aufstiegszeit auf der Leiter	154
Tabelle 15: Die Szenarien mit der größten Zeitersparnis beim Treppenturm	154
Tabelle 16: Vergleich von Szenario 1.2.2a zu 1.2.1d und 1.2.1b (Aufstiegszeit in Sekunden)	155
Tabelle 17: Vergleich von Szenario 1.2.2a zu 1.2.2b und 1.2.2c (Aufstiegszeit in Sekunden)	156
Tabelle 18: Vergleich von Szenario 1.2.2a zu 1.1.2a und 1.1.1a (Aufstiegszeit in Sekunden)	156
Tabelle 19: Vergleich von Szenario 2.2.1a zu 2.2.1d und 2.2.1b (Aufstiegszeit in Sekunden)	157
Tabelle 20: Prozentuelle Differenz zur Abstiegszeit auf der Leiter	161
Tabelle 21: Gemessene Aufstiegszeiten bei einer durchgehenden Leiter	162
Tabelle 22: Errechneter HF_{LTP1} der Versuchsteilnehmer	163
Tabelle 23: Stündlich gemessene Wetterdaten am Versuchstag	169
Tabelle 24: Aufbauzeiten für eine Höhe von 2,40 m	173
Tabelle 25: Aufbauzeiten für eine Höhe von 4,40 m	173
Tabelle 26: Prozentuelle Differenz zur Aufstiegszeit auf der Leiter	174
Tabelle 27: Prozentuelle Differenz zur Abstiegszeit auf der Leiter	174
Tabelle 28: Darstellung der Auf- und Abstiegszahlen, damit sich Treppenturm rechnet	202
Tabelle 29: Prozentuelle Differenz der Aufstiegszahlen zum MLP von 35 €/Std	203
Tabelle 30: Die wichtigsten Kriterien aus der Befragung	208
Tabelle 31: Ergänzende Kriterien	209
Tabelle 32: Nutzwertanalyse der Aufstiegsmöglichkeiten	214
Tabelle 33: Tägliche Auf- und Abstiegszahl bei einem MLP von 35 €/Std	215
Tabelle 34: Tägliche Auf- und Abstiegszahl je Variante	219

Tabelle 35: Benötigte Auf- und Abstiegszahlen, damit der Treppenturm am günstigsten ist (Variante 1)..... 220

Tabelle 36: Kriterien der Nutzwertanalyse 221

Tabelle 37: Bewertungsergebnis anhand der Nutzwertanalyse 221

Abkürzungsverzeichnis

ATP	Adenosinriphosphat
AUVA	Allgemeine Unfallversicherungsanstalt
BG Bau	Berufsgenossenschaft der Bauwirtschaft
BUAK	Bauarbeiter Urlaubs- und Abfertigungskasse
EFH	Einfamilienhaus
EZA	Einzelzeitaufnahme
HF	Herzfrequenz
HFLTP1	Herzfrequenz am „first lactate turnpoint“
HFLTP2	Herzfrequenz am „second lactate turnpoint“
HFmax	maximale Herzfrequenz
HFrest	Ruheherzfrequenz
Hrsg.	Herausgeber
kN/m ²	Kilo Newton pro Quadratmeter
LTP1	First lactate turnpoint
LTP2	second lactate turnpoint
min	Minute
MLP	Mittellohnpreis
MW	Mittelwert
ÖBGL	Österreichische Baugeräteliste
Pmax	maximale Leistung
sec	Sekunde
Stk	Stück
SUVA	Schweizer Unfallversicherungsanstalt
UAF	up access facade
UAL	up access ladder
UDI	up deck industrial
UDS	up deck steel
UEL	up equipment ladder
UH	up horizontal
UHD	up horizontal deck
$\dot{V}CO_2$	Kohlendioxidabgabe
$\dot{V}E$	Ventilation = Atemvolumen
$\dot{V}O_2$	Sauerstoffaufnahme
°C	Grad Celsius
€	Euro
€/Std	Euro pro Stunde

1 Einleitung

1.1 Anlass und Aufgabenstellung

Eine Baustelle von oben wirkt wie ein aufgewirbelter Ameisenhaufen – scheinbar unübersichtlich und doch sind die Aufgaben und Wege klar verteilt.

Grundlegend dafür und wesentlich zur erfolgreichen Umsetzung eines Bauvorhabens ist eine gute Baustellenlogistik. Dabei oft vergessen, aber essentiell im Hochbau, sind die vertikalen Transport- und Verkehrswege der einzelnen Bauarbeiter auf Baustellen, wobei hierfür meist eines der fünf Arbeitsmittel, wie in Abbildung 1 dargestellt, zur Höhenüberwindung eingesetzt wird.



Abbildung 1: Arbeitsmittel zur Höhenüberwindung auf Hochbaubaustellen

Derzeit werden vermehrt Leitern auf österreichischen Baustellen eingesetzt, da die vergleichsweise hohen Anschaffungskosten bei Treppentürmen, in das Gerüst integrierte Aufstiegshilfen sowie Bauaufzügen meist vor diesen abschrecken. Jedoch wird hierbei oftmals nicht berücksichtigt, dass die Anschaffungskosten nur einen kleinen Teil der wirtschaftlichen Faktoren eines Arbeitsmittels ausmachen und es viele verschiedene Punkte gibt, die beachtet werden müssen.

Um dies zu beweisen wird im Zuge dieser Arbeit eine Wirtschaftlichkeitsanalyse durchgeführt, die ausgewählte Faktoren berücksichtigt. Objekt dieser Untersuchungen sind Anlegeleitern sowie Treppentürme und im Gerüst integrierte Aufstiegsmöglichkeiten der Firma PERI.

1.2 Zielsetzung und Abgrenzung

Ziel dieser Arbeit ist ein wirtschaftlicher Vergleich von Anlegeleitern, Treppentürmen und im Gerüst integrierten Aufstiegsmöglichkeiten, mittels empirischer Untersuchungen sowie vorhandenen Kostengrundlagen und wissenschaftlichen Erkenntnissen.

Um eine in sich schlüssige Aussage zu treffen, werden folgende Faktoren berücksichtigt:

- Sicherheit
- Kosten
- Zeiten
- Belastungen und Beanspruchungen
- Einsatzhäufigkeiten.

Weiters werden noch Baustelleneinrichtungen und Transportmöglichkeiten beachtet.

Auf Grund der gesamten wirtschaftlichen Betrachtung in Kombination mit leistungsphysiologischen Analysen ergeben sich fächerübergreifende Ergebnisse, die bis dato nur aus Erfahrungswerten von Polieren oder Bauleitern hergeleitet werden konnten.

Weiters bringt diese Arbeit neue Erkenntnisse zur Wahl der richtigen Aufstiegsmöglichkeit, wodurch die Produktivität und Sicherheit auf Baustellen gesteigert wird, während die Kosten gesenkt werden.

Durch den richtigen Einsatz von Leitern, Treppentürmen oder im Gerüst integrierten Aufstiegsdiensten sollen sowohl Bauunternehmen wirtschaftlich, als auch der Bauarbeiter gesundheitlich, profitieren.

1.3 Vorgehensweise

Um eine Wirtschaftlichkeitsanalyse durchführen zu können, die alle oben genannten Punkte erfasst, gliedert sich diese Arbeit grob in drei Teilbereiche, wie in Abbildung 2 ersichtlich.



Abbildung 2: Untersuchungsablauf

Im Zuge der Literaturrecherche, die in Kapitel 2 zusammenfassend dargestellt ist, werden neben den notwendigen Begriffsdefinitionen, wirtschaftlichen und medizinisch - physiologischen Grundlagen auch produktspezifische Besonderheiten der Aufstiegsdiensten der Firma PERI sowie Basics zu Arbeitsablaufbeo-

bachtung erfasst und vorgestellt. Weiters werden an dieser Stelle auch die wichtigsten, in Österreich geltenden, Sicherheitsanforderungen an Leitern, Treppentürme und im Gerüst integrierten Aufstiegshilfen zusammenfassend dargestellt.

Neben der Ermittlung der Grundlagen und Definitionen, bildet die Datenerhebung die Basis der Bewertung der Aufstiegsmöglichkeiten und beinhaltet, wie in Abbildung 3 erkennbar, eine Recherche und Auswertung der österreichischen Unfallstatistiken und Unfallkosten, eine Befragung und eine Beobachtung.

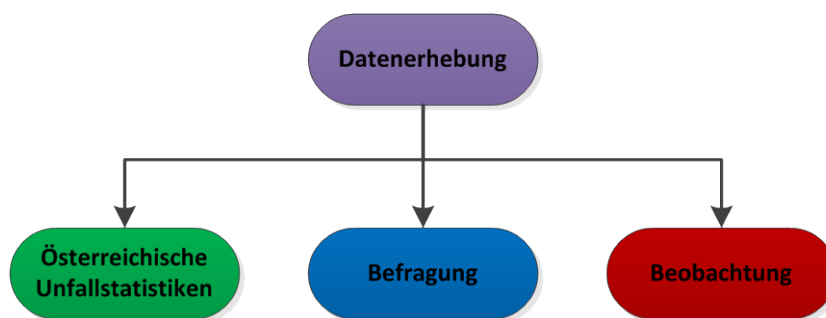


Abbildung 3: Inhalte der Datenerhebung

Der erste Teil der Datenerhebung befasst sich mit der Analyse österreichischer Unfallstatistiken der AUVA sowie den dazugehörigen Unfallstatistiken in Bezug auf die drei Aufstiegsvarianten. Im zweiten Schritt erfolgt die Befragung, die mittels Interviewleitfaden, Fragebogen und Onlineumfrage durchgeführt wird und zur Erfassung von Daten, die nicht im Zuge der Recherche eruiert werden konnten, sowie der persönlichen Meinung dient.

Die letzten Daten werden aus Beobachtungen gewonnen, wobei hier im Rahmen von Baustellenbeobachtungen Auf- und Abbauezeiten sowie Auf- und Abstiegshäufigkeiten festgehalten werden. Neben den Baustellen dient ein Lehrlingspraxistag zur weiteren Erfassung von Montagezeiten und Besonderheiten der Aufstiegshilfen, wobei zu guter Letzt die Erhebung der Auf- und Abstiegszeiten, sowie die Messung der dazugehörigen Herzfrequenzen auf einem eigens dafür kreierten Versuchsaufbau durchgeführt werden.

Nach der umfangreichen Datenerhebung wird die Wirtschaftlichkeit der Aufstiegsmöglichkeiten anhand von kalkulatorischen und differenzierten Verfahrensvergleichen analysiert. Dies erfolgt zum einen mit einer erweiterten Formel der kritischen Leistungsmenge und zum anderen mit der Nutzwertanalyse, die neben den finanziellen Gesichtspunkten auch weitere Faktoren berücksichtigt.¹

¹ Anmerkung: Um eine flüssige Lesbarkeit dieser Arbeit zu gewährleisten, wird in der gesamten Diplomarbeit auf eine geschlechtsdifferenzierende Ausdrucksweise (gendergerechte Rechtschreibung) verzichtet. Auch wenn nur eine Form verwendet wird, sind beide Geschlechter gemeint.

2 Definitionen und Grundlagen

Da sich diese Arbeit mit einer Thematik befasst, die das Wissen aus mehreren verschiedenen Fachbereichen nötig macht, werden hier einige Begriffe und Grundlagen, die wesentlich für diese Diplomarbeit sind, definiert und erläutert.

Dies umfasst sowohl die verschiedenen Typen der Aufstiegshilfen mit ihren spezifischen Eigenschaften, die im Rahmen der Untersuchungen behandelt werden, als auch Begriffe zur Datenerhebung und betriebswirtschaftlichen Analyse.

2.1 Begriffe und Grundlagen zu den einzelnen Aufstiegshilfen

Im Zuge dieser Arbeit werden im Hochbau grundsätzlich fünf verschiedene Möglichkeiten der Höhenüberwindung unterschieden:

- Anlegeleitern
- Treppenturm
- Im Gerüst integrierte Aufstiegshilfe
- Treppenhäuser im Objekt
- Bauaufzüge.

Aufzüge und fertige Treppenhäuser sind auf Hochbaubaustellen jedoch nicht immer einsetzbar. Ersteres wird aus wirtschaftlichen Gründen selten für kurze Höhen errichtet und fertige Stiegenhäuser stehen nicht während der ganzen Bauzeit zur Verfügung. Aus diesem Grund werden im Rahmen dieses Forschungsprojektes nur Anlegeleitern, Treppentürme und im Gerüst integrierte Aufstiegsmöglichkeiten miteinander verglichen, da diese drei Aufstiegshilfen auf den meisten Baustellen einsetzbar sind.

Nachfolgend werden zu allen fünf Varianten der Höhenüberwindung Grundlagen und Definitionen vorgestellt.

2.1.1 Begriffe und Grundlagen zur Leiter

Laut ÖNORM ist eine Leiter eine Vorrichtung mit Stufen oder Sprossen, auf denen eine Person auf- oder absteigen kann.²

Wobei man von einer Stufe spricht, sobald der Auftritt mit einer Standfläche von vorne nach hinten von 80 mm oder größer gegeben ist.³ Hinzuzufügen ist, dass die oberste Standfläche einer Stufenleiter als Plattform bezeichnet wird.⁴

² Vgl.: ÖSTERREICHISCHES NORMUNGSMINISTERIUM: ÖNORM EN121-1:2011 - Leitern, Teil 1: Benennungen, Bauarten, Funktionsmaße. ÖNORM. S. 4.

Als Holm wird der seitliche Teil einer Leiter bezeichnet, der zur Aufnahme von Sprossen oder Stufen sowie von Querstreben bei Stützschenkeln.⁵

Wenn der Auftritt jedoch mit einer Standfläche von vorne nach hinten von weniger als 80 mm und mindestens 20 mm ist, spricht man von einer Sprosse.⁶

Die ÖNORM unterscheidet viele verschiedene Arten von Leitern. Im nachfolgenden seien einige davon genannt, die für die Diplomarbeit interessant sind.

1. „Tragbare Leiter: Leiter, die von Hand transportiert werden kann.“⁷
2. „Stehleiter: Leiter (mit Sprossen oder Stufen) mit eigener Abstützung“⁸
3. „Sprossenanlegeleiter: Sprossenleiter, die keine eigene Abstützung hat“⁹
4. „Sprossenstehleiter: zweiseitige, freistehende Sprossenleiter, einseitig oder beidseitig besteigbar“¹⁰
5. „Einteilige Sprossenanlegeleiter: Sprossenanlegeleiter, die nur aus einem Leiterteil besteht“¹¹
6. „Steckleiter: Anlegeleiter, die aus mehreren Teilen mit Hilfe von Einsteckvorrichtungen zusammengesetzt werden kann“¹²
7. „Schiebeleiter: Zwei- oder mehrteilige Sprossenanlegeleiter mit Holmen, die in jedem Leiterteil parallel angeordnet sind“¹³
8. „Stufenleiter: tragbare Leiter mit in Gebrauchsstellung waagrecht liegenden Stufen, deren Standfläche von vorne nach hinten 80 mm oder mehr beträgt“¹⁴

³ Vgl.: ÖSTERREICHISCHES NORMUNGSIINSTITUT: ÖNORM EN121-1:2011 - Leitern.Teil1: Benennungen, Bauarten, Funktionsmaße. ÖNORM. S. 9.

⁴ Vgl.: ÖSTERREICHISCHES NORMUNGSIINSTITUT: ÖNORM EN121-1:2011 - Leitern.Teil1: Benennungen, Bauarten, Funktionsmaße. ÖNORM. S. 9.

⁵ Vgl.: ÖSTERREICHISCHES NORMUNGSIINSTITUT: ÖNORM EN121-1:2011 - Leitern.Teil1: Benennungen, Bauarten, Funktionsmaße. ÖNORM. S. 8.

⁶ Vgl.: ÖSTERREICHISCHES NORMUNGSIINSTITUT: ÖNORM EN121-1:2011 - Leitern.Teil1: Benennungen, Bauarten, Funktionsmaße. ÖNORM. S. 9.

⁷ ÖSTERREICHISCHES NORMUNGSIINSTITUT: ÖNORM EN121-1:2011 - Leitern.Teil1: Benennungen, Bauarten, Funktionsmaße. ÖNORM. S. 4.

⁸ ÖSTERREICHISCHES NORMUNGSIINSTITUT: ÖNORM EN121-1:2011 - Leitern.Teil1: Benennungen, Bauarten, Funktionsmaße. ÖNORM. S. 8.

⁹ ÖSTERREICHISCHES NORMUNGSIINSTITUT: ÖNORM EN121-1:2011 - Leitern.Teil1: Benennungen, Bauarten, Funktionsmaße. ÖNORM. S. 5.

¹⁰ ÖSTERREICHISCHES NORMUNGSIINSTITUT: ÖNORM EN121-1:2011 - Leitern.Teil1: Benennungen, Bauarten, Funktionsmaße. ÖNORM. S. 6.

¹¹ ÖSTERREICHISCHES NORMUNGSIINSTITUT: ÖNORM EN121-1:2011 - Leitern.Teil1: Benennungen, Bauarten, Funktionsmaße. ÖNORM. S. 5.

¹² ÖSTERREICHISCHES NORMUNGSIINSTITUT: ÖNORM EN121-1:2011 - Leitern.Teil1: Benennungen, Bauarten, Funktionsmaße. ÖNORM. S. 5.

¹³ ÖSTERREICHISCHES NORMUNGSIINSTITUT: ÖNORM EN121-1:2011 - Leitern.Teil1: Benennungen, Bauarten, Funktionsmaße. ÖNORM. S. 5.

9. „Stufenstehleiter: zweiseitige, freistehende, ein- oder beidseitig besteigbare Stufenleiter, mit oder ohne Plattform; mit oder ohne Haltevorrichtung; die Plattform zählt als Stufe“¹⁵

Im Rahmen dieser Arbeit wird nachfolgende Definition einer Leiter weiterführend verwendet:

Eine Leiter ist ein Arbeitsmittel, bestehend aus Stufen oder Sprossen, auf denen eine Person auf- oder absteigen kann.

2.1.2 Begriffe und Grundlagen zum Treppenturm (auch genannt Gerüsttreppe bzw. Bautreppe)

„Ein Treppenturm ist ein turmartiger selbstständiger Bauteil an einem Gebäude, der eine (Wendel)treppe aufnimmt.“¹⁶

Eine Treppe ist ein Auf- oder Abgang mit mindestens drei Stufen, die aufeinanderfolgen. Dieser Verbund heißt Treppenlauf. Treppen haben die Aufgabe einen Höhenunterschied zu überwinden und eine Verbindung zwischen den verschiedenen Stockwerken zu gewährleisten.¹⁷

Die Firma PERI unterscheidet hier in Gerüst- und Bautreppe, wobei diese beiden im Zuge dieser Arbeit mit dem Überbegriff Treppenturm zusammengefasst werden können.

Nachfolgend sind die zwei Varianten eines Treppenturmes der Firma PERI gezeigt:

Gerüsttreppen: „Sie werden an Arbeitsgerüsten angebaut oder als eigenständiger Treppenturm errichtet. Mit ihren typischen Etagenhöhen von 2,00 m und den im Treppenlauf integrierten Podesten sind sie platzsparend und kostengünstig.“¹⁸(Vgl. Abbildung 4)

¹⁴ ÖSTERREICHISCHES NORMUNGSMINISTERIUM: ÖNORM EN121-1:2011 - Leitern.Teil1: Benennungen, Bauarten, Funktionsmaße. ÖNORM. S. 7.

¹⁵ ÖSTERREICHISCHES NORMUNGSMINISTERIUM: ÖNORM EN121-1:2011 - Leitern.Teil1: Benennungen, Bauarten, Funktionsmaße. ÖNORM. S. 6.

¹⁶ <http://www.duden.de/rechtschreibung/Treppenturm>. Datum des Zugriffs: 10.Juli.2013, 14:42 Uhr.

¹⁷ URL: <http://www.treppen.info/treppen/treppen-wissen/definition/>. Datum des Zugriffs: 23.August.2013, 16:53 Uhr.

¹⁸ PERI GMBH: PERI UP - Zugangstechnik für Bauarbeiten und öffentliche Bereiche. Broschüre. S. 2.

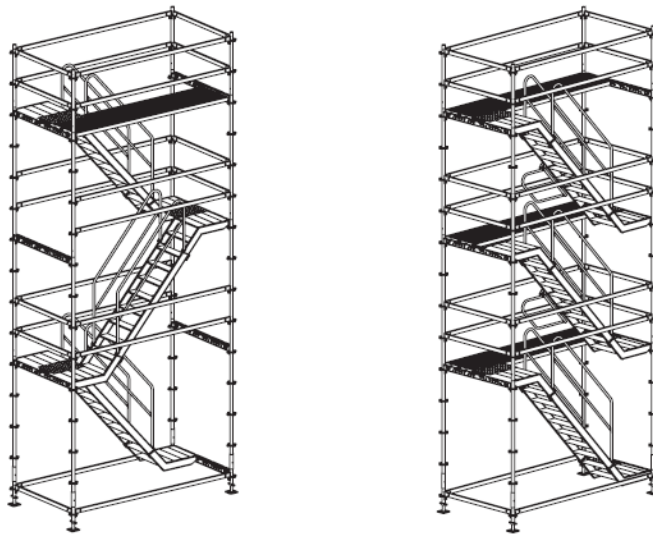


Abbildung 4: Gerüsttreppe als Treppenturm¹⁹

Bautreppen: „Mit Treppenläufen ab 1,00 m Breite und separaten Podesten sind Bautreppen ideal geeignet für größere Baustellen und zur Bergung von Verletzten. Sie können als Treppenturm oder als Treppenanlage um ein Treppenauge aufgebaut werden.“²⁰ (Vgl. Abbildung 5)

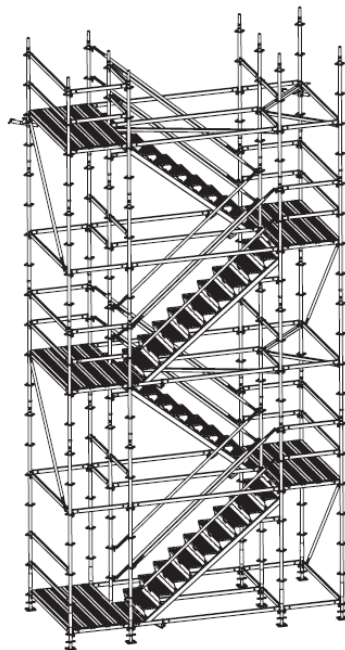


Abbildung 5: Bautreppe als Treppenturm²¹

¹⁹ PERI GMBH: PERI UP - Zugangstechnik für Bauarbeiten und öffentliche Bereiche. Broschüre. S. 17.

²⁰ PERI GMBH: PERI UP - Zugangstechnik für Bauarbeiten und öffentliche Bereiche. Broschüre. S. 2.

²¹ PERI GMBH: PERI UP - Zugangstechnik für Bauarbeiten und öffentliche Bereiche. Broschüre. S. 28.

In der vorliegenden Arbeit wird für den Treppenturm folgende Definition weiterführend verwendet:

Ein Treppenturm ist ein selbstständiges oder an ein Gerüst angebautes turmartiges Arbeitsmittel aus Stahl oder Aluminium, das eine Höhenüberwindung durch Stiegenläufe, die über Podeste miteinander verbunden sind, ermöglicht.

2.1.3 Begriffe und Grundlagen zu der im Gerüst integrierte Aufstiegshilfe

Diese Art der Aufstiegshilfe besteht aus einem Gerüst, dass durch eine Aufstiegsmöglichkeit erweitert wurde. Deshalb wird an dieser Stelle vorab die Definition für ein Gerüst angeführt.

„Gerüste sind vorübergehend errichtete Baukonstruktionen veränderlicher Länge, Breite und Höhe, die an der Verwendungsstelle aus Gerüstbauteilen zusammengesetzt, ihrer Bestimmung entsprechend verwendet und wieder auseinander genommen werden können.“²²

Im Zuge dieser Arbeit werden Arbeits- und Schutzgerüste untersucht, die wie folgt, definiert sind:

„Arbeitsgerüste sind Gerüste, von denen aus oder auf denen Arbeiten ausgeführt werden.“²³

„Schutzgerüste sind Gerüste, die gegen einen tieferen Absturz sichern oder vor herabfallenden Baustoffen, Werkzeugen und anderen Gegenständen schützen.“²⁴

Weiteres sei an dieser Stelle die Variante Fanggerüst erwähnt, da sie ebenso zu den Schutzgerüsten zählt.

„Fanggerüste sind Gerüste, die gegen einen tieferen Absturz sichern oder vor herabfallenden Baustoffen, Werkzeugen und anderen Gegenständen schützen.“

Damit ein solches Gerüst auch für vertikale Verkehrswege genutzt werden kann, werden diese durch Gerüstleitern erweitert.

²² FACHAUSSCHUSS BAUWESEN DER DEUTSCHEN GESETZLICHEN UNFALLVERSICHERUNG: Handlungsanleitung für den Umgang mit Arbeits- und Schutzgerüsten. In: Sammelwerk der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung, 07/2010. S. 77.

²³ ÖSTERREICHISCHES NORMUNGSINSTITUT: ÖNORM B 4007:2008 - Gerüste - Allgemeines. Verwendung, Bauart und Belastung. ÖNORM. S. 6.

²⁴ ÖSTERREICHISCHES NORMUNGSINSTITUT: ÖNORM B 4007:2008 - Gerüste - Allgemeines. Verwendung, Bauart und Belastung. ÖNORM. S. 6.

Innenliegende Gerüstleitern dienen zur Verbindung von zwei Gerüstlagen. Sie bestehen aus Durchstiegsbelägen oder -klappen mit geneigten Leitern, die fest eingebaut sind.²⁵ (Vgl. Abbildung 6)

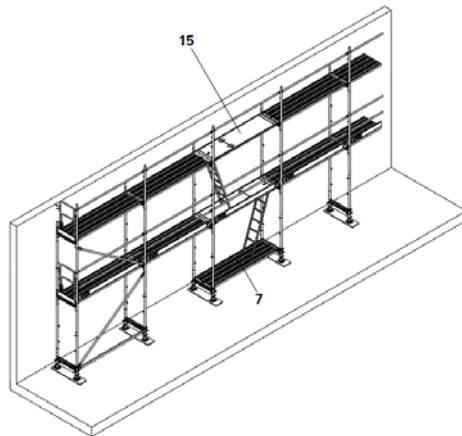


Abbildung 6: Gerüst mit innenliegendem Aufstieg²⁶

Im Zuge dieser Arbeit wird folgende Definition für eine im Gerüst integrierte Aufstiegsmöglichkeit verwendet:

Eine im Gerüst integrierte Aufstiegsmöglichkeit ist ein Gerüst, das durch Durchstiegsbeläge oder -klappen mit geneigten Leitern, die fest eingebaut sind, erweitert wurde, um zwischen zwei Etagen hinab oder hinaufzusteigen.

2.1.4 Begriffe und Grundlagen zu Bauaufzügen

Nachstehend folgt die Definition für Bauaufzüge. Weitere Ausführungen und Grundlagen zu dieser Aufstiegsmöglichkeit werden in dieser Arbeit nicht erwähnt, da dieses Arbeitsmittel der Höhenüberwindung nicht Bestandteil der Untersuchungen ist.

„Ein Bauaufzug ist eine vorübergehend errichtete Maschine zum Heben, die Ladestellen auf Baustellen und technischen Anlagen bedient und die eine Plattform, einen Fahrkorb oder ein anderes Lastaufnahmemittel hat, welches geführt ist.“²⁷

²⁵ Vgl.: PERI GMBH: PERI UP - Zugangstechnik für Bauarbeiten und öffentliche Bereiche. Broschüre. S. 2.

²⁶ PERI GMBH: PERI UP T72. Arbeits- und Schutzgerüst mit vorlaufendem Geländer und Belag UDS. Aufbau und Verwendungsanleitung für die Regelausführung. Broschüre. S. 14.

²⁷ ÖSTERREICHISCHES NORMUNGSMANAGEMENT: ÖNORM EN 12159:2013 - Bauaufzüge zur Personen- und Materialbeförderung mit senkrecht geführten Fahrkörben. ÖNORM. S. 8.

2.1.5 Begriffe und Grundlagen zu Treppenhäusern im Objekt

Auch an dieser Stelle folgt nur die Definition dieser Aufstiegsvariante, da sie im Zuge der Arbeit nicht weiter untersucht wird.

„Ein Treppenhaus ist ein abgeschlossener (mit Fenstern versehener) Teil eines Hauses, in dem sich die Treppe befindet.“²⁸ (Vgl. Definition der Treppe in Kapitel 2.1.2)

In diese Kategorie fallen alle Formen von Treppen, die im Zuge des Bauprojektes für die spätere Nutzung errichtet wurden.

2.2 Grundlagen und Definitionen zur PERI - Zugangstechnik

Im Rahmen der Untersuchungen werden Anlegeleitern, Treppentürme und im Gerüst integrierte Aufstiegshilfen analysiert. Abgesehen von den Anlegeleitern, werden die Untersuchungsobjekte von der Firma PERI bereitgestellt, weshalb im nachfolgenden die produktspezifischen Eigenschaften des Unternehmens vorgestellt werden.

Ein großer Bereich des Sortimentes der Firma PERI beschäftigt sich mit dem Bereich der Zugangstechnik auf Baustellen, wobei sie hier drei Arten unterscheiden:

- Leiteraufstiege
- Gerüsttreppen
- Bautreppen.

2.2.1 Belagsarten

Im nachfolgenden werden die verschiedenen Belagsformen der Firma PERI vorgestellt, die sowohl bei Treppentürmen als auch bei im Gerüst integrierten Aufstiegsmethoden eingesetzt werden.

1. Belag-Riegel System UDS²⁹

Dieses System besteht aus Belägen UDS, die auf Belagriegeln UHD eingebaut werden. Das Belagssystem ist in Abbildung 7 ersichtlich.

²⁸ <http://www.duden.de/rechtschreibung/Treppenhaus>. Datum des Zugriffs: 23.August.2013, 16:44 Uhr.

²⁹ Vgl.: PERI GMBH: PERI UP - Zugangstechnik für Bauarbeiten und öffentliche Bereiche. Broschüre. S. 4.



Abbildung 7: Belag-Riegel System UDS³⁰

Da diese Belagsart speziell für den Einsatz bei Fassadengerüsten optimiert wurde, gelten hierfür die europäischen Normen, die Folgendes besagen:

- „Mindestbreite der Belagebenen für übliche Gerüste von 60 bzw. 90 cm
- *Vollständig mit Belägen ausgelegte Gerüstlagen*³¹

Um diesen Anforderungen zu genügen, wurden Beläge mit einer Breite von 32 cm und einem 8 cm Spalt zum Belag auf Konsolen entwickelt, wodurch sich Breiten von 72 bzw. 104 cm ergeben.

Besondere Eigenschaften des Belag-Riegel Systemes UDS³²:

- Die Beläge sind auf ein geringes Gewicht bei höchster Tragfähigkeit ausgelegt. Die gesamten Lastklassen der Fassadengerüste werden mit einem Belag erreicht.
- Die Beläge sind vollflächig und schützen Arbeiter auf allen Ebenen vor Schmutz und Wasser aus höher gelegenen Ebenen.

³⁰ Entnommen aus: PERI GMBH: PERI UP - Zugangstechnik für Bauarbeiten und öffentliche Bereiche. Broschüre. S. 4.

³¹ PERI GMBH: PERI UP - Zugangstechnik für Bauarbeiten und öffentliche Bereiche. Broschüre. S. 4.

³² Vgl.: PERI GMBH: PERI UP - Zugangstechnik für Bauarbeiten und öffentliche Bereiche. Broschüre. S. 4

2. Belag-Riegel System UDI³³

Diese Belagsart setzt sich aus Belägen UDI, die auf Horizontalriegeln UH eingebaut werden, zusammen und ist in Abbildung 8 ersichtlich.



Abbildung 8: Belag-Riegel System UDI³⁴

Bei diesem System wurde vor allem auf die Flexibilität in der Benutzung geachtet. Um diesen Erwartungen gerecht zu werden, weist das Belag-Riegel System UDI eine Breite von 25 und 37, 5 cm aus, die kompatibel zu allen Gerüstbreiten der Firma PERI ist.

Besondere Eigenschaften des Belag-Riegel Systemes UDI:

- „Die Abmessungen der Beläge entsprechen dem Systemraster des Modulgerüsts. Belageebenen können mit Systembauteilen komplett geschlossen werden.
- Die Beläge sind optimiert auf geringem Gewicht und für den Einsatz bei Arbeitsplattformen, wie sie häufig in der Industrie benötigt werden.
- Die Beläge sind perforiert und eignen sich dadurch besonders in Einsatzbereichen, bei denen Rutsicherheit höchste Priorität hat.“³⁵

³³ Vgl.: PERI GMBH: PERI UP - Zugangstechnik für Bauarbeiten und öffentliche Bereiche. Broschüre. S. 4f

³⁴ PERI GMBH: PERI UP - Zugangstechnik für Bauarbeiten und öffentliche Bereiche. Broschüre. S. 5.

³⁵ PERI GMBH: PERI UP - Zugangstechnik für Bauarbeiten und öffentliche Bereiche. Broschüre. S. 5.

2.2.2 Leiteraufstiege, Durchstiege und Leitergangtafeln³⁶

In die Kategorie Leiteraufstiege, Durchstiege und Leitergangtafeln fällt die Aufstiegmöglichkeit, die im Rahmen dieser Forschungsarbeit als im Gerüst integrierte Aufstiegshilfe bezeichnet wird. Grundsätzlich können für diesen Aufstieg die verschiedensten Gerüste verwendet werden, sofern zwei oder mehrere Gerüstlagen durch innenliegende Gerüstleitern (Leitergangtafeln) miteinander verbunden sind.

Abbildung 9 zeigt eine Leitergangtafel mit integrierter Leiter System UDS, die im Zuge der Untersuchung mit einem Arbeits- und Schutzgerüst der Firma PERI kombiniert wird.

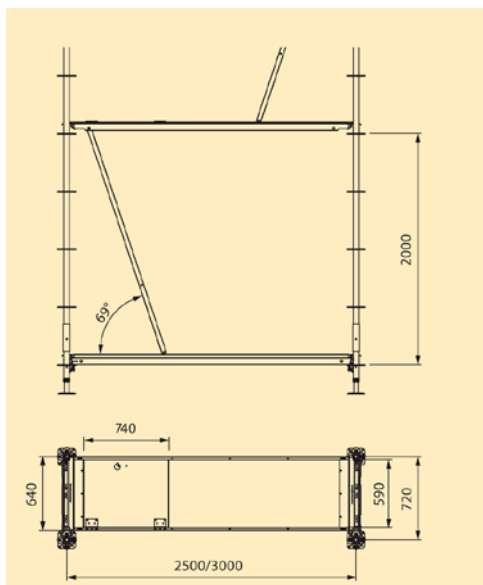


Abbildung 9: Leitergangtafeln mit integriertem Leiter System UDS³⁷



Abbildung 10: System UDS³⁸

³⁶ Vgl.: PERI GMBH: PERI UP - Zugangstechnik für Bauarbeiten und öffentliche Bereiche. Broschüre. S. 7.

³⁷ Entnommen aus: PERI GMBH: PERI UP - Zugangstechnik für Bauarbeiten und öffentliche Bereiche. Broschüre. S. 7.

Die Leitertafel ist eine simple Methode für die Aufstiege in die nächsthöhere Ebene. Sobald man die integrierte Leiter nach oben klappt, kann das Gerüst auf ganzer Breite genutzt werden.

Leitertafeln sind in den Längen 2,50 m und 3,00 m erhältlich, damit sie im eingeklappten Zustand unter den Belag passen.

³⁸ Entnommen aus: PERI GMBH: PERI UP - Zugangstechnik für Bauarbeiten und öffentliche Bereiche. Broschüre. S. 15.

2.2.3 Gerüst- und Bautreppen³⁹

Gerüst- und Bautreppen werden im Rahmen des Forschungsprojektes „Leiternfreie Baustelle“ zu Treppentürmen zusammengefasst. Abbildung 11 und Abbildung 12 stellen die beiden Ausführungsmöglichkeiten mit ihren Varianten dar.

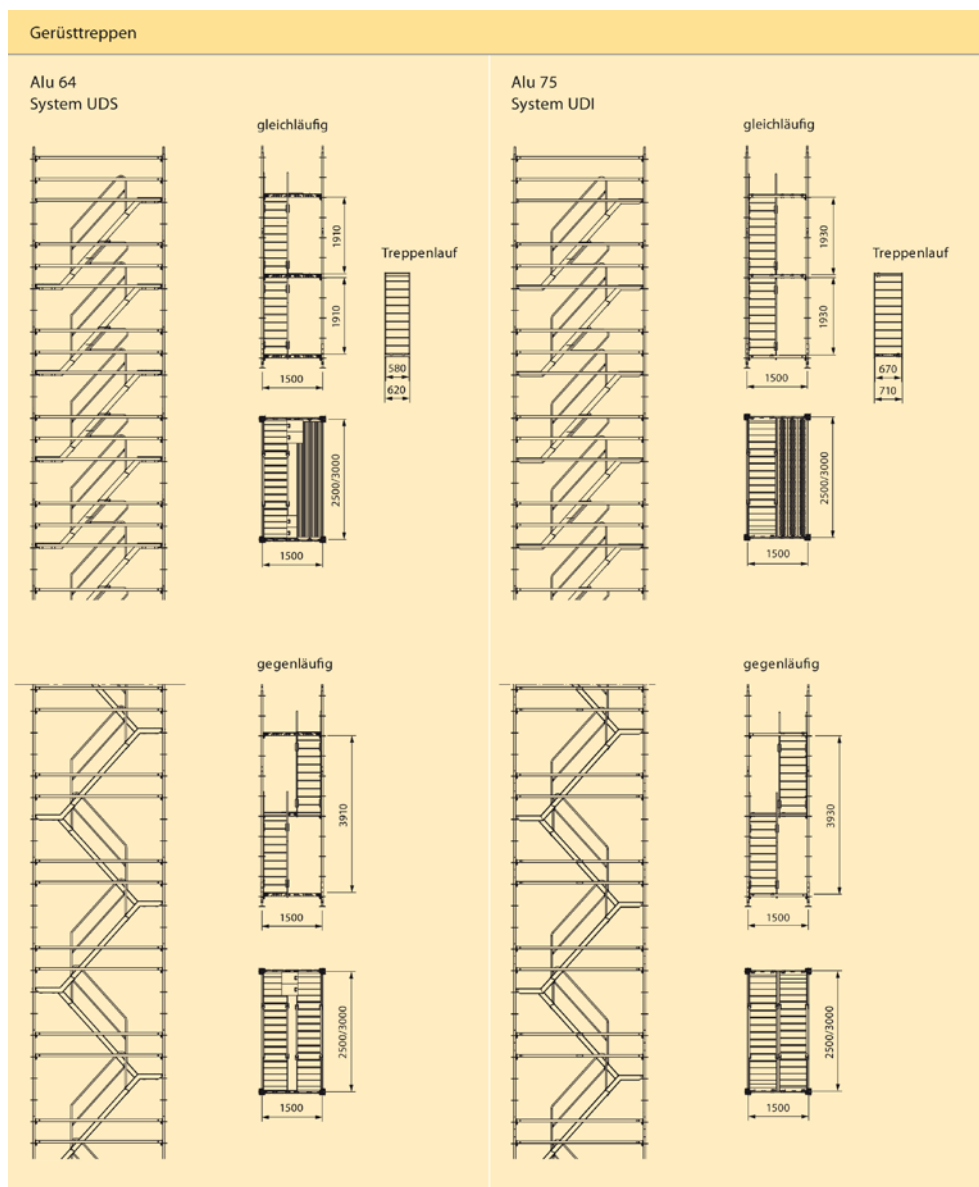


Abbildung 11: Gerüsttreppen⁴⁰

³⁹ Vgl.: PERI GMBH: PERI UP - Zugangstechnik für Bauarbeiten und öffentliche Bereiche. Broschüre, S. 3ff.

⁴⁰ Entnommen aus: PERI GMBH: PERI UP - Zugangstechnik für Bauarbeiten und öffentliche Bereiche. Broschüre, S. 8.

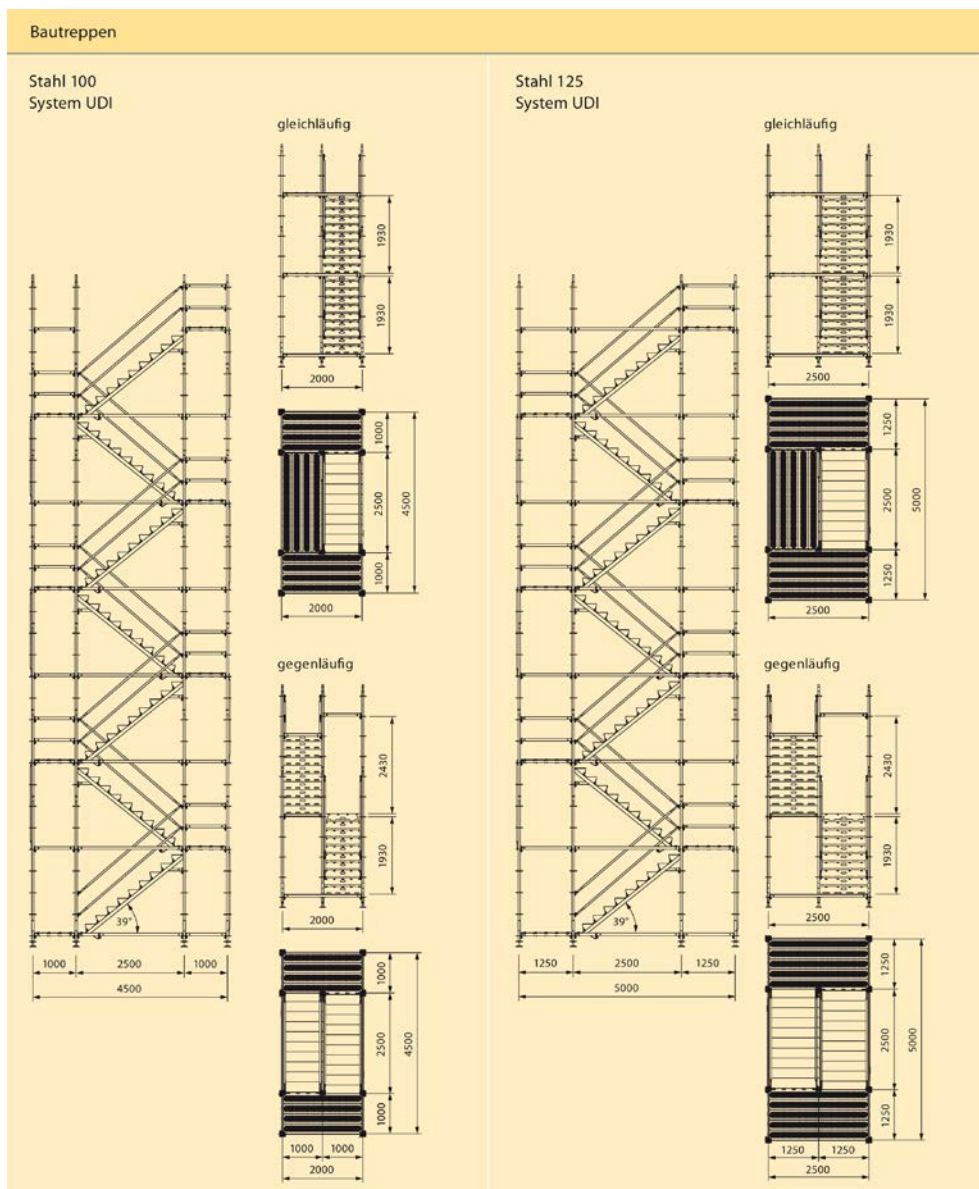


Abbildung 12: Bautreppen⁴¹

Treppentürme ergeben sich grundsätzlich durch eine besondere Anordnung von gewinkelten Treppen, wobei die oftmals gegenläufigen Treppen durch Podeste an der Stirnseite verbunden sind.

⁴¹ Entnommen aus: PERI GMBH: PERI UP - Zugangstechnik für Bauarbeiten und öffentliche Bereiche. Broschüre, S. 9.

2.2.3.1 Gerüsttreppe als Treppenturm

Durch das Höhenraster von 2,0 m können Gerüsttreppen ohne Höhenanpassungen als vorgesetzter Aufstieg vor Fassadengerüsten eingesetzt werden, um die Arbeitsebenen problemlos erreichbar zu machen. Hierbei sind die Treppen grundsätzlich auf 1,0 kN/m² ausgerichtet.

Natürlich können die Treppentürme auch selbstständig, ohne vorgesetztes Gerüst oder Ähnliches aufgebaut werden. Als Geländer werden die Horizontalriegel eingesetzt, die den Turm zusätzlich aussteifen. Somit konnte die Firma PERI für ihre Treppentürme einen Nachweis der Standsicherheit über eine Länge von 20 m unter 2,0 kN/m² Verkehrslasten erbringen.

Höhenanpassungen an Öffnungen von Gebäuden sind durch außen angehängte Konsolen mit kurzen Treppenläufen von 1,50 m Länge und Höhen von 50 oder 100 cm umsetzbar. (Vgl. Abbildung 13)

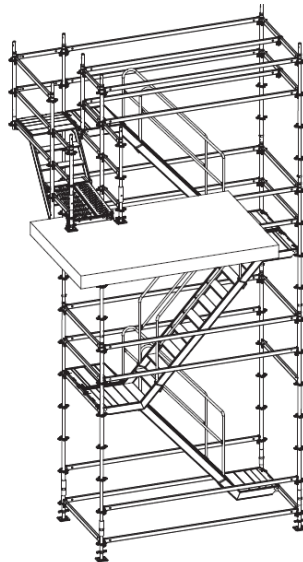


Abbildung 13: Treppenturm mit Konsole⁴²

2.2.3.2 Bautreppe als Treppenturm

Bautreppen werden meist auf Baustellen eingesetzt, bei denen größere Lasten transportiert werden bzw. eine höhere Anforderung an die Begehbarkeit gestellt wird.

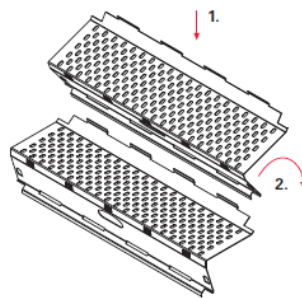
Allgemeine Eigenschaften.

- „Die PERI UP Bautreppe wird als 10-stieliger Turm mit separaten Podesten aufgebaut. In der Stufenbreite von 100 cm ist er bequem zu begehen - auch bei Gegenverkehr.“⁴³

⁴² PERI GMBH: PERI UP - Zugangstechnik für Bauarbeiten und öffentliche Bereiche. Broschüre. S. 24..

- „Bei einer zulässigen Belastung von 3 kN/m² kann er bis zu einer Höhe von 50 m aufgebaut werden.“⁴⁴
- Die hohe Rutsicherheit wird durch Perforation der Stufen gewährleistet. Die nach oben gebogenen, trompetenförmigen Öffnungen sind selbst mit ölerschmierten Schuhen rutschfest.⁴⁵
- Mit Bordblechen entlang der Podeste können Materialien vor dem Herabstürzen gesichert werden. Auch die einzelnen Stufen besitzen geschlossene Stege, die vom Herabfallen kleiner Gegenstände bewahren.⁴⁶

Grundsätzlich ist die Bautreppe sehr einfach ohne Werkzeug aufzustellen. Zu aller erst werden die Wangen aufgebaut, dann mit Stufen belegt, die sich beim Einbau verzahnen, wobei die oberste Stufe dann alle anderen sichert. (Vgl. Abbildung 14)



Montage ohne Werkzeug
Zweite Stufe wird durch Einsetzen und Drehen
zugfest mit vorheriger Stufe verbunden.

Abbildung 14: Bautreppenmontage⁴⁷

⁴³ PERI GMBH: PERI UP - Zugangstechnik für Bauarbeiten und öffentliche Bereiche. Broschüre. S. 28.

⁴⁴ PERI GMBH: PERI UP - Zugangstechnik für Bauarbeiten und öffentliche Bereiche. Broschüre. S. 28.

⁴⁵ PERI GMBH: PERI UP - Zugangstechnik für Bauarbeiten und öffentliche Bereiche. Broschüre. S. 31.

⁴⁶ PERI GMBH: PERI UP - Zugangstechnik für Bauarbeiten und öffentliche Bereiche. Broschüre. S. 31.

⁴⁷ Entnommen aus: PERI GMBH: PERI UP - Zugangstechnik für Bauarbeiten und öffentliche Bereiche. Broschüre. S. 28

2.3 Sicherheitsanforderungen an die Aufstiegshilfen

Das nachfolgende Kapitel gibt eine Übersicht über die wichtigsten Sicherheitsvorschriften in Bezug auf Leitern und Gerüste im österreichischen Raum. Hinzuzufügen ist, dass die Kategorie Gerüste sowohl Treppentürme, als auch die in das Gerüst integrierte Aufstiegshilfen beinhaltet, da es hierfür keine gesonderten Normen und Regelungen gibt.

2.3.1 Sicherheit auf Leitern

Da im Rahmen des Projektes im speziellen die einteiligen Anlegeleitern untersucht werden, sind im Folgenden auch nur die besonderen Sicherheitsvorschriften in Bezug auf diese Leiternart beschrieben.

2.3.1.1 Allgemeine Sicherheitshinweise zu Anlegeleitern

Grundsätzlich beruht die Beschaffenheit von Leitern auf der Arbeitsmittelverordnung AM-VO und der ÖNORM EN 131. Um ein hohes Maß an Sicherheit zu garantieren, sollten auch nur ÖNORM-geprüfte Leitern eingesetzt werden.

Bevor eine Leiter überhaupt erst verwendet werden kann, ist sie auf offensichtliche Beschädigungen zu prüfen, weshalb ein deckender Anstrich auf Leitern strengstens zu vermeiden ist. Außerdem müssen Leitern mindestens einmal jährlich einer Prüfung gemäß ÖNORM Z 1510 von befugten Personen unterzogen werden.

Aus Sicherheitsgründen müssen Leitern gegen unbeabsichtigtes Umstoßen und Wegrutschen geschützt werden. Dies geschieht durch Befestigungen und Gleitschutz an den Holmenden. Außerdem sind die Arbeiter vor der ersten Benutzung hinsichtlich der Verwendung zu unterweisen. Weiters dürfen Leitern bei Windeinwirkung oder sonstigen ungünstigen Wetterbedingungen nicht verwendet werden, wenn die Standsicherheit der Leiter beeinträchtigt oder die Sicherheit der Arbeiter dadurch nicht gewährleistet ist.

Zwischen den einzelnen Nutzungsperioden müssen die Leitern vorschriftsgemäß gelagert werden. Das heißt, sie müssen vor mechanischer Beschädigung sowie vor aggressiven Stoffen geschützt sein. Außerdem sind Holzleitern vor Hitze zu schützen (nicht in Heizräumen lagern), da sie dadurch austrocknen und ihre Funktionsfähigkeit verlieren.

Falls Leitern jedoch einen Mangel aufweisen, dürfen sie nur von fachkundigen Personen repariert werden, wobei Nagelungen prinzipiell verboten sind.

2.3.1.2 Zahlen und Fakten für Sicherheit auf Anlegeleitern⁴⁸

Grundsätzlich muss die Länge von Anlegeleitern, sofern diese als vertikale Aufstiegsmöglichkeit eingesetzt werden, so gewählt werden, dass die Ausstiegsstelle, wie in Abbildung 15 dargestellt, um 1 m überschritten wird.

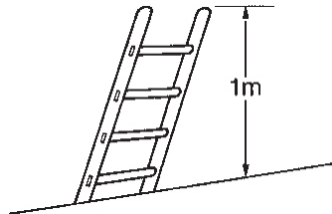


Abbildung 15: Mindestüberstand einer Anlegeleiter⁴⁹

Eine Sprossenanlegeleiter darf maximal 8 m und eine einteilige Stufenanlegeleiter höchstens 4 m lang sein, außer es sind besondere Maßnahmen zur Sicherung gegen Umfallen getroffen wie

- Standverbreiterungen (z.B. mit Querfuß oder breiterem Leiterfuß)
- seitliche Abstützung oder
- Befestigung der Leiter am oberen Leiterende.

Anlegeleitern müssen aus Sicherheitsgründen in einem Aufstellwinkel von ca. 3:1 bis 4:1 positioniert werden. Außerdem muss die gesamte Leiter einen gleichmäßigen Sprossen- oder Stufenabstand aufweisen, wobei die Sprossenabstände maximal 30 cm betragen dürfen. Weiteres muss der Holmabstand mindestens 28 cm betragen.

Bei einer Absturzgefahr von 5 m müssen lotrechte Leitern (bzw. Leitern, die von der Lotrechten nicht mehr als 15° abweichen), ab 3 m eine durchgehende Rückensicherung nach ÖNORM Z 1600 mit einer Schlupfweite von 60 cm bis 80 cm aufweisen. Außerdem muss bei durchlaufenden Aufstiegsleitern alle 10 m ein Zwischenpodest zum Ausstieg angebracht sein.⁵⁰

⁴⁸ ALLGEMEINE UNFALLVERSICHERUNGSANSTALT: Sicherheit Kompakt. Tragbare Leitern M023. Sicherheitsinformation der Allgemeinen Unfallversicherungsanstalt. S. 2ff sowie PETRI, P.; STEINMAURER, R.: Bauunfälle. Haftung und Kosten vermeiden. S. 116ff. sowie <http://www.arbeitsinspektion.gv.at/amvo/amvo.htm#n36>. Datum des Zugriffs: 06.November.2013, 09:48 Uhr.

⁴⁹ Entnommen aus: ALLGEMEINE UNFALLVERSICHERUNGSANSTALT: Sicherheit Kompakt. Tragbare Leitern M023. Sicherheitsinformation der Allgemeinen Unfallversicherungsanstalt. S. 5.

⁵⁰ Vgl.: ÖSTERREICHISCHES NORMUNGSMANAGEMENT: ÖNORM B 4007:2008 - Gerüste - Allgemeines. Verwendung, Bauart und Belastung. ÖNORM. S. 16.

2.3.1.3 Die Anlegeleiter als sicherer Transportweg⁵¹

Laut Arbeitsmittelverordnung müssen Anlegeleitern, die als Verkehrsweg genutzt werden, ab einer möglichen Absturzhöhe von 5 m durch Sicherungen durch Seitenwehre, Rückensicherungen oder Steigschutz ausgestattet werden.

Es ist grundsätzlich ratsam, jedoch keine gesetzliche Vorschrift, während des Auf- oder Abstieges keine Gegenstände oder Lasten mitzunehmen, damit beide Hände während des Aufstieges zum Festhalten genutzt werden können.

Um die Standsicherheit der Leiter zu gewährleisten, ist es wichtig nicht über die viertletzte Stufe bzw. die drittletzte Sprosse hinauszusteigen. Außerdem ist es nicht erlaubt, von Stehleitern auf Bühnen oder andere höher gelegene Plätze überzusteigen.

2.3.2 Sicherheit auf Gerüsten (Treppentürme und im Gerüst integrierte Aufstiegsmöglichkeiten)⁵²

Im Nachfolgenden werden die wichtigsten Sicherheitsvorschriften und -empfehlungen für Gerüste vorgestellt. Hinzuzufügen ist, dass es für Treppentürme und im Gerüst integrierte Aufstiegsmöglichkeiten keine gesonderten Regelungen gibt, da es sich bei beiden um eine Gerüstvariation handelt, weshalb diese hier zu einer Kategorie zusammengefasst werden.

2.3.2.1 Allgemeine Sicherheitshinweise für Gerüste⁵³

Grundsätzlich sollten Gerüste nach den allgemein anerkannten Regelausführungen bzw. laut Herstellerangaben errichtet und genutzt werden. Bei Gerüsten, die nicht nach den anerkannten Regelausführungen montiert werden, muss für die Brauchbarkeit ein Standsicherheitsnachweis auf Grundlage der Technischen Baubestimmungen der bauordnungsrechtlichen Vorschriften der Länder erbracht werden.⁵⁴

Gerüste sollten, wenn möglich, ohne Unterbrechungen errichtet werden, um eine ungesicherte Nutzung zu vermeiden. Sofern dies nicht möglich ist, sollte dies ausreichend gekennzeichnet werden.

⁵¹ Vgl.: http://www.arbeitsinspektion.gv.at/Al/Maschinen/Sonstige/sonst_040.htm. Datum des Zugriffs: 14.August.2013, 17:50 Uhr sowie <http://www.arbeitsinspektion.gv.at/amvo/amvo.htm#n36>. Datum des Zugriffs: 06.November.2013, 09:48 Uhr.

⁵² Vgl.: FACHAUSSCHUSS BAUWESEN DER DEUTSCHEN GESETZLICHEN UNFALLVERSICHERUNG: Handlungsanleitung für den Umgang mit Arbeits- und Schutzgerüsten. In: Sammelwerk der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung, 07/2010. S. 5ff.

⁵³ Vgl.: FACHAUSSCHUSS BAUWESEN DER DEUTSCHEN GESETZLICHEN UNFALLVERSICHERUNG: Handlungsanleitung für den Umgang mit Arbeits- und Schutzgerüsten. In: Sammelwerk der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung, 07/2010. S. 4ff.

⁵⁴ Nähere Informationen: FACHAUSSCHUSS BAUWESEN DER DEUTSCHEN GESETZLICHEN UNFALLVERSICHERUNG: Handlungsanleitung für den Umgang mit Arbeits- und Schutzgerüsten. In: Sammelwerk der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung, 07/2010. S. 14ff

Sobald das Gerüst jedoch zur Gänze fertig aufgestellt ist, sind alle benutzbaren Gerüstebenen mit Absturzsicherungen auszustatten. Dies kann durch einen dreiteiligen Seitenschutz oder durch eine Schutzwand erfolgen. (Vgl.: Abbildung 16)

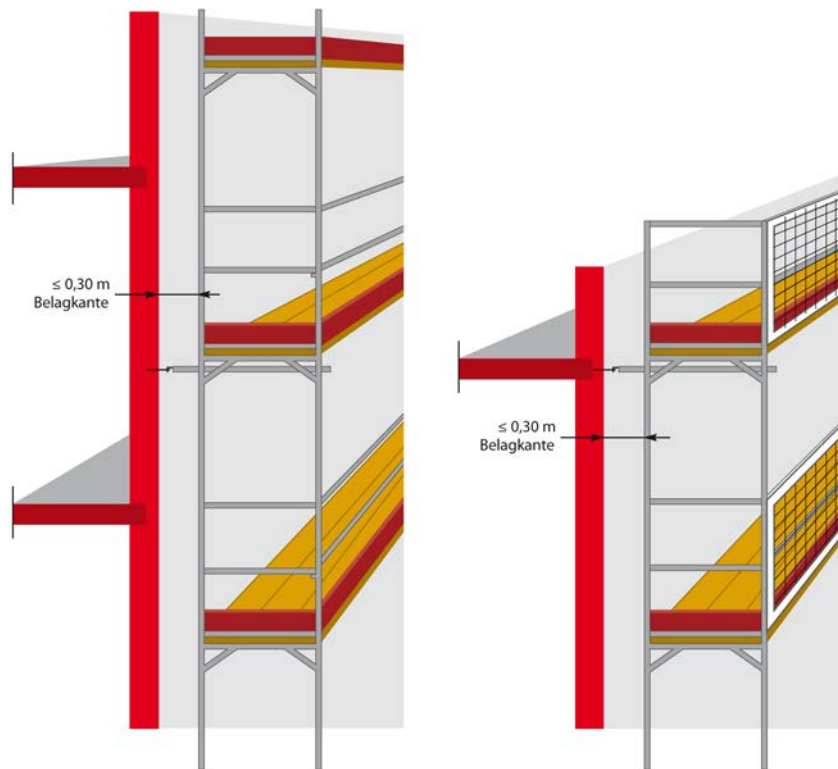


Abbildung 16: Beispiel für ein Gerüst mit Seitenschutz (links) bzw. Schutzwand (rechts)⁵⁵

„Die Schutzmaßnahmen sind entsprechend der nachstehenden Rangfolge auszuwählen:

A. Absturzsicherungen

Absturzsicherungen sind z. B. Abdeckungen, Geländer oder Seitenschutz, die auftretende Kräfte aufnehmen und ableiten können.

B. Auffangeinrichtungen

Lassen sich aus arbeitstechnischen Gründen Absturzsicherungen nicht verwenden, müssen an deren Stelle Schutzvorrichtungen zum Auffangen absturzender Beschäftigter vorhanden sein. Auffangeinrichtungen sind z.B. Schutz-

⁵⁵ Entnommen aus: FACHAUSSCHUSS BAUWESEN DER DEUTSCHEN GESETZLICHEN UNFALLVERSICHERUNG: Handlungsanleitung für den Umgang mit Arbeits- und Schutzgerüsten. In: Sammelwerk der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung, 07/2010, S. 23.

netze, Schutzwände, Schutzgerüste, die auftretende Kräfte aufnehmen und ableiten können.

C. Individueller Gefahrenschutz

Können Absturzsicherungen und Auffangeinrichtungen nicht angewendet werden, ist Persönliche Schutzausrüstung gegen Absturz vorzusehen. Die Verwendung von Persönlicher Schutzausrüstung gegen Absturz setzt eine weitere Gefährdungsbeurteilung für diesen Einzelfall voraus.⁵⁶

Nach Fertigstellung der Montage muss der Unternehmer, der das Gerüst erstellt hat, das Selbige auch überprüfen. Abbildung 17 zeigt was bei einer solchen Prüfung zu beachten ist. Weiteres ist es ratsam, die Ergebnisse schriftlich zu protokollieren.

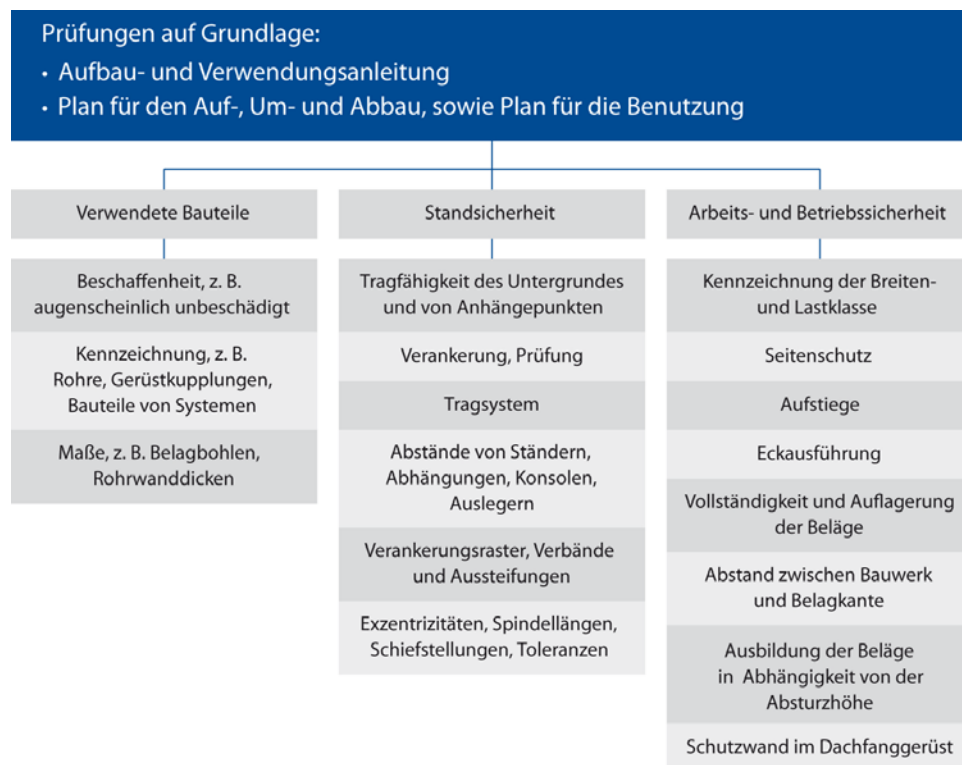


Abbildung 17: Prüfung von Arbeits- und Schutzgerüste⁵⁷

Vor dem Arbeitsbeginn wird jeder Arbeiter, der auf dem Gerüst tätig ist, diesbezüglich unterwiesen. Diese Unterweisung kann Beispielsweise folgende Punkte beinhalten:⁵⁸

⁵⁶ FACHAUSSCHUSS BAUWESEN DER DEUTSCHEN GESETZLICHEN UNFALLVERSICHERUNG: Handlungsanleitung für den Umgang mit Arbeits- und Schutzgerüsten. In: Sammelwerk der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung, 07/2010. S. 71.

⁵⁷ Entnommen aus: FACHAUSSCHUSS BAUWESEN DER DEUTSCHEN GESETZLICHEN UNFALLVERSICHERUNG: Handlungsanleitung für den Umgang mit Arbeits- und Schutzgerüsten. In: Sammelwerk der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung, 07/2010. S. 26

- „Am Gerüst dürfen keine eigenmächtigen Veränderungen - z.B. Entfernen von Verankerungen, Ausbau von Gerüstbelagen, Seitenschutzbauteilen, Montage von Schuttrutschen vorgenommen werden. Dies darf grundsätzlich nur der Gerüstersteller.
- Auf dem Gerüstbelag darf nur so viel Material gelagert werden, wie entsprechend der jeweiligen Lastklasse zulässig ist. Bei Überlastung kann das Gerüst zusammenbrechen.
- Das Material sollte auf dem Gerüstbelag so abgelegt werden, dass ein ausreichend breiter Durchgang erhalten bleibt.
- Auf Fanggerüsten darf kein Material gelagert werden, da das Material die Verletzungsgefahr für eine absturzende Person erhöhen würde.
- Schutzdächer dürfen nicht mit Materialien belastet werden.
- Es sollte vermieden werden, dass Beschäftigte gleichzeitig auf mehreren Gerüstlagen übereinander Arbeiten ausführen. Es besteht sonst erhöhte Unfallgefahr durch herabfallende Gegenstände.
- Zu ihrer eigenen Sicherheit ist es wichtig, dass die Beschäftigten die dafür vorgesehenen Auf- und Abstiege benutzen und weder klettern noch vom Gerüst springen.
- Auf Gerüstbeläge darf nicht gesprungen werden und nichts abgeworfen werden.
- Klappen von Durchstiegsbelägen sind während der Arbeiten auf der Gerüstebene geschlossen zu halten.“⁵⁹

2.3.2.2 Zahlen und Fakten für Sicherheit auf Gerüsten⁶⁰

Vorweg werden durch Abbildung 18 die wichtigsten Höhen und Breitenabmessungen bei Gerüsten dargestellt. Außerdem soll diese Grafik durch die Darstellung der verschiedenen Abmessungsbezeichnungen bei der Orientierung der nachfolgenden Zahlen helfen.

⁵⁸ Entnommen aus: FACHAUSSCHUSS BAUWESEN DER DEUTSCHEN GESETZLICHEN UNFALLVERSICHERUNG: Handlungsanleitung für den Umgang mit Arbeits- und Schutzgerüsten. In: Sammelwerk der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung, 07/2010. S. 30.

⁵⁹ FACHAUSSCHUSS BAUWESEN DER DEUTSCHEN GESETZLICHEN UNFALLVERSICHERUNG: Handlungsanleitung für den Umgang mit Arbeits- und Schutzgerüsten. In: Sammelwerk der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung, 07/2010. S. 30.

⁶⁰ Vgl.: FACHAUSSCHUSS BAUWESEN DER DEUTSCHEN GESETZLICHEN UNFALLVERSICHERUNG: Handlungsanleitung für den Umgang mit Arbeits- und Schutzgerüsten. In: Sammelwerk der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung, 07/2010. S. 4ff

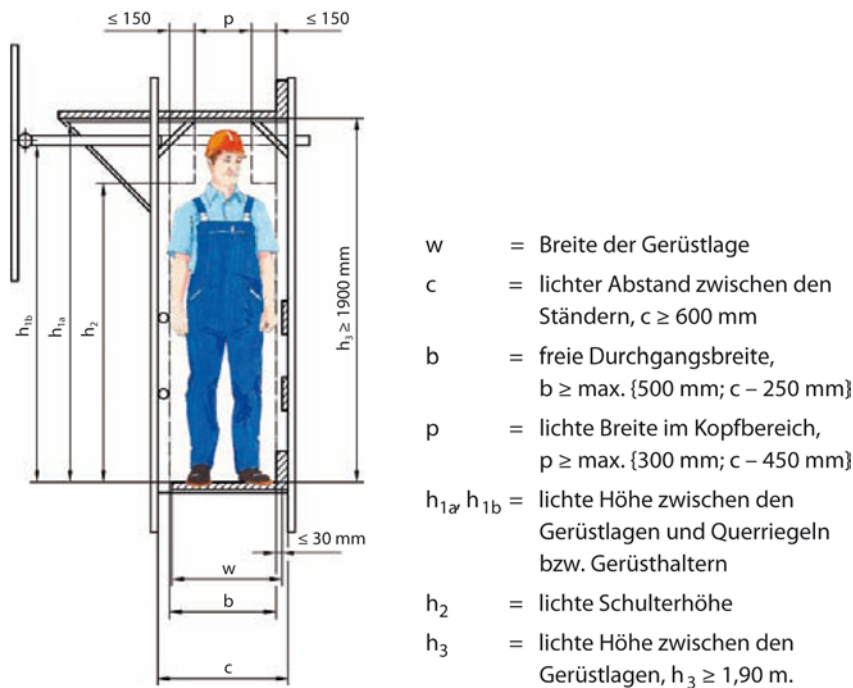


Abbildung 18: Lichte Höhen und Breiten der Gerüstlagen⁶¹

Für Arbeitsgerüste gelten je nach Breitenklasse die Mindestbelagsflächen aus Abbildung 19.

Breitenklasse	w in m
W06	0,6 bis < 0,9
W09	0,9 bis < 1,2
W12	1,2 bis < 1,5
W15	1,5 bis < 1,8
W18	1,8 bis < 2,1
W21	2,1 bis < 2,4
W24	≥ 2,4

Abbildung 19: Breitenklassen für Gerüstlagen⁶²

Sofern Materialien auf der Gerüstlage gelagert werden, muss eine Mindestdurchgangsbreite von 0,20 m erhalten bleiben. Bei Bauwerksecken ist der Be-

⁶¹ FACHAUSSCHUSS BAUWESEN DER DEUTSCHEN GESETZLICHEN UNFALLVERSICHERUNG: Handlungsanleitung für den Umgang mit Arbeits- und Schutzgerüsten. In: Sammelwerk der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung, 07/2010. S. 38.

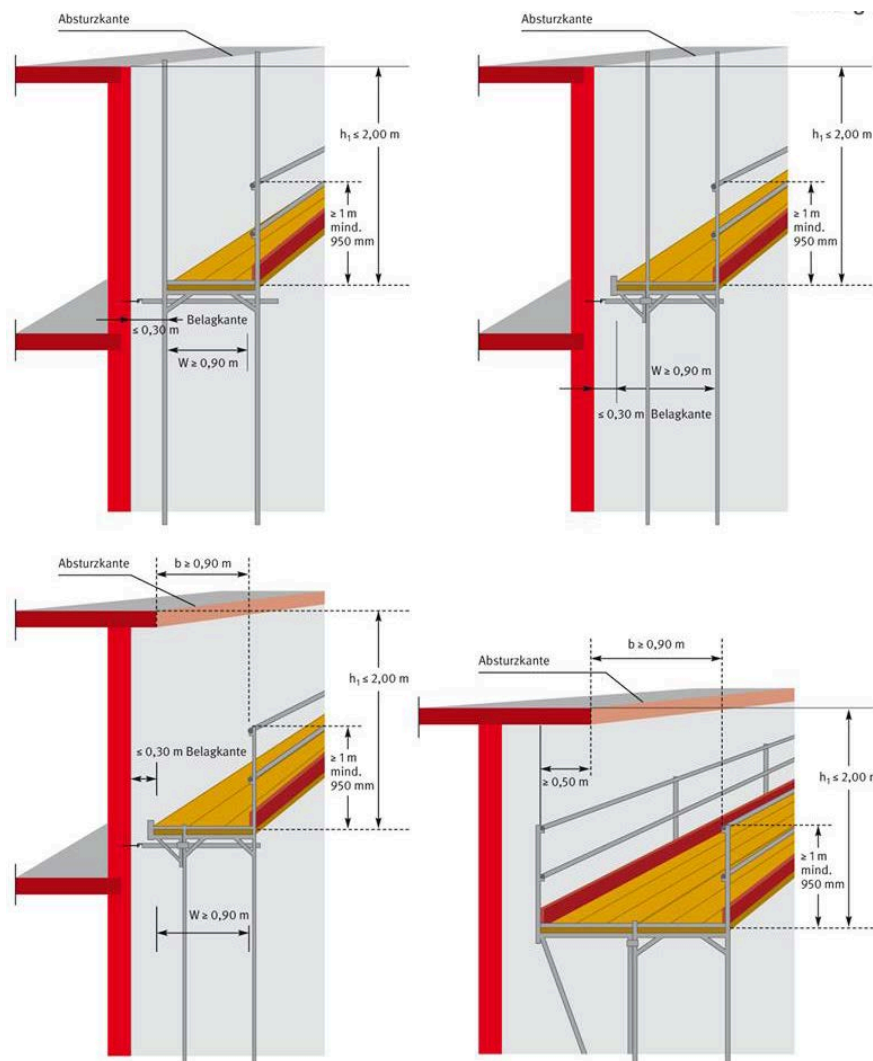
⁶² Entnommen aus: BG Bau- FACHAUSSCHUSS BAUWESEN DER DEUTSCHEN GESETZLICHEN UNFALLVERSICHERUNG: Handlungsanleitung für den Umgang mit Arbeits- und Schutzgerüsten. In: Sammelwerk der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung, 07/2010. S. 32.

lag zur Gänze zu verlegen, außer dieser Bereich wird für keine Arbeiten genutzt. Dann genügt eine Breite von 0,50 m.

Für Fanggerüste gelten im Speziellen die Abmessungen aus Abbildung 20. Weiters gelten folgende Abmessungen:⁶³

- Der senkrechte Abstand zwischen Absturzkante und Belagsfläche darf 2,00 m nicht überschreiten
- Die Fanglage muss mindestens 0,90 m breit sein (in Ausnahmefällen auch nur 0,60 m)
- Zwischen der Innenkante des Seitenschutzes bzw. der Schutzwand und der Absturzkante muss ein Freiraum (b) von mindestens 0,90 m sein
- Der maximale waagerechte Abstand zwischen Fanggerüstbelag und Bauwerk ist 0,30 m. Er darf größer sein, wenn
 - der Belag mindestens 50 cm über die Absturzkante nach innen ragt
 - die Innenseite der Belagsflächen mit einem Seitenschutz versehen ist.
- Das Fanggerüst muss den Schutzbereich seitlich um mindestens 1,00 m überragen, wobei sich diese Angabe auf die Absturzkante bezieht.

⁶³ Vgl.: FACHAUSSCHUSS BAUWESEN DER DEUTSCHEN GESETZLICHEN UNFALLVERSICHERUNG: Handlungsanleitung für den Umgang mit Arbeits- und Schutzgerüsten. In: Sammelwerk der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung, 07/2010. S. 38ff.

Abbildung 20: Abmessungen der Fanggerüste⁶⁴

Wird das Gerüst höher als 8 m aufgebaut (Belagshöhe über Aufstellfläche), dann ist es empfehlenswert den Vertikaltransport der Gerüstbauteile über Bauaufzüge zu bewerkstelligen. Bauaufzüge sind jedoch nicht notwendig, wenn die Gerüsthöhe nicht mehr als 14 m und dabei die Gesamtlänge des Gerüsts nicht mehr als 10 m beträgt. Hinzuzufügen ist, dass bereits handbetriebene Seilrollenaufzüge als Bauaufzüge gewertet werden. Sofern der Transport der Materialien händisch erfolgt, ist es erforderlich, auf jeder Gerüstlage einen Arbeiter zu positionieren.⁶⁵

⁶⁴ Entnommen aus: FACHAUSSCHUSS BAUWESEN DER DEUTSCHEN GESETZLICHEN UNFALLVERSICHERUNG: Handlungsanleitung für den Umgang mit Arbeits- und Schutzgerüsten. In: Sammelwerk der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung, 07/2010, S. 3.

⁶⁵ Vgl.: FACHAUSSCHUSS BAUWESEN DER DEUTSCHEN GESETZLICHEN UNFALLVERSICHERUNG: Handlungsanleitung für den Umgang mit Arbeits- und Schutzgerüsten. In: Sammelwerk der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung, 07/2010, S. 22.

Eine Absturzsicherung durch einen dreiteiligen Seitenschutz oder eine Schutzwand ist nicht nötig, sobald der Arbeits- und Zugangsbereich höchstens 0,30 m von einer anderen tragfähigen Fläche entfernt ist, die genügend Fläche bietet.⁶⁶

2.3.2.3 Das Gerüst als sicherer Transportweg

Für einen sicheren Auf- bzw. Abstieg auf Gerüsten, müssen Aufstiege oder Zugänge eingebaut werden. Dies können Leitergänge, Lauftreppen, innen liegende Aufstiege gemäß ÖNORM EN 12811-1, Laufbrücken oder lotrechte Leitertreppen sein.⁶⁷

Falls die Verbindung zwischen zwei Etagen durch eine Aufstiegsleiter bewerkstelligt wird, muss diese der ÖNORM 12811-1 entsprechen. Weiters muss sie bei der Ein- und Ausstiegsstelle mindestens 1 m hinausragen, sofern keine andere Festhaltungsmöglichkeit gegeben ist.⁶⁸

⁶⁶ Vgl.: FACHAUSSCHUSS BAUWESEN DER DEUTSCHEN GESETZLICHEN UNFALLVERSICHERUNG: Handlungsanleitung für den Umgang mit Arbeits- und Schutzgerüsten. In: Sammelwerk der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung, 07/2010. S. 24.

⁶⁷ ÖSTERREICHISCHES NORMUNGSMINISTERIUM: ÖNORM B 4007:2008 - Gerüste - Allgemeines. Verwendung, Bauart und Belastung. ÖNORM. S. 16.

⁶⁸ ÖSTERREICHISCHES NORMUNGSMINISTERIUM: ÖNORM B 4007:2008 - Gerüste - Allgemeines. Verwendung, Bauart und Belastung. ÖNORM. S. 16.

2.4 Betriebswirtschaftliche Begriffe und Grundlagen

2.4.1 Wirtschaftlichkeit

Da das übergeordnete Ziel dieser Arbeit die Untersuchung der Wirtschaftlichkeit der Aufstiegshilfen ist, gilt es an dieser Stelle diesen Begriff vorerst zu definieren.

*„Wirtschaftlichkeit (ökonomische Rationalität) ist die Erfolgsmesszahl aus dem Verhältnis von Leistungen zu Kosten einer vergangenen Rechnungsperiode, durch die der Ergiebigkeits- und Sparsamkeitsgrad bei der Erstellung einer Leistung gemessen wird.“*⁶⁹

*„Wirtschaftlichkeit ist eine Kennzahl, die das Verhältnis von Ertrag und Aufwand bzw. Leistung und Kosten zum Ausdruck bringt.“*⁷⁰

Sie kann durch folgende Formeln⁷¹ ausgedrückt werden:

$$\text{Wirtschaftlichkeit} = \text{Ertrag}/\text{Aufwand}$$

$$\text{Wirtschaftlichkeit} = \text{Leistung}/\text{Kosten}$$

2.4.2 Kosten

Um eine Aussage über die Wirtschaftlichkeit eines Produktes oder eines Verfahrens treffen zu können, muss man vorweg den Aufwand in Kosten ermitteln.

*„AHRENS definiert den Begriff Kosten als den bewerteten, betriebsnotwendigen Verbrauch von Gütern und Dienstleistungen sowie die Bereitstellung der hierfür erforderlichen Kapazitäten, die zur Herstellung und zum Absatz der betrieblichen Leistung benötigt werden.“*⁷²

*„Nach BAUER sind Kosten die betriebs- und periodenbezogenen Werteinsätze zur Leistungserstellung und Leistungsverwertung“*⁷³

Für die Berechnung wird unterschieden in fixe und variable Kosten.

*„Fixe Kosten sind von Auftragslage und Beschäftigungsgrad des Unternehmens unabhängige Kosten.“*⁷⁴

⁶⁹ DR.DR.H.C.SELLIEN, R.; DR. SELLIEN, H.: Dr. Gablers Wirtschafts-Lexikon. Zweiter Band: L-Z. 7. Auflage. S. 2051

⁷⁰ <http://www.wirtschaftslexikon24.com/d/wirtschaftlichkeit/wirtschaftlichkeit.htm>. Datum des Zugriffs: 26.Juli.2013, 13:14 Uhr

⁷¹ <http://www.wirtschaftslexikon24.com/d/wirtschaftlichkeit/wirtschaftlichkeit.htm>. Datum des Zugriffs: 26.Juli.2013, 13:14 Uhr

⁷² AHRENS, H.; BASTIAN, K.; MUCHOWSKI, L.: Handbuch Projektsteuerung - Baumanagement. S. 39 zitiert in LANG, W.: Verfahrensvergleiche zur optimalen Auswahl von Bauverfahren. Grundlagen, Methodik und Anwendung. Diplomarbeit. S. 10.

⁷³ BAUER, U.: Ezyklopädie BWL. Lehrveranstaltungsskriptum. S. 3-70 zitiert bei LANG, W.: Verfahrensvergleiche zur optimalen Auswahl von Bauverfahren. Grundlagen, Methodik und Anwendung. Diplomarbeit. S. 10.

⁷⁴ PROPOROWITZ, A.: Baubetrieb - Bauwirtschaft. S. 77.

„Variable Kosten entstehen in Abhängigkeit vom Beschäftigungsgrad und Auftragslage der Unternehmung.“⁷⁵

Zusätzlich werden für die Bewertung der Aufstiegsmöglichkeiten die Instandhaltungskosten mitberücksichtigt, die wie folgt, definiert sind:

„Instandhaltungskosten sind Kosten, die entstehen, um die Funktionsfähigkeit eines Baugerätes zu erhalten oder wiederherzustellen.“⁷⁶

In manchen Fällen bzw. nach einer gewissen Zeit ist die Instandhaltung der Aufstiegshilfe nicht mehr möglich oder nicht mehr rentabel. In diesen Fällen muss eine neue Leiter/ein Treppenturm/eine im Gerüst integrierte Aufstiegshilfe zugekauft werden. Die Kosten für diese Anschaffung werden im Zuge dieser Arbeit als Austauschkosten bezeichnet.

2.5 Grundlagen der Verfahrenswahl im Bauwesen

Die Wahl des optimalen Bauverfahrens ist für den Erfolg eines Bauprojektes von sehr großer Bedeutung. Die Verfahrenswahl, insbesondere in Bezug auf die Transport- und Verkehrswege ist Inhalt der Arbeitsvorbereitung. Aufgrund der verschiedenen Einflussfaktoren und den wenigen Daten zu Beginn ist es wichtig, ausreichend Zeit in die in diesen Bereich des Bauvorhabens zu investieren.

2.5.1 Variantenvergleich

Um die Wirtschaftlichkeit der verschiedenen Aufstiegsmöglichkeiten gegenüber zu stellen, wird ein Variantenvergleich notwendig.

„SCHEIFELE definiert den Variantenvergleich als Vergleichende Gegenüberstellung von grundsätzlichen Alternativen unter bestimmten Kriterien zur Optimierung eines Projektes.“⁷⁷

2.5.1.1 Verfahrenvergleich

Vor allem im Bauwesen spricht man hier häufig von einem Verfahrenvergleich, da meistens die Verfahren zur Herstellung eines Bauobjektes verglichen werden. Im Rahmen des Forschungsprojektes werden die verschiedenen Verfahren zur Höhenüberwindung miteinander verglichen.

⁷⁵ PROPOROWITZ, A.: Baubetrieb - Bauwirtschaft. S. 77.

⁷⁶ JODL, H. G.; J, O. W.: Handwörterbuch Bauwirtschaft. Interdisziplinäre Begriffswelt des Bauens. 3. Auflage. S. 125.

⁷⁷ SCHEIFELE, D.: Bauprojekttaufbau. Grundlagen und Modelle für eine effiziente Ablaufplanung im Bauwesen. S. A92 zitiert bei LANG, W.: Verfahrensvergleiche zur optimalen Auswahl von Bauverfahren. Grundlagen, Methodik und Anwendung. Diplomarbeit. S. 10.

„Laut REFA ist ein Verfahrensvergleich die abwägende Prüfung verschiedener Verfahren hinsichtlich Kosten, Erzeugnisgüte, menschliche Beanspruchung, usw.“⁷⁸

WÖHE definiert den Verfahrensvergleich als Gegenüberstellung verschiedener betrieblicher Verfahren zum gleichen Zeitpunkt oder für die gleichen Zeiträume. Für gewöhnlich ist er dem Wirtschaftlichkeitsvergleich gleichzusetzen.⁷⁹

Da ein wirtschaftlicher Verfahrensvergleich ohne Kosten nicht möglich ist, sei an dieser Stelle auch der Begriff Kostenvergleich definiert.

„Nach GABLER ist es ein Kostenvergleich zwischen zwei oder mehreren Arbeitsverfahren (z.B. in der Produktion zwischen zwei Maschinen, im Vertrieb zwischen zwei Absatzmethoden, in der Verwaltung zwischen mehreren Arbeitsabläufen, usw.), ergänzt durch nicht in Kostenwerten fassbare Vergleiche, wie Eignung der Verfahren für die organisatorischen und technischen Bedingungen des jeweiligen Betriebes und Fähigkeiten der Arbeitskräfte, mit den Verfahren fertig zu werden.“⁸⁰

⁷⁸ REFA, : Grundausbildung über das Arbeitsstudienwesen in der Wirtschaft S. 2/19 zitiert bei LANG, W.: Verfahrensvergleiche zur optimalen Auswahl von Bauverfahren. Grundlagen, Methodik und Anwendung. Diplomarbeit. S. 12.

⁷⁹ Vgl.: LANG, W.: Verfahrensvergleiche zur optimalen Auswahl von Bauverfahren. Grundlagen, Methodik und Anwendung. Diplomarbeit. S. 12. Vgl. dazu auch WÖHE, G.: Einführung in die Betriebswirtschaftslehre. 11. Auflage. S. 980.

⁸⁰ GABLER, T.: Dr. Gablers Wirtschafts-Lexikon. Erster Band. 7. Auflage. S. 1670 zitiert bei LANG, W.: Verfahrensvergleiche zur optimalen Auswahl von Bauverfahren. Grundlagen, Methodik und Anwendung. Diplomarbeit. S. 12.

2.5.2 Die Verfahrenswahl

Eine methodische Vorgehensweise zur Findung des optimalen Bauverfahrens kann anhand der Stufen- Phasengliederung, wie in Abbildung 21 ersichtlich, durchgeführt werden.

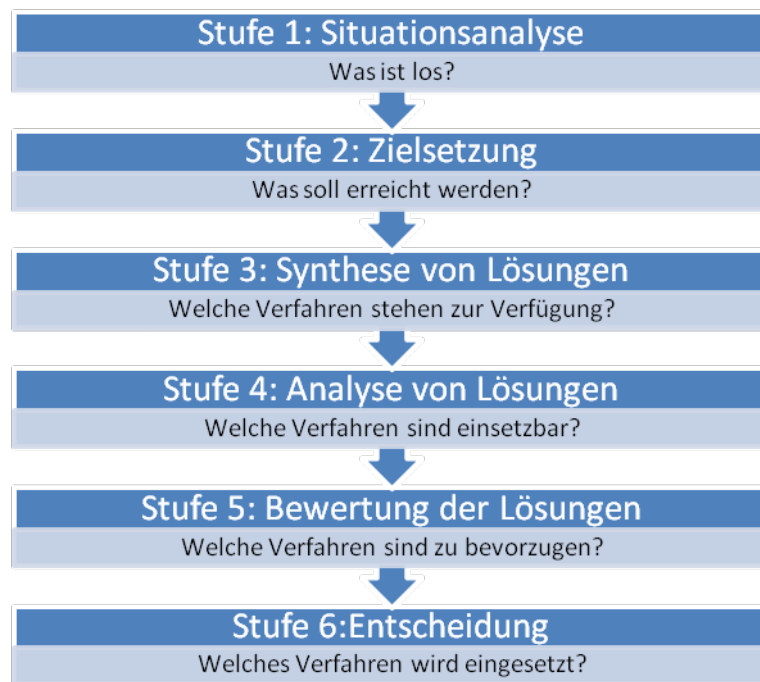


Abbildung 21: Methodische Vorgehensweise für die Verfahrenswahl⁸¹

Im ersten Schritt, der Situationsanalyse, werden die Grundlagen ermittelt und analysiert. Diese umfassen die Aufgabenstellung, Ausgangssituation sowie rechtliche und finanzielle Rahmenbedingungen.

Auf der zweiten Stufe folgt die Zielsetzung, wobei hier kein gesamtes Ziel des Verfahrens gemeint ist, sondern eine Vielzahl von Einzelzielen, der unterschiedlichen Prozesse innerhalb des Verfahrens. Somit entsprechen diese Einzelziele gleichzeitig den zu erfüllenden Kriterien für die Wahl eines Verfahrens, wobei eine Gewichtung dieser durchzuführen ist.

Im dritten Schritt werden Verfahren zur Lösung der Aufgabenstellung, gesammelt, damit sie im vierten Schritt analysiert werden können.

Im Zuge der vierten Stufe werden die Verfahren hinsichtlich ihrer Verwendbarkeit geprüft. Das heißt, sobald eine der Varianten, die Grundkriterien nicht erfüllt, scheidet diese aus oder es wird untersucht, ob sie dahingehend ange-

⁸¹ Vgl.: HECK, D.; LANG, W.: Baubetriebslehre VU (Master), Skriptum. S. 20.

passt werden kann. Sofern nach dieser Grundselektion nur noch ein Verfahren übrig bleibt, können die weiteren Schritte ausbleiben.

In Stufe fünf werden die Verfahren, die die Aufgabenstellung erfüllen können, einander gegenübergestellt. Für diesen Vergleich müssen alle Varianten auf die gleiche Basis gebracht werden, wobei eine Abwägung von quantitativen Kriterien leichter umsetzbar ist, als die von qualitativen. Letzteres kann nur durch eine Kombination von Bewertung und Gewichtung gegenübergestellt werden, wobei dies zu einem subjektiven Ergebnis führt. Zusätzlich besteht auch noch die Möglichkeit, die qualitativen Kriterien von einem Expertenteam analysieren zu lassen, jedoch ist dies mit hohem zeitlichen und finanziellen Aufwand verbunden.

Grundsätzlich gibt es etliche Methoden und Werkzeuge zur Bewertung der verschiedenen Varianten, aber da diese ursprünglich aus der Betriebswirtschaft stammen, können nur einige in der Bauwirtschaft angewandt werden bzw. müssen diese an die Gegebenheiten angepasst werden.

Die letzte und sechste Stufe der Verfahrenswahl befasst sich mit der Entscheidung der zu verwendenden Variante. Diese soll sich bestenfalls von selbst aus den vorherigen Schritten ergeben oder durch eine Durchsicht der Dokumentation der vorangegangenen Schritte eruieren lassen.

2.5.2.1 Einflussgrößen auf die Verfahrenswahl

Es gibt die verschiedensten Einflussfaktoren, die sich positiv oder negativ auf eine Variante zur Verwirklichung eines Bauverfahrens auswirken können. Abbildung 22 zeigt eine Übersicht über diese Einflussfaktoren.



Abbildung 22: Einflussfaktoren auf die Verfahrenswahl im Bauwesen⁸²

⁸² BRECHELER, W.; FRIEDRICH, J.: Baubetriebslehre - Kosten- und Leistungsrechnung - Bauverfahren. S. 112.

TESCHKE⁸³ unterscheidet weiter noch in endogene und exogene Faktoren.

- Endogene:

Endogene Einflussgrößen entstehen grundsätzlich durch innerbetriebliche Faktoren. TESCHKE unterscheidet hier weiter in:

- Objektbedingte Einflussgrößen (z.B.: Objektabmessungen, Baugelände, ...)
- Betriebsbedingte Einflussgrößen (z.B.: Maßnahmen der Arbeitsvorbereitung)
- Auftraggeberbedingte Einflussgrößen (z.B.: Vereinbarte Termine)

- Exogene

Hierunter versteht man die Einflussfaktoren, auf die man keinen Einfluss hat, da sie unvorhersehbar sind. (z.B.: Witterung, Naturgewalten, ...)

Zu beachten ist, dass die Einflussfaktoren eine große Rolle für die Wahl des Bauverfahrens darstellen. Abbildung 23 zeigt, Verfahrenseignung in Abhängigkeit der unterschiedlichen Einflussgrößen.

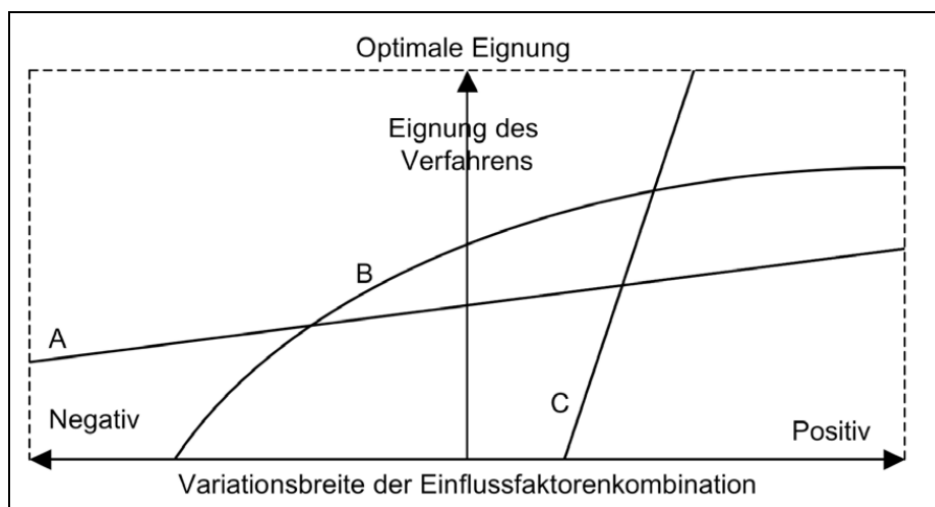


Abbildung 23: Verfahrenseignung in Abhängigkeit der Einflussfaktoren⁸⁴

Abbildung 23 zeigt, dass Verfahren A immer, egal unter welchen Einflüssen, anwendbar ist, jedoch nie die optimale Eignung erreicht. Hingegen Verfahren C nur unter ganz bestimmten Einflussfaktoren eingesetzt werden kann, aber hierbei das Optimum erreichen kann.

⁸³ Vgl. TESCHKE, F.: Differenzierter Vergleich von Bauverfahren unter Berücksichtigung stochastischer Einflussgrößen - dargestellt am Vergleich von Winterbauverfahren; Dissertation. S. 112.

⁸⁴ SCHMIDT, H.: Grundsätze baubetrieblicher Verfahrenswahl - dargestellt an Transportverfahren auf Großbaustellen. S. 32.

Diese Grafik soll darstellen, dass eine Verfahrenswahl nur dann möglich ist, wenn alle Einflussfaktoren berücksichtigt werden.

Daraus abgeleitet, werden im Zuge der Forschungsarbeit folgende Einflussfaktoren, wie in Abbildung 24 ersichtlich, berücksichtigt.



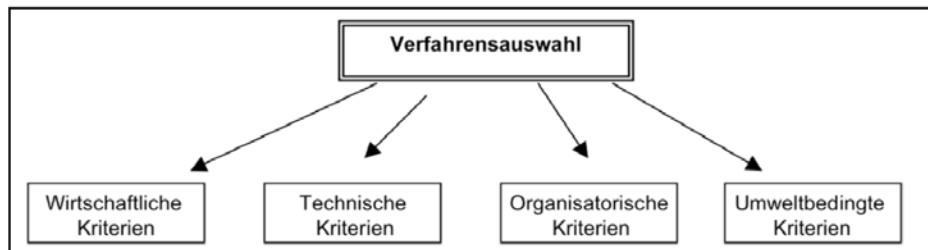
Abbildung 24: Einflussfaktoren beim Vergleich der Aufstiegsmöglichkeiten

2.5.2.2 Kriterien für die Verfahrenswahl

Grundsätzlich wird ein Bauverfahren bzw. im Fall dieser Arbeit die Art der Aufstiegsmöglichkeit anhand von verschiedenen Kriterien ausgewählt. Für jedes Untersuchungsobjekt gewichten die einzelnen Gesichtspunkt anders und führen somit zu einem individuellen Ergebnis.

LANG⁸⁵ hat sich in seiner Diplomarbeit ausführlich mit dem Thema der Verfahrensvergleiche im Bauwesen auseinandergesetzt und erwähnt vier verschiedene Kriterien für die Wahl eines Bauverfahrens, die in Abbildung 25 dargestellt sind.

⁸⁵ Vgl.: LANG, W.: Verfahrensvergleiche zur optimalen Auswahl von Bauverfahren. Grundlagen, Methodik und Anwendung. Diplomarbeit. S. 1ff.

Abbildung 25: Kriterien der Verfahrenswahl⁸⁶

- Wirtschaftliche Kriterien

Um die wirtschaftlichen Kriterien zu erfüllen müssen, die Mittel optimal eingesetzt werden, damit die Kosten und die Zeit so gering wie möglich gehalten werden.⁸⁷

- Technische Kriterien

Neben den wirtschaftlichen Kriterien ist es oftmals auch maßgebend, ob ein Verfahren den technischen Anforderungen genügt. Diese können durch den Bauherrn oder rechtliche Rahmenbedingungen vorausgesetzt werden. Beispiele hierfür sind besondere Absturzsicherungen, besondere Beläge der Aufstiegsmöglichkeit für einen schnelleren und sichereren Aufstieg oder Ähnliches. Diese Kriterien sind oftmals nicht einfach zu quantifizieren, jedoch gewichten sie häufig am meisten.⁸⁸

- Organisatorische Kriterien

Um ein Verfahren auch anwenden zu können, müssen in erster Linie auch die innerbetrieblichen Ressourcen vorhanden sein. Falls zusätzliche Maschinen oder Personal nötig ist, dass zum Ausführungszeitpunkt nicht vorhanden ist, muss dies auch berücksichtigt werden.⁸⁹

- Umweltbedingte Kriterien

Auf Grund des allgemein immer mehr steigenden Umweltbewusstseins und den dazugehörigen rechtlichen Rahmenbedingungen, sind die Auswirkungen auf die Umwelt ein immer wichtiger werdender Faktor.⁹⁰

All diese Kriterien gilt es im Rahmen eines Verfahrensvergleiches zu berücksichtigen.

⁸⁶ LANG, W.: Verfahrensvergleiche zur optimalen Auswahl von Bauverfahren. Grundlagen, Methodik und Anwendung. Diplomarbeit. S. 106

⁸⁷ Vgl.: LANG, W.: Verfahrensvergleiche zur optimalen Auswahl von Bauverfahren. Grundlagen, Methodik und Anwendung. Diplomarbeit. S. 105.

⁸⁸ Vgl.: LANG, W.: Verfahrensvergleiche zur optimalen Auswahl von Bauverfahren. Grundlagen, Methodik und Anwendung. Diplomarbeit. S. 105.

⁸⁹ Vgl.: LANG, W.: Verfahrensvergleiche zur optimalen Auswahl von Bauverfahren. Grundlagen, Methodik und Anwendung. Diplomarbeit. S. 105.

⁹⁰ Vgl.: LANG, W.: Verfahrensvergleiche zur optimalen Auswahl von Bauverfahren. Grundlagen, Methodik und Anwendung. Diplomarbeit. S. 106.

2.5.3 Arten von Verfahrensvergleichen

In diesem Kapitel werden sowohl betriebswirtschaftliche als auch bauwirtschaftliche Verfahrensvergleiche vorgestellt, die zum Vergleich der Aufstiegs-möglichkeiten eingesetzt werden können.

LANG⁹¹ hat die nachfolgenden betriebswirtschaftliche Verfahrensvergleiche zusammengefasst und gegenübergestellt.

- Investitionsrechenverfahren
- Kritische Leistungsmenge
- Break-Even Analyse
- Potential- und Stärken-/Schwächen-Analyse
- Nutzwertanalyse
- Kosten-Nutzen-Analyse
- Kostenwirksamkeitsanalyse

Da nicht alle betriebswirtschaftlichen Verfahrensvergleichsmethoden in der Bauwirtschaft sinnvoll einsetzbar sind, werden hier grundsätzlich zwei Arten unterschieden:

- Kalkulatorische Verfahrensvergleiche
- Differenzierte Verfahrensvergleiche.

Die kalkulatorischen Vergleiche sind rein wirtschaftliche Methoden, bei denen nur die Kosten betrachtet werden, um die Varianten gegenüberzustellen. Jedoch müssen auch hier vorweg die Grundkriterien (Vgl. Stufe 4 in Abbildung 21) erfüllt sein. Hierzu seien der Differenzkostenvergleich⁹² und der Wirtschaftlichkeitsvergleich⁹³ genannt.

Bei den differenzierten Verfahrensvergleichen werden neben den rein wirtschaftlichen auch alle anderen Kriterien mit einbezogen. Diese Art des Vergleiches ist zwar wesentlich umfangreicher als die kalkulatorischen, jedoch wird das Verfahren hier ganzheitlich untersucht, was wiederum Fehler in der Kalkulation und Bauausführung vermindert. Als Instrumente seien an dieser Stelle die Potenzial- und Nutzwertanalyse⁹⁴ genannt.

⁹¹ Vgl.: LANG, W.: Verfahrensvergleiche zur optimalen Auswahl von Bauverfahren. Grundlagen, Methodik und Anwendung. Diplomarbeit. S. 34ff.

⁹² HECK, D.; LANG, W.: Baubetriebslehre VU (Master). Skriptum. S. 25f.

⁹³ HECK, D.; LANG, W.: Baubetriebslehre VU (Master). Skriptum. S. 27ff.

⁹⁴ HECK, D.; LANG, W.: Baubetriebslehre VU (Master). Skriptum. S. 31ff.

Einige dieser Methoden sind, mit kleineren Anpassungen, gut für die Wahl der Aufstiegsmöglichkeit anwendbar. Besondere Vorteile bieten die Kritische Leistungsmenge und die Nutzwertanalyse, auf die im Nachstehenden näher eingegangen wird.

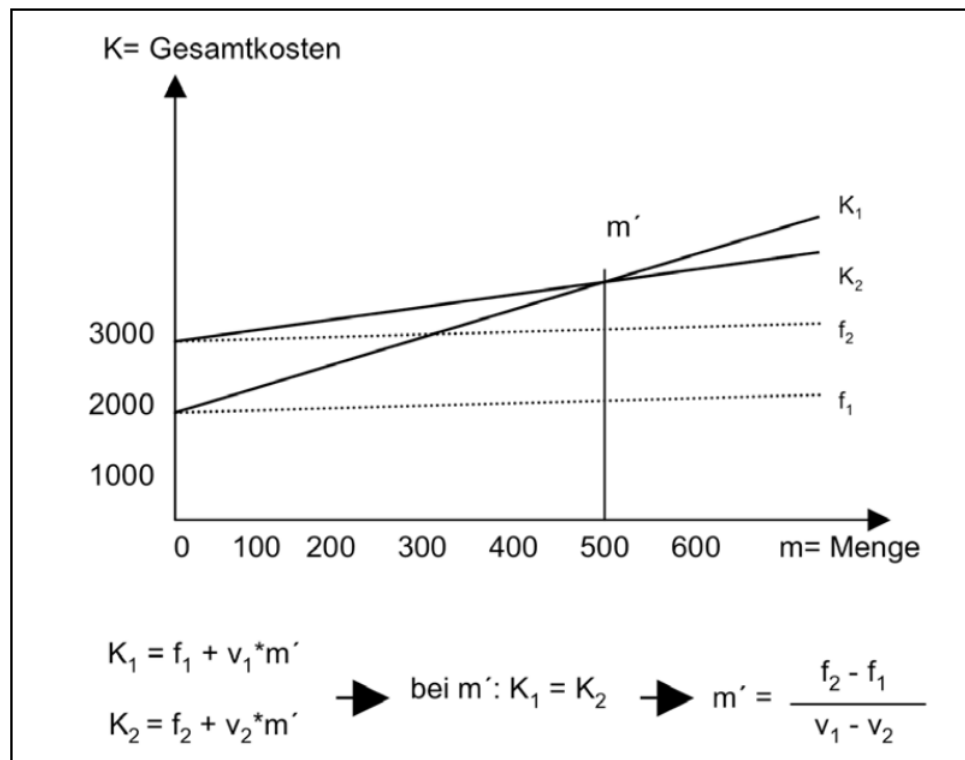
2.5.3.1.1 Kritische Leistungsmenge⁹⁵

Durch die kritische Leistungsmenge wird ausgedrückt ab wann ein Verfahren günstiger ist als das andere. Zu beachten ist, dass hier nur die finanziellen Faktoren berücksichtigt werden.

Grundsätzlich werden die einzelnen Verfahren grafisch durch Kostenkurven dargestellt, wobei das günstigste Verfahren, durch eine Kostenkurve dargestellt wird, die unter den anderen liegt. Sobald dieses Verfahren jedoch von einer anderen Variante geschnitten wird, erhält man an diesem Punkt die kritische Menge. Ab diesem Punkt ist das andere Verfahren das billigere. (Vgl. Abbildung 26)

Grundsätzlich wird die Ermittlung der kritischen Leistungsmenge häufig in der stationären Industrie angewendet. Hier werden statt unterschiedlichen Verfahren, Fertigungsprozesse mit differenzierten Bedingungen miteinander verglichen. Bei Fertigungsverfahren entstehen die Kosten grundsätzlich durch fixe und variable Kosten, wobei sich somit der Preis pro Stück je nach Produktionsmenge ändern kann.

⁹⁵ Vgl.: LANG, W.: Verfahrensvergleiche zur optimalen Auswahl von Bauverfahren. Grundlagen, Methodik und Anwendung. Diplomarbeit. S. 44ff.

Abbildung 26: Ermittlung der kritischen Menge⁹⁶

Diese Art des Verfahrensvergleiches scheint nun in erster Linie etwas unbrauchbar beim Vergleich von Aufstiegsmöglichkeiten, aber wenn man gewisse Parameter ersetzt bzw. hinzufügt, kann dieses Instrument optimal genutzt werden.

Grundsätzlich sieht die Kostenkurve wie folgt aus:

$$K_x = f_x + v_x \cdot m^{97} \quad (1)$$

mit:

$f_x = \text{Fixkosten}$

$v_x = \text{variablen Kosten}$

$m = \text{Menge}$

Um mit dieser Formel die verschiedene Aufstiegsmöglichkeiten vergleichen zu können, wird sie durch den Faktor v_y erweitert.

$$K_x = f_x + v_x \cdot m + v_y \cdot m \quad (2)$$

⁹⁶ JOSCHKE, H.: Praktisches Lehrbuch der Betriebswirtschaft. S. 284

⁹⁷ Vgl. Abbildung 26

mit:

$$f_x = \text{Anschaffungskosten bzw. Mietkosten} * \text{Dauer} + \text{Aufbauzeit} * \text{MLP}$$

$$v_x = \text{Aufstiegszeit} * \text{MLP} * m$$

$$v_y = \text{Abstiegszeit} * \text{MLP}$$

$$m = \text{Anzahl der Auf - bzw. Abstiege}$$

An dieser Stelle sei erwähnt, dass nun zwar auch zeitliche Faktoren in der Formel enthalten sind, jedoch werden diese durch den Mittellohnpreis in Kosten ausgedrückt, was wiederum dazu führt, der Vergleich rein finanzielle Anforderungen berücksichtigt. Technische Kriterien, Sicherheitsvorschriften sowie Produktivitätsverluste werden hier nicht einkalkuliert.

2.5.3.2 Nutzwertanalyse⁹⁸

Als zweites Instrument zum Vergleich von Bauverfahren ist hier die Nutzwertanalyse angeführt. Dieses Werkzeug wird in erster Linie dann eingesetzt, wenn die Entscheidungsgrundlage nicht nur in Geld ausgedrückt werden kann. Die Nutzwertanalyse erlaubt durch ihre punktweise Bewertung eine Berücksichtigung eines mehrdimensionalen Zielsystems. Die Teilziele werden namentlich zusammengefasst und in Bezug auf den Gesamtnutzen gewichtet. Jedes Teilziel einer Variante wird anschließend durch Nutzenpunkte bewertet, die wiederum multipliziert mit der Gewichtung zu den gewichteten Nutzenpunkten führen. Durch das Zusammenzählen dieser Werte ergibt sich der Gesamtnutzwert je Verfahren.

Abbildung 27 zeigt eine exemplarische Darstellung einer Nutzwertanalyse anhand eines Grabgerätes.

⁹⁸ Vgl.: LANG, W.: Verfahrensvergleiche zur optimalen Auswahl von Bauverfahren. Grundlagen, Methodik und Anwendung. Diplomarbeit. S. 51ff.

Auswahlkriterien	R	Bagger 1		Bagger 2		Bagger 3	
		B	Z	B	Z	B	Z
1. Technische Faktoren							
Schaufelvolumen	4	2	8	2	8	4	16
Leistungswert	10	2	20	2	20	4	40
2. Umweltbedingte Faktoren							
Lärmentwicklung	5	2	10	2	10	1	5
Dieserverbrauch	7	1	7	1	7	-3	-21
3. Baubetriebliche Faktoren							
Qualifikation der Arbeitskräfte	10	1	10	1	10	1	10
Erreichbarkeit der Arbeitsstelle	10	4	40	2	20	2	20
4. Bauwirtschaftliche Faktoren							
Gerätemiete	10	1	10	2	20	-3	-30
Reparaturkosten	5	1	5	1	5	1	5
Dieserverbrauch	5	1	5	1	5	-3	-15
Summe Bewertungszahlen		115		105		30	
Rangfolge		1		2		3	

R = Relevanzfaktor

Skala 1-10, z.B.

1-3 weniger wichtig

4-7 wichtig

8-10 sehr wichtig

B = Bewertungsfaktor

Relative Vorzugswürdigkeit
der einzelnen Alternativen

4 = gut

2 = befriedigend

1 = ausreichend

-3 = ungenügend

-5 = nicht genügend

Z = Einzelbewertungszahl

Abbildung 27: Nutzwertanalyse für die Auswahl eines Grabgerätes⁹⁹

Grundsätzlich arbeitet man bei der Durchführung einer Nutzwertanalyse folgende Schritte ab:

Schritt 1: Kriterienauswahl

Zu aller erst werden die Kriterien, die für die Verfahrenswahl wichtig sind, definiert.

Schritt 2: Relevanzfaktor

Im zweiten Schritt werden die Kriterien, die im ersten Schritt gefunden wurden, gewichtet.

Schritt 3: Bewertungsfaktor

Die einzelnen Kriterien werden für das Verfahren bewertet.

⁹⁹ BRAMSEMANN, R.: Handbuch Controlling - Methoden und Techniken. S. 271.

Schritt 4: Einzelbewertungszahl berechnen

Die Bewertungsfaktoren werden mit Relevanzfaktoren multipliziert und ergeben so die Einzelbewertungszahl.

Schritt 5: Nutzwert berechnen

Durch Addition der Einzelbewertungszahlen, ergibt sich der Nutzwert pro Verfahren.

Schritt 6: Rangfolge

Die Nutzwerte sind ihrer Höhe nach zu reihen. Das Verfahren mit dem höchsten Nutzwert wird gewählt.

Dieses Instrument eignet sich gut für den Vergleich von verschiedenen Aufstiegsmöglichkeiten, wobei die Kriterien und Gewichtungen später durch Expertenbefragungen eruiert werden.

2.6 Medizinische und physiologische Grundlagen

Um die verschiedenen Aufstiegsmöglichkeiten hinsichtlich ihrer Belastung und Beanspruchung bewerten zu können, werden hier grundlegende Begriffe und wesentliche Inhalte der Thematik erklärt.

2.6.1 Das Belastungs- Beanspruchungskonzept

Jede Belastung auf einen Menschen mit individuellen Eigenschaften, Fähigkeiten, Fertigkeiten und Bedürfnissen führt zu einer Beanspruchung der Person.¹⁰⁰ Abbildung 28 gibt einen Überblick über diesen Zusammenhang.



Abbildung 28: Das einfache Belastungs- Beanspruchungs-Konzept (ROHMERT 1983)¹⁰¹

ROHMERT stellt in seinem Konzept Belastung und Beanspruchung in einen Ursache-Wirkungs-Zusammenhang, wobei seine Überlegungen auf die technische Mechanik zurückzuführen sind.

Er setzt die Belastung mit allen äußeren Einwirkungen und Beanspruchungen mit den daraus resultierenden Spannungen gleich. Zusätzlich hängt die Beanspruchung auch noch von den Eigenschaften, sowohl Material- als auch Geometriebezogen, ab. Somit kann dieselbe Belastung bei unterschiedlichen Individuen zu anderen Beanspruchungen führen. Abbildung 29 zeigt dieses Verhalten. Desto dehnbarer die Feder ist, desto geringer ist die Beanspruchung bei konstanter Belastung.

¹⁰⁰ Vgl. SCHLICK, C.; BRUDER, R.; LUCZAK, H.: Arbeitswissenschaft. 3. Auflage. S. 39.

¹⁰¹ Entnommen aus: SCHLICK, C.; BRUDER, R.; LUCZAK, H.: Arbeitswissenschaft. 3. Auflage. S. 39.

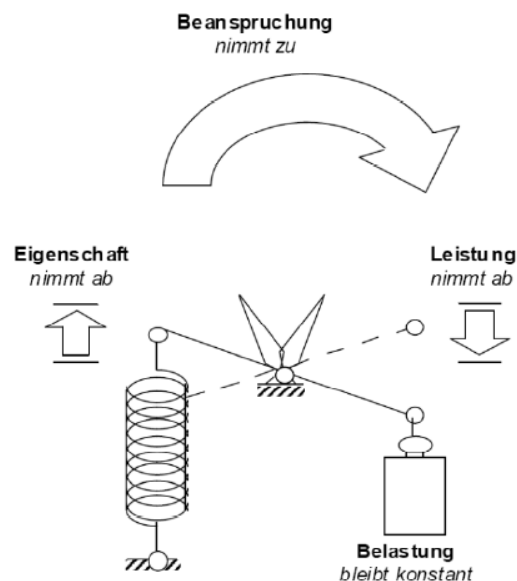


Abbildung 29: Mechanisches Ersatzmodell zum Belastungs-Beanspruchungs-Konzept (aus ROHMERT 1984)¹⁰²

Somit ist auch bei Arbeitern zu beachten, dass durch ihre individuellen Eigenschaften und Fähigkeiten der Person unterschiedliche Beanspruchungen entstehen. Dies wird mittels Beanspruchungsgrößen, auf die im Nachfolgenden noch näher eingegangen wird, berücksichtigt.

2.6.2 Der Energieverbrauch von Individuen

Grundsätzlich verbraucht jedes Individuum bei körperlicher Tätigkeit Energie. Somit tritt bei jedem Menschen, je nach Qualität, Quantität, Intensität und Dauer der Aktivität, früher oder später ein Ermüdungsgefühl ein.¹⁰³

Aber damit eine körperliche Aktivität überhaupt erst ausgeführt werden kann, muss der Energieträger Adenosintriphosphat (ATP) in ausreichender Menge in den Zellen der Skelettmuskulatur vorhanden sein. Diese energiereiche Phosphatverbindung ist hingegen in den Muskelzellen selbst nur in kleinen Mengen vorhanden. Um die körperliche Belastung auch nach dem Verbrauch der geringen Menge ausführen zu können, wird die Muskelzelle durch das Blutkreislaufsystem mit ATP-Nachschub versorgt.¹⁰⁴

¹⁰² SCHLICK, C.; BRUDER, R.; LUCZAK, H.: Arbeitswissenschaft. 3. Auflage. S. 39.

¹⁰³ Vgl.: HOLLMANN, W.; STRÜDER, H. K.: Sportmedizin. Grundlagen für körperliche Aktivität, Training und Präventivmedizin. 5. Auflage. S. 128f zitiert bei SCHLAGBAUER, D.: Entscheidungsgrundlagen für Arbeitszeitgestaltung. Entwicklung einer Systematik zur Vorhersage des Leistungsrückgangs auf Basis physiologischer Grundlagen und Darstellung der Anwendung im Mauerwerksbau. Dissertation. S. 20.

¹⁰⁴ Vgl.: SCHLAGBAUER, D.: Entscheidungsgrundlagen für Arbeitszeitgestaltung. Entwicklung einer Systematik zur Vorhersage des Leistungsrückgangs auf Basis physiologischer Grundlagen und Darstellung der Anwendung im Mauerwerksbau. Dissertation. S. 20 sowie https://www.gesundheit.gv.at/Portal.Node/ghp/public/content/Muskeln_Energie.html. Datum des Zugriffs: 26.Juli.2013, 15:10 Uhr.

Grundsätzlich kann die ATP-Produktion sowohl mit als auch ohne Sauerstoff erfolgen. Im Normalfall erfolgt die Energieerzeugung über den sauerstoffverbrauchenden Stoffwechsel (aerob), bei dem Fettsäuren und Glukose verbrannt werden. Diese Art von ATP-Produktion kann längerfristig durchgeführt werden und liefert genügend Energie für mäßig anstrengende Bewegungen. Die zweite Möglichkeit ist die Energiebereitstellung ohne Sauerstoff (anaerob), welche aber nur kurzfristig (ca. 3 Minuten) Energie liefert. Dies passiert zum Beispiel, wenn durch eine intensive körperliche Aktivität mehr Energie benötigt wird, als die Verbrennung liefern kann.¹⁰⁵

In Anbetracht dieser zwei Arten der ATP-Produktion unterscheiden POKAN et al. drei Phasen der Energiebereitstellung:

1. „Aerobe Phase
2. Aerob-anaerobe Übergangsphase
3. Anaerobe Phase“¹⁰⁶

Im Zuge dieser drei Phasen verändern sich die physiologischen Parameter wie in Abbildung 30 ersichtlich.

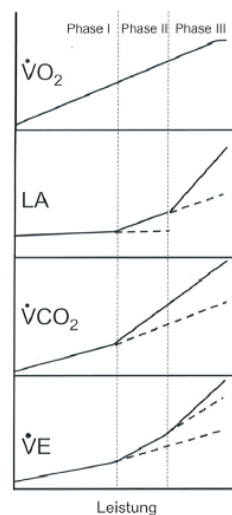


Abbildung 30: Die Phasen der Energiebereitstellung: $\dot{V}O_2$ (Sauerstoffaufnahme), LA (Blutlaktatkonzentration), $\dot{V}CO_2$ (Kohlendioxidabgabe), $\dot{V}E$ (Ventilation = Atemvolumen)¹⁰⁷

¹⁰⁵Vgl.: SCHLAGBAUER, D.: Entscheidungsgrundlagen für Arbeitszeitgestaltung. Entwicklung einer Systematik zur Vorhersage des Leistungsrückgangs auf Basis physiologischer Grundlagen und Darstellung der Anwendung im Mauerwerksbau. Dissertation. S. 21 sowie https://www.gesundheit.gv.at/Portal.Node/ghp/public/content/Muskeln_Energie.html. Datum des Zugriffs: 26.Juli.2013, 15:10 Uhr

¹⁰⁶Pokan, R. et al.: Dreiphasigkeit der Energiebereitstellung, S39 in Pokan, R.; Hofmann, P.; Wonisch, M. (Hrsg.): Kompendium der Sportmedizin, Physiologie, innere Medizin und Pädiatrie; Springer, Wien New York 2004, S. 39-82

¹⁰⁷POKAN, R.; HOFMANN, P.; WONISCH, M.: Dreiphasigkeit der Energiebereitstellung. In: Kompendium der Sportmedizin. Physiologie, innere Medizin und Pädiatrie. S. 40.

Abbildung 30 zeigt, dass die Sauerstoffaufnahme als einziger Parameter linear über alle drei Phasen zunimmt. An dieser Stelle sei vor allem Phase I beachtet, bei welcher unter anderem der LTP1 (first lactate turnpoint)¹⁰⁸ die obere Schwelle darstellt, da bis zum Erreichen dieser Grenze eine aerobe Energieerzeugung erfolgt. Das heißt bis zu diesem Wert wird die ATP-Produktion durch den Stoffwechsel von Fettsäure und Glukose mit Hilfe von Sauerstoff gewährleistet.

Die Blutlaktatkonzentration und das Atemvolumen weisen hingegen in Abbildung 30 bei jedem Phasenübergang einen Knick auf und die Kohlendioxidabgabe steigt überproportional beim Wechsel von Phase I auf Phase II.

2.6.3 Bestimmung von Leistungs- und Beanspruchungskennwerten

Im Nachfolgenden werden die Berechnungsformeln für die Leistungs- und Beanspruchungskennwerte, die im Zuge dieser Arbeit behandelt werden, vorgestellt.

2.6.3.1 Leistungskennwerte

1. Maximale Leistung (P_{max})

Die maximale Leistung (P_{max}) ist ein wesentlicher Parameter für die körperliche Leistungsfähigkeit eines Menschen. Sie berechnet sich für Männer wie folgt:¹⁰⁹

$$P_{max,calc} = 6,773 + 136,141 * KO - 0,916 * KO * A \quad (3)$$

mit:

$$KO = 0,00714 * W^{0,425} * H^{0,725} \quad (4)$$

mit:

$KO = \text{Körpergewicht [m}^2\text{]}$

$W = \text{Gewicht [kg]}$

$H = \text{Größe [cm]}$

$A = \text{Alter [Jahren]}$

¹⁰⁸Vgl.: POKAN, R.; HOFMANN, P.; WONISCH, M.: Dreiphasigkeit der Energiebereitstellung. In: Kompendium der Sportmedizin. Physiologie, innere Medizin und Pädiatrie. S. 39ff.

¹⁰⁹ Entnommen aus: SCHLAGBAUER, D.: Entscheidungsgrundlagen für Arbeitszeitgestaltung. Entwicklung einer Systematik zur Vorhersage des Leistungsrückgangs auf Basis physiologischer Grundlagen und Darstellung der Anwendung im Mauerwerksbau. Dissertation. S. 23.

2.6.3.2 Beanspruchungskennwerte¹¹⁰

Grundsätzlich können die maximalen Beanspruchungsgrenzen für den einzelnen Menschen durch Laboruntersuchungen oder Berechnungsmethoden bestimmt werden.

Für die Untersuchungen im Rahmen des Forschungsprojektes werden diese Parameter mittels Formeln aus der Literatur berechnet. SCHLAGBAUER¹¹¹ hat in seiner Dissertation folgende Beanspruchungskenngrößen mit den dazugehörigen Grenzen behandelt:

- Herzfrequenzschwellenwerte
 - Maximale Herzfrequenz (HF_{max})
 - Herzfrequenz am „first lactate turnpoint“ (HF_{LTP1})
 - Herzfrequenz am “second lactate turnpoint” (HF_{LTP2})
- Maximale Sauerstoffaufnahme ($\dot{V}O_{2,max}$)
 - maximaler Energieumsatz (EU_{max})

Im Zuge des Forschungsprojektes werden nur einige dieser Parameter für den Vergleich berücksichtigt. Diese werden nachfolgend näher erläutert.

1. Maximale Herzfrequenz (HF_{max})

SCHLAGBAUER bezieht sich in seiner Arbeit auf NIEDERKOFLER¹¹², der insgesamt 11 verschiedene Berechnungsmethoden vergleicht und anhand von 76 Probanden verifiziert.

Schlussendlich wurde die nachfolgende Formel zur Berechnung der maximalen Herzfrequenz am realistischsten eingestuft, die dann auch SCHLAGBAUER im Rahmen seiner Dissertation verwendet hat.

$$HF_{max} = 211,30 - 0,922 * \text{Alter} \quad (5)$$

¹¹⁰ Vgl.: SCHLAGBAUER, D.: Entscheidungsgrundlagen für Arbeitszeitgestaltung. Entwicklung einer Systematik zur Vorhersage des Leistungsrückgangs auf Basis physiologischer Grundlagen und Darstellung der Anwendung im Mauerwerksbau. Dissertation. S. 23ff.

¹¹¹ Entnommen aus: SCHLAGBAUER, D.: Entscheidungsgrundlagen für Arbeitszeitgestaltung. Entwicklung einer Systematik zur Vorhersage des Leistungsrückgangs auf Basis physiologischer Grundlagen und Darstellung der Anwendung im Mauerwerksbau. Dissertation. S. 24.

¹¹² Vgl.: NIEDERKOFLER, W.: Das Konzept der individuellen Physical Working Capacity. Dissertation. S. 1ff zitiert bei SCHLAGBAUER, D.: Entscheidungsgrundlagen für Arbeitszeitgestaltung. Entwicklung einer Systematik zur Vorhersage des Leistungsrückgangs auf Basis physiologischer Grundlagen und Darstellung der Anwendung im Mauerwerksbau. Dissertation. S. 24ff.

2. Herzfrequenz am LTP1 (HF_{LTP1})

Da es bisher keine allgemeine Berechnungsformel für diesen Parameter gab, hat SCHLAGBAUER¹¹³ im Zuge seiner Forschung 7 Studien miteinander verglichen und daraus eine Formel zur näherungsweise Bestimmung des HF_{LTP1} abgeleitet.

$$HF_{LTP1} = 2,420 + HF_{max} * 0,635 + P_{max} * 0,18 \quad (6)$$

SCHLAGBAUER hat die Herzfrequenz am LTP1 im Rahmen seiner Forschungsarbeit an 21 Probanden gemessen und anschließend mit den berechneten Werten verglichen und konnte somit die ausreichende Genauigkeit seiner Formel bestätigen.

2.6.4 Beanspruchungsgrenzen

Sobald die aus der Belastung resultierende Beanspruchung die individuellen Grenzwerte überschreitet, tritt eine Ermüdung ein. Bei Erreichung dieser Werte wird ein Arbeitsleistungsrückgang erwartet oder es müssen Pausen eingelegt werden.

Um über einen langen Zeitraum hindurch konstant dieselbe Leistung zu erbringen und unnötige Arbeitsunfälle zu vermeiden, ist es notwendig, dass der Arbeiter im Durchschnitt eines Arbeitstages oder zumindest über einen längeren Zeitraum (Arbeitswoche oder Arbeitsmonat) im Schnitt keine höhere Beanspruchung erreicht, als die Beanspruchungsgrenze seiner Dauerleistungsfähigkeit.¹¹⁴

¹¹³ SCHLAGBAUER, D.: Entscheidungsgrundlagen für Arbeitszeitgestaltung. Entwicklung einer Systematik zur Vorhersage des Leistungsrückgangs auf Basis physiologischer Grundlagen und Darstellung der Anwendung im Mauerwerksbau. Dissertation. S. 25ff.

¹¹⁴ Vgl.: SCHLAGBAUER, D.: Entscheidungsgrundlagen für Arbeitszeitgestaltung. Entwicklung einer Systematik zur Vorhersage des Leistungsrückgangs auf Basis physiologischer Grundlagen und Darstellung der Anwendung im Mauerwerksbau. Dissertation. S. 29f.

SCHLAGBAUER¹¹⁵ fasst in seiner Arbeit folgende Berechnungsmethoden zur Ermittlung der individuellen Beanspruchungswerte in Bezug auf die Herzfrequenz (HF) zur Vermeidung von Ermüdungserscheinungen zusammen:

$$HF_{ind.Grenz,I} = HF_{LTP1}^{116} \quad (7)$$

$$HF_{ind.Grenz,II} = HF_{rest} + 40 \text{ S/min}^{117} \quad (8)$$

Im Zuge dieser Arbeit wird die gemessene Herzfrequenz mit dem HF_{LTP1} verglichen, um die Anstrengung der Aufstiegshilfe zu beurteilen.

2.7 Grundlagen und Begriffe der Arbeitsablaufbeobachtung

Die Arbeitsablaufbeobachtung im Rahmen dieser Arbeit basiert auf den auf den Grundlagen nach REFA¹¹⁸.

2.7.1 Arbeitsablaufschritte nach REFA

Generell beschäftigt sich REFA unter anderem mit der Datenermittlung bei Arbeitsabläufen und unterscheidet für die Erhebung die folgenden Ablaufschritte:

Makro-Ablaufschritte	Mikro-Ablaufschritte
- Gesamtablauf	- Vorgang
- Teiltablauf	- Teilvorgang
- Ablaufstufe	- Vorgangstufe
- Vorgang (=Ablaufelement)	- Vorgangselement

Tabelle 1: Arbeitsablaufschritte nach REFA¹¹⁹

¹¹⁵ Vgl.: SCHLAGBAUER, D.: Entscheidungsgrundlagen für Arbeitszeitgestaltung. Entwicklung einer Systematik zur Vorhersage des Leistungsrückgangs auf Basis physiologischer Grundlagen und Darstellung der Anwendung im Mauerwerksbau. Dissertation. S. 30.

¹¹⁶ SCHLAGBAUER, D.: Entscheidungsgrundlagen für Arbeitszeitgestaltung. Entwicklung einer Systematik zur Vorhersage des Leistungsrückgangs auf Basis physiologischer Grundlagen und Darstellung der Anwendung im Mauerwerksbau. Dissertation. S. 30.

¹¹⁷ Nach KUHMAN, A.: Introduction to safety science. S. 1ff und MÜLLER, E.: Occupational work capacity. In: Ergonomics. 5. Auflage. S. 445-452 gefunden in ABDELHAMID, T.; EVERETT, J.: Physiological Demands of Concrete Slab Placing and Finishing Work. In: Journal of Engineering and Management Jg. 125, 1999. S. 47-52 zitiert bei SCHLAGBAUER, D.: Entscheidungsgrundlagen für Arbeitszeitgestaltung. Entwicklung einer Systematik zur Vorhersage des Leistungsrückgangs auf Basis physiologischer Grundlagen und Darstellung der Anwendung im Mauerwerksbau. Dissertation. S. 30.

¹¹⁸ REFA-VERBAND FÜR ARBEITSSTUDIEN UND BETRIEBSORGANISATION E.V.: Teil2: Datenermittlung. In: REFA in der Baupraxis. S. 11ff.

¹¹⁹ Vgl.: REFA-VERBAND FÜR ARBEITSSTUDIEN UND BETRIEBSORGANISATION E.V.: Teil2: Datenermittlung. In: REFA in der Baupraxis. S. 13

Anhand von Abbildung 31 sollen diese Ablaufschritte am Beispiel einer Wohnblockerstellung erläutert werden.

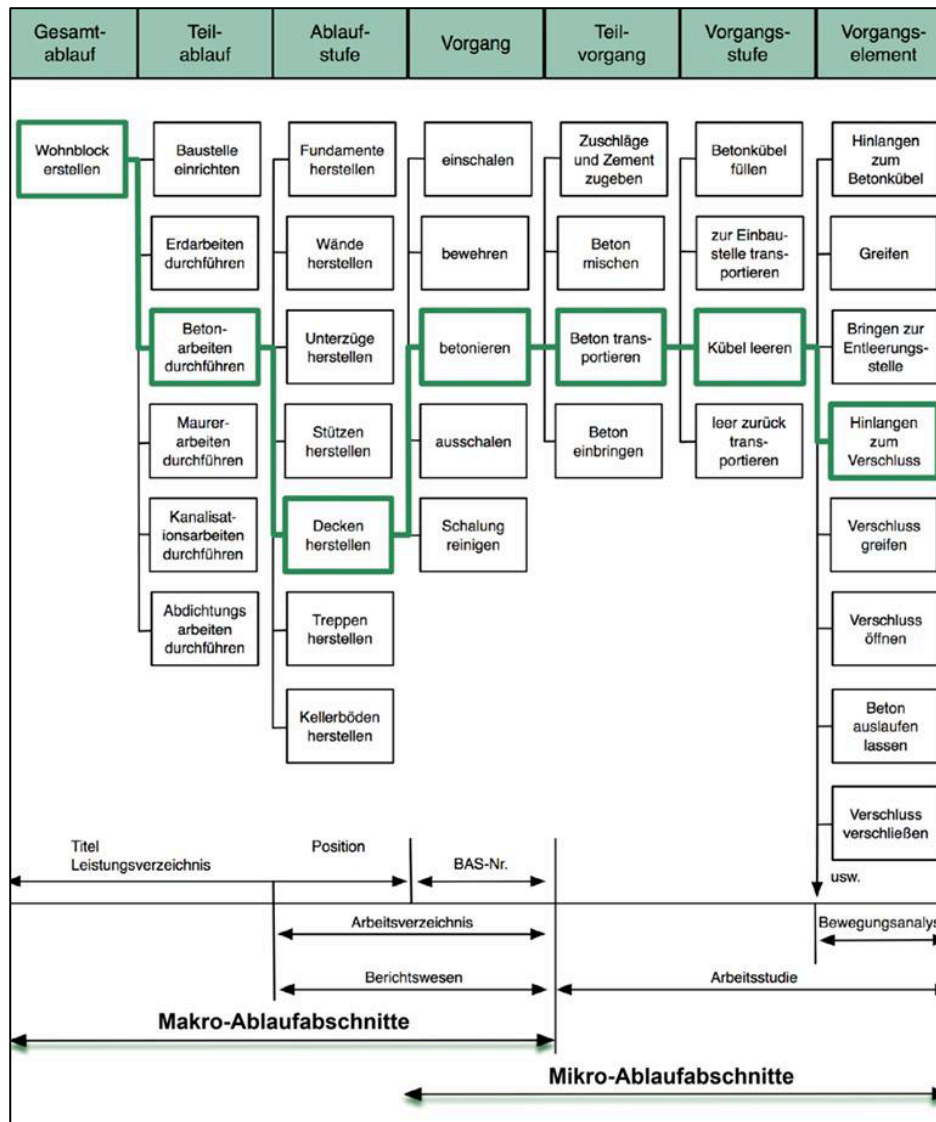


Abbildung 31: Gliederung des Arbeitsablaufs¹²⁰

Beim Auf- bzw. Abstieg über die verschiedenen Aufstiegsmöglichkeiten handelt es sich grundsätzlich um Teilvorgänge, die genauer, wie folgt, definiert sind:

„Teilvorgänge bestehen aus mehreren Vorgangsstufen, die wegen der besseren Überschaubarkeit als Teil der Arbeitsaufgabe zusammengefasst werden.

Bsp. Beton mischen¹²¹

¹²⁰ REFA-VERBAND FÜR ARBEITSSTUDIEN UND BETRIEBSORGANISATION E.V.: REFA in der Baupraxis. Teil1: Grundlagen. S. 58.

¹²¹ REFA-VERBAND FÜR ARBEITSSTUDIEN UND BETRIEBSORGANISATION E.V.: Teil2: Datenermittlung. In: REFA in der Baupraxis. S. 14f.

2.7.2 Beobachtungsmethoden nach REFA

REFA unterscheidet für die Aufzeichnung der Arbeitsabläufe grundsätzlich zwei Methoden:

1. Einzelzeitaufnahme (EZA)¹²²
2. Multimomentaufnahme (MMA)¹²³

In der Regel sind Bauarbeiten Gruppenarbeiten, weshalb die Multimomentaufnahme häufiger angewendet wird. Aber da im Zuge der Untersuchungen die Auf- und Abstiegszeiten im Einzelnen gemessen werden, kommt, wie der Name bereits verrät, die Einzelzeitaufnahme zum Einsatz.¹²⁴

Bei der Einzelzeitaufnahme werden bestimmte Arbeitsablaufsnitte beobachtet und zeitgleich ihre Dauer gemessen. Grundsätzlich werden die einzelnen Daten dann vereint, um den gesamten Beobachtungszeitraum darzustellen. Im Zuge dieser Arbeit werden die Zeiten, auf eigens dafür kreierten Versuchsbaustellen gemessen, wodurch die einzelnen Messungen nicht zusammengefasst werden.

2.8 Grundlagen und Begriffe der Zeiterfassung

Ein großer Aufgabenbereich dieser Arbeit ist die Erfassung der erforderlichen Zeiten der einzelnen Aufstiegsmöglichkeiten. Dies umfasst sowohl die Zeiten während der Nutzung als auch davor und danach. Da es hierzu wenig bis gar keine vorhandenen Definitionen gibt, werden diese im nachfolgenden bestimmt.

2.8.1 Nutzungsdauer

Zeit, in der ein Gerät wirtschaftlich eingesetzt werden kann.¹²⁵

2.8.2 Aufbauzeit (auch genannt Montagezeit)

Ist die Zeit, die nötig ist, um die Aufstiegshilfe aufzubauen, damit diese für den vertikalen Aufstieg genutzt werden kann.

¹²² REFA-VERBAND FÜR ARBEITSSTUDIEN UND BETRIEBSORGANISATION E.V.: Teil2: Datenermittlung. In: REFA in der Baupraxis. S. 53ff.

¹²³ REFA-VERBAND FÜR ARBEITSSTUDIEN UND BETRIEBSORGANISATION E.V.: Teil2: Datenermittlung. In: REFA in der Baupraxis. S. 65ff.

¹²⁴ Nähere Informationen zur Multimomentaufnahme können aus REFA-VERBAND FÜR ARBEITSSTUDIEN UND BETRIEBSORGANISATION E.V.: Teil2: Datenermittlung. In: REFA in der Baupraxis. S. 65ff..

¹²⁵ REFA-VERBAND FÜR ARBEITSSTUDIEN UND BETRIEBSORGANISATION E.V.: Teil2: Datenermittlung. In: REFA in der Baupraxis. S. 34.

2.8.3 Abbauzzeit

Ist die Zeit, die nötig ist, um die Aufstiegshilfe vollständig abzubauen.

2.8.4 Aufstiegszeit

Ist die Zeit, die ein Proband benötigt, um nach oben zu gelangen.

2.8.5 Abstiegszeit

Ist die Zeit, die ein Proband benötigt, um nach unten zu gelangen.

2.8.6 Einsatzhäufigkeiten

Die Einsatzhäufigkeit gibt an, wie oft die Leiter/die im Gerüst integrierte Aufstiegsmöglichkeit/der Treppenturm genutzt wird. Diese Angabe kann in Anzahl der Baustellen erfolgen.

2.8.7 Einsatzdauer

Gibt an, wie lange eine Leiter/eine im Gerüst integrierte Aufstiegsmöglichkeit/ein Treppenturm nach dem Aufbau auf einer Baustelle verwendet wird, bevor sie/er wieder abgebaut wird.

2.9 Grundlagen und Begriffe der Verkehrswege

Im Zuge dieser Arbeit werden die Verkehrswege auf den verschiedenen Aufstiegshilfen miteinander verglichen. Hier werden im Rahmen der Untersuchungen zwei Arten unterschieden, wobei es derzeit keine Definition gibt, weshalb eine Bestimmung dieser nachstehend erfolgt.

2.9.1 Personenverkehrswege

Sind Wege, die von Personen zurückgelegt werden, um von einem Punkt zu einem anderen zu gelangen.

2.9.2 Transportverkehrswege

Sind Wege, die von Personen zurückgelegt werden, um ein Material oder Ähnliches von einem Punkt zu einem anderen zu transportieren.

3 Datenerhebung und Untersuchungsablauf

Um bewerten zu können, welche der drei Aufstiegsmöglichkeiten die wirtschaftlichste ist, müssen verschiedene Daten aus verschiedenen Bereichen erhoben werden. Ziel ist es, die Beurteilung anhand einer modifizierten kritischen Leistungsmenge (Vgl. Kapitel 2.5.3.1.1) und einer Nutzwertanalyse (Vgl. Kapitel 2.5.1.1) durchzuführen. Die Datenerhebung gliedert sich grob in drei Teilbereiche, wie in Abbildung 32 ersichtlich.

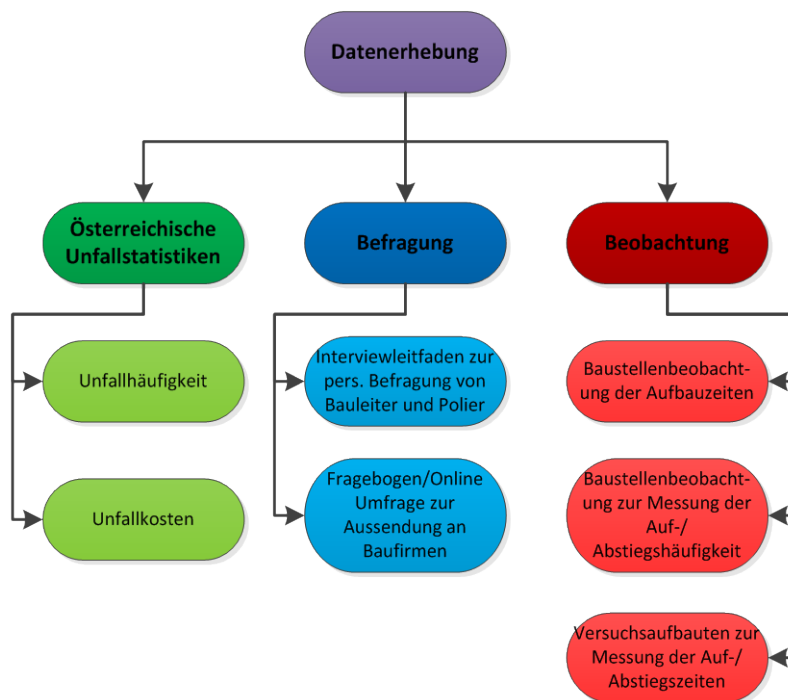


Abbildung 32: Teilgebiete der Datenerhebung

3.1 Untersuchungsablauf

Im Nachfolgenden werden die Abläufe der Datenerhebung mit den nötigen Instrumenten der Datenerfassung dargestellt, um einen Überblick über die im Anschluss folgende Datenerfassung, aufgegliedert in die drei Teilbereiche, zu geben.

3.1.1 Untersuchungsablauf der Österreichischen Unfallstatistiken

Für die Erfassung der österreichischen Unfallstatistiken werden Daten der AU-VA und der BUAK, wie in Abbildung 33 ersichtlich, erfasst.

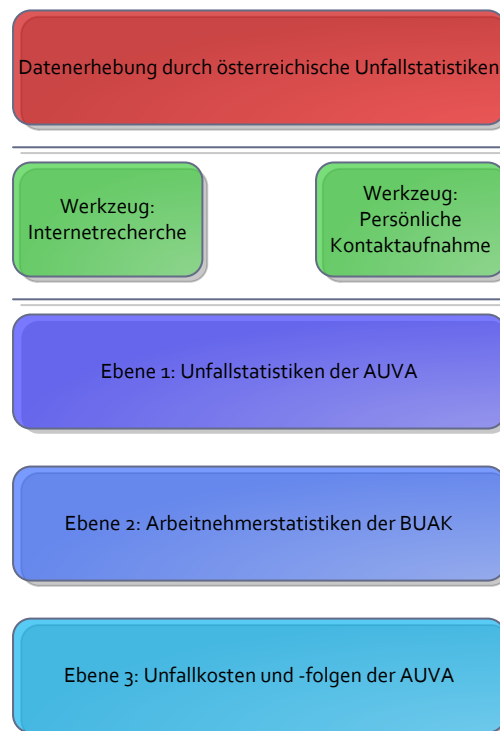


Abbildung 33: Untersuchungsablauf im Bezug auf die österreichischen Unfallstatistiken

Die Datenerhebung erfolgt zum einen über die Recherche im Internet und zum anderen durch persönliche Kontaktaufnahme zur Erstellung der benötigten Statistiken. Weiters werden in erster Linie Unfallzahlen sowie die Art der Unfälle, erfasst durch die AUVA, analysiert, die durch die Arbeitnehmerzahlen der BUAk ergänzt werden. In zweiter Instanz werden Unfallkosten und –folgen von der AUVA bezogen und untersucht.

3.1.2 Untersuchungsablauf der Befragung

Im zweiten Schritt der Datenerhebung erfolgt eine Befragung von erfahrenen Personen des Bauwesens, die Informationen, die nicht durch Recherche ermittelbar sind, liefern.

In erster Linie macht es nur Sinn, Personen zu befragen, die sich mit den verschiedenen Aufstiegsmöglichkeiten bzw. mit der Arbeitsvorbereitung oder Bauausführung beschäftigen. Hierfür wurden vorweg folgende Stakeholder definiert:

- Geschäftsführung
- Kalkulant
- Bauleiter
- Polier

Da nicht alle der oben genannten Personen auf dieselbe Art und Weise erreichbar sind, wurde beschlossen, hier zwei Befragungskategorien zu unterscheiden:

- Polier/Bauleiter
- Baufirmen (Kalkulant, Geschäftsführung)

Abbildung 34 stellt den Umfang der Befragungen dar.

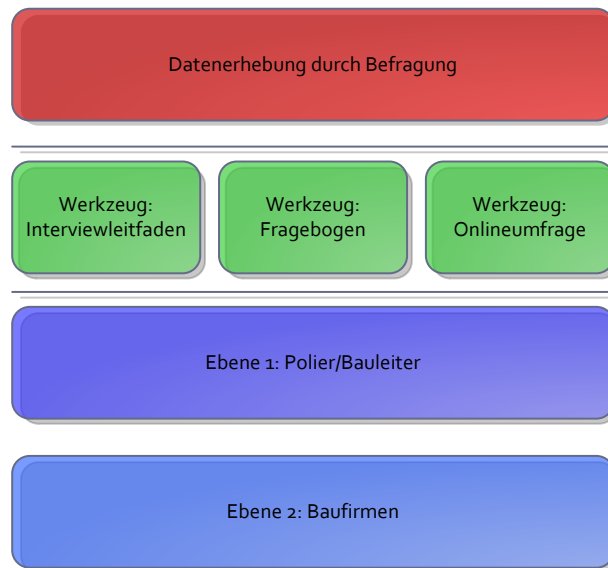


Abbildung 34: Untersuchungsablauf der Befragung

In der Kategorie Polier/Bauleiter werden in erster Linie baustellenspezifische Daten und Erfahrungswerte von Baustellen abgefragt. Um eine größere Masse zu erreichen, wurde hier wieder in zwei Arten der Datenerhebung unterschieden:

- Interviewleitfaden zur Befragung von Polier/Bauleiter
- Fragebogen zur Verteilung an Polier/Bauleiter

Zusätzlich zu diesen beiden Werkzeugen wurde noch ein Fragebogen bzw. ein Link zu einer Online-Befragung an Firmen aus der Baubranche ausgesendet. Hierdurch sollen vor allem Daten bezüglich Kosten und Inventar erhoben werden.

3.1.3 Untersuchungsablauf der Beobachtung

Grundsätzlich wurden bei diesem Abschnitt der Datenerhebung drei Beobachtungsebenen, wie in Abbildung 35 dargestellt, unterschieden.

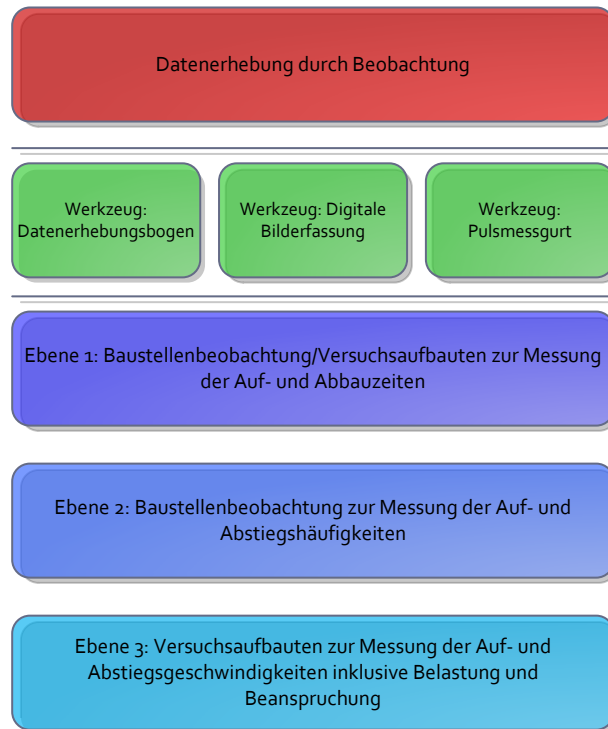


Abbildung 35: Untersuchungsablauf der Beobachtung

In erster Instanz befasst sich dieser Bereich der Datenerhebung mit der Erfassung von Auf- und Abbaueiten, die im Zuge des Lehrlingspraxistages in Guntramsdorf und während Baustellenbeobachtungen gemessen wurden. Dahingegen beschäftigt sich Ebene 2 mit der Erfassung der Auf- und Abstiegshäufigkeiten auf Baustellen im Hochbau, wobei die Datenerhebung im Zuge von Bachelorarbeiten¹²⁶ durchgeführt wurden.

Zur Erfassung der Auf- und Abstiege wurden den Studenten Datenerfassungsbögen (Vgl.: Abbildung 36 und Abbildung 37) sowie Videokameras bereitgestellt.

¹²⁶ LIPPITZ, J.: Baustellenbeobachtung - Einsatz von Treppentürmen im Hochbau. Bachelorarbeit. S. 1ff sowie GRIMMING, M.: Baustellenbeobachtung - Datenerhebung: Benützung von Treppentürmen im Hochbau. Bachelorarbeit. S. 1ff. sowie BUCHMAYER, E.: Baustellenbeobachtung. Erhebung der Auf- und Abstiegszahlen im Hochbau. Bachelorarbeit. S. 1ff.

Datenerhebungsblatt					
Art der Aufstiegsmöglichkeit:					
Daten zur Baustelle			Tagesablauf:		
Firma:		Anfangszeit		Endzeit	
Adresse:		Beginn:		-	
Art der Baustelle:		Pause1:			
Datum:		Pause2:			
Anzahl der Arbeiter (Gesamt):		Ende:		-	
Anzahl der zu überwindenden Stockwerke:					
Erfassung der Verkehrsströme					
Zeit	Anzahl der Aufstiege		Anzahl der Abstiege		
06:30-07:00					
07:00-07:30					
07:30-08:00					
08:00-08:30					
08:30-09:00					
09:00-09:30					
09:30-10:00					
10:00-10:30					
10:30-11:00					
11:00-11:30					
11:30-12:00					
12:00-12:30					
12:30-13:00					
13:00-13:30					
13:30-14:00					
14:00-14:30					
14:30-15:00					
15:00-15:30					
15:30-16:00					
16:00-16:30					
17:00-17:30					
17:30-18:00					
18:00-18:30					
händisch transportierte Materialien:					

Abbildung 36: Datenerhebungsblatt für die Baustellenbeobachtung (Seite 1)

Äußere Einflüsse			
	Luftgeschwindigkeit	relative Luftfeuchtigkeit	Temperatur
Startzeit			
Startzeit + 1h			
Startzeit + 2h			
Startzeit + 3h			
Startzeit + 4h			
Startzeit + 5h			
Startzeit + 6h			
Startzeit + 7h			
Startzeit + 8h			
Startzeit + 9h			
Startzeit + 10h			
Baustellenskizze			
Anmerkungen			

Abbildung 37: Datenerhebungsblatt für die Baustellenbeobachtung (Seite 2)

Das Datenerhebungsblatt dient zur Erfassung folgender Punkte:

- Allgemeine Baustelleninformationen (Adresse, Ort, Datum, Art der Aufstiegsmöglichkeit, Baustelleneinrichtung)
- Baustellenbeschreibung
- Arbeitsbeginn, -ende sowie Pausenzeiten
- Anzahl der Auf- und Abstiege
- händisch transportierte Materialien
- Äußere Einflüsse (Luftgeschwindigkeit, Luftfeuchtigkeit, Temperatur)

Der letzte Teil der Beobachtung dient der Messung der Auf- und Abstiegs- geschwindigkeiten, ergänzt durch die Zugehörigen Herzfrequenzen der Proban- den, um eine Aussage über die Belastung durch die jeweilige Aufstiegshilfe zu machen.

Um die Beanspruchungen festzustellen, müssen vorerst persönlichen Daten der Probanden zur Berechnung des HF_{LTP1}^{127} mit Hilfe des Datenerhebungs- blattes aus Abbildung 38 erfasst werden, damit dieser mit den gemessenen Herz- frequenzen verglichen werden kann und anhand des Videomaterials der Auf- stiegshilfe zugeordnet werden kann. Abbildung 38 zeigt den Datenerhebungs- bogen zur Erhebung der persönlichen Daten.

Datenerhebungsbogen für den Versuchstag							
Versuchsteilnehmer Gruppe 1-3					Datum:		
					Ort:		
Proband Nr.	Nr. Pulsmessgurt	Alter [a]	Größe [cm]	Gewicht [kg]	Raucher? [ja/nein]	Beruf	Anz. Sportliche Aktivität pro Woche

Abbildung 38: Datenerhebungsbogen zur Erfassung der persönlichen Daten

Weiters wurden zur Erfassung der Aufstiegszeiten Datenerhebungsblätter an- gefertigt, die die vorkonzipierten Szenarien enthalten und durch die jeweilige Aufstiegszeit während der Versuchstages ergänzt werden. (Vgl. Abbildung 39)

¹²⁷ Vgl. Kapitel 2.6 Medizinische und physiologische Grundlagen.

Datenerhebungsbogen für den Versuchstag										
Aufstiegsmethode 1:								Datum:		
Bezeichnung:				Ort:						
Nr.	Szenario	Aufstiegsh.	Material	Helfer	Personen 1	Gruppe 1 Dauer	Personen 2	Gruppe 2 Dauer	Personen 3	Gruppe 3 Dauer
1	1.2.2.a	1 Etage	-	-	A		A		A	
2	1.2.2.b	1 Etage	-	-	A-B-C-D		A-B-C-D		A-B-C-D	
3	1.2.2.c	1 Etage	-	-	2 x A-B-C-D (Gr 1+2)		2 x A-B-C-D (Gr 1+2)		-	
4	2.2.2.a	2 Etagen	-	-	B		D		C	
5	2.2.2.b	2 Etagen	-	-	A-B-C-D		A-B-C-D		A-B-C-D	
6	1.2.1.a	1 Etage	-	-	C-D		C-D		A-B	
7	1.2.1.d	1 Etage	-	-	3-D		3-A		3-B	
8	1.2.1.b	1 Etage	-	-	D-3		A-3		B-3	
9	2.2.1.a	2 Etagen	-	-	A-C		C-A		C-A	
10	2.2.1.d	2 Etagen	-	-	3-A		3-A		3-C	
11	2.2.1.b	2 Etagen	-	-	A-3		A-3		C-3	
12	1.1.2.a	1 Etage	Koffer	-	D		D		D	
13	1.1.2.b	1 Etage	Staffel	A	C+A		A+C		C+A	
14	2.1.2.a	2 Etagen	Koffer	-	A		A		A	
15	2.1.2.b	2 Etagen	Staffel	B1	D+B		B+D		B+D	
16	2.1.2.c	2 Etagen	Staffel	A,D	C+A		C+A		A+C	
17	1.1.1.a	1 Etage	Koffer- Handkreissäge	-	A-D		C-B		C-D	
18	1.1.1.b	1 Etage	Koffer-Staffel, Handkreissäge, Staffel	-	3-A		3-C		3-D	
19	1.1.1.d	1 Etage	Staffel, Handkreissäge, Staffel - Koffer	-	A-3		C-3		C-3	
20	1.1.1.c	1 Etage	Koffer, Staffel- Handkreissäge, Staffel	-	C,B-D,A		D,A-B,C		D,A-B,C	
21	2.1.1.a	2 Etagen	Koffer-Handkreissäge	-	D-C		B-A		A-B	
22	2.1.1.d	2 Etagen	Koffer-Staffel, Handkreissäge, Staffel	-	3-D		3-B		3-A	
23	2.1.1.b	2 Etagen	Staffel, Handkreissäge, Staffel - Koffer	-	D-3		B-3		A-3	
24	2.1.1.c	2 Etagen	Koffer, Staffel- Handkreissäge, Staffel	-	B,C-D,A		B,C-D,A		B,C-D,A	

Abbildung 39: Datenerhebungsblatt zur Erfassung der Aufstiegszeiten je Aufstiegshilfe

Die Abstiegszeiten werden anhand des Videomaterials erfasst und in ein Datenerhebungsblatt, das dem in Abbildung 39 gleicht, eingetragen.

4 Erster Teil der Datenerhebung - Österreichische Unfallstatistiken

Durch Zahlen¹²⁸ der Allgemeinen Unfallversicherungsanstalt (AUVA) und der Bauarbeiter-Urlaubs- und Abfertigungskasse (BUAK) soll in diesem Kapitel gezeigt werden, welche der Aufstiegsmethoden - statistisch gesehen - die sicherste ist und welche wirtschaftlichen Auswirkungen die Sicherheit hat.

Die nachfolgenden Werte beziehen sich grundsätzlich auf die Jahre 2010 bis 2012. Sofern Zahlen aus anderen Jahren verwendet wurden, wird dies ausdrücklich erwähnt. Weiters sei an dieser Stelle erwähnt, dass es sich hierbei um absolute Zahlen handelt, die nicht in Relation zur Einsatzhäufigkeit der jeweiligen Aufstiegsvariante stehen.

4.1 Arbeitsunfälle in Österreich

Arbeitsunfälle passieren, vor allem im Baugewerbe, immer wieder und lösen damit nicht nur beim Verletzten große Unannehmlichkeiten und Schmerzen aus, sondern machen sich auch in finanzieller Hinsicht stark bemerkbar. In diesem Kapitel soll eine Übersicht über die Häufigkeit von Arbeitsunfällen, besonders auf Baustellen, gegeben werden.

Abbildung 40 zeigt die Anzahl der Arbeitsunfälle (zusammengefasst für 2010 bis 2012) in allen Wirtschaftsklassen und dem Bauwesen. Abbildung 41 stellt hingegen die Anzahl der Arbeitsunfälle dar, die tödlich geendet haben. Um diese Zahlen etwas anschaulicher zu machen, wird an dieser Stelle vorweg erwähnt, dass in den Jahren 2010 bis 2012 gesamt 338.706 Arbeiter im Baugewerbe tätig waren.

¹²⁸ Die meisten Statistikauswertungen wurden eigens auf Anfrage für dieses Forschungsprojekt kreiert und sind dem digitalen Anhang beigefügt.

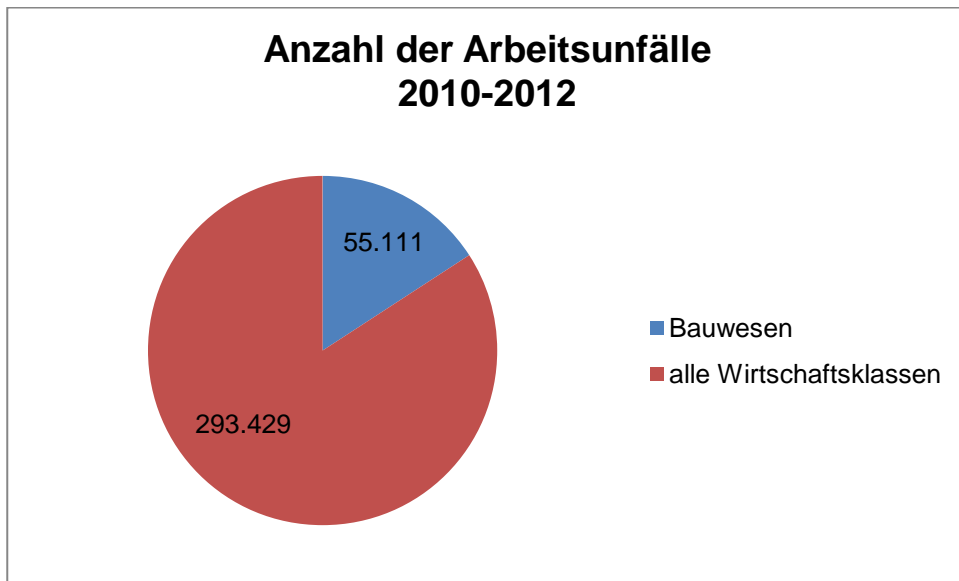


Abbildung 40: Anzahl der Arbeitsunfälle in Österreich 2010-2012¹²⁹

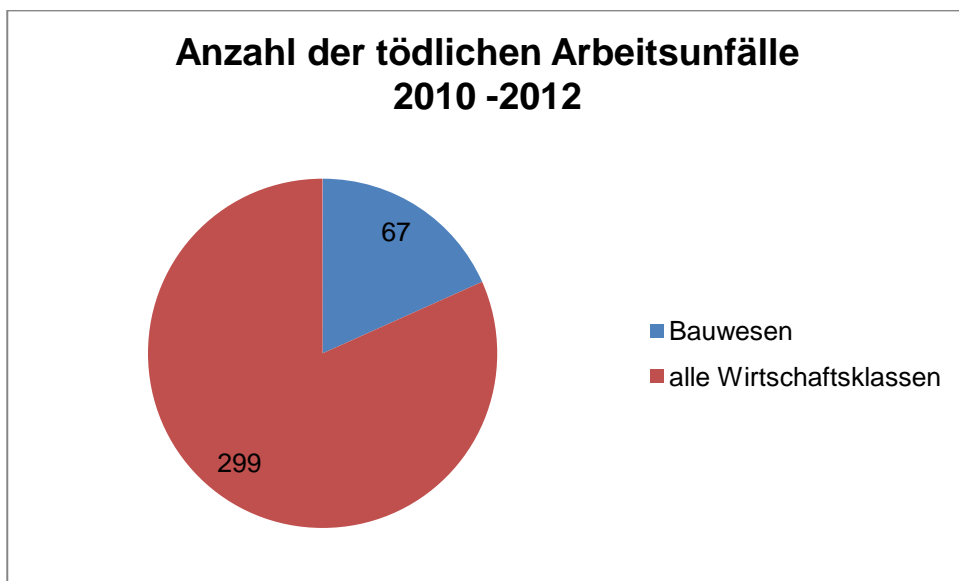


Abbildung 41: Anzahl der tödlichen Arbeitsunfälle in Österreich 2010-2012¹³⁰

4.1.1 Arbeitsunfälle auf Treppen, Leitern und Gerüsten

Um die Sicherheit der verschiedenen Aufstiegsmöglichkeiten quantifizieren zu können, wurde eigens für diese Arbeit von der AUVA eine Statistik¹³¹ angefer-

¹²⁹ Basierend auf Unfallstatistik der AUVA: URL: http://www.auva.at/mediaDB/788221_Unfallstatistik%20Bauwesen.pdf. Datum des Zugriffs: 18.August.2013, 12:47 Uhr.

¹³⁰ Basierend auf Unfallstatistik der AUVA: URL: http://www.auva.at/mediaDB/788221_Unfallstatistik%20Bauwesen.pdf. Datum des Zugriffs: 18.August.2013, 12:47 Uhr.

tigt. Sie zeigt die Anzahl der Arbeitsunfälle in der Kategorie Bauwesen für die Jahre 2010 bis 2012 auf

- Treppen
- Leitergang (fix montiert (z.B. Feuerleiter))
- Leiter, Trittleiter
- Behelfsgerüst (improvisiert)
- Fahrgerüst
- Gerüst (außer Fahrgerüst).

Anzumerken ist, dass bei dieser Auswertung keine Unterscheidung in Arbeitsmittel oder Verkehrsweg getroffen wurde. Das heißt die Unfälle können sowohl während eines Auf- oder Abstieges, als auch bei der Ausführung von Tätigkeiten passiert sein. Abbildung 42 stellt die Unfälle auf den oben genannten Aufstiegsmöglichkeiten dar.

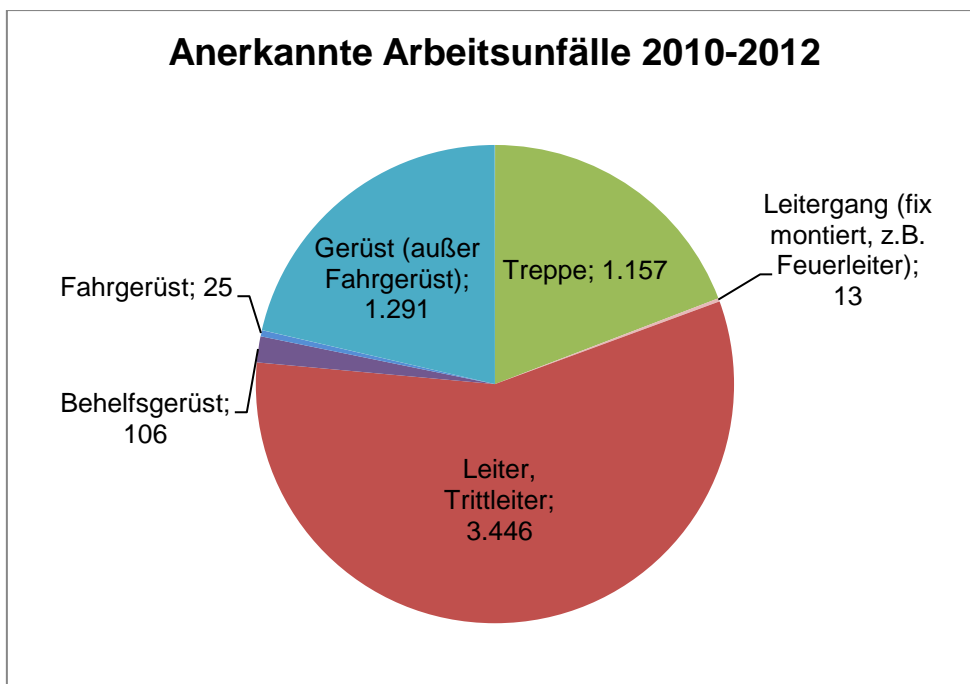


Abbildung 42: Anzahl der anerkannten Arbeitsunfälle 2010-2012¹³²

Durch Abbildung 42 wird ersichtlich, dass mehr als die Hälfte der Unfälle in den Jahren 2010 bis 2012 auf Leitern bzw. Trittleitern verursacht wurden.

¹³¹ Diese Statistik kann dem digitalen Anhang entnommen werden.

¹³² Basierend auf der angefertigten Statistik der AUVA (siehe digitaler Anhang).

Diese Zahlen sind nicht gerade überraschend. Bereits im Jahr 2000 wurde eine Studie¹³³ zu diesem Thema von der Arbeitsinspektion Österreich veröffentlicht. Im Rahmen der damaligen Untersuchungen wurden von Jänner bis August 1998 340 Arbeitsunfälle mit Leitern von der Arbeitsinspektion erhoben, wobei 275 für die statistische Auswertung verwendet wurden. Folgende Daten wurden im Zuge der Beobachtungen erhoben:

- „Wirtschaftsklasse der Arbeitsstätte (ÖWGR)
- Arbeitsstättengröße nach Anzahl der beschäftigten ArbeitnehmerInnen
- Alter des/der Verunfallten
- Geschlecht des/der Verunfallten
- Schwere der Verletzung
- Bauart der Leiter
- Zustand der Leiter
- Verwendung der Leiter
- Unfallzeitpunkt (Tag, Stunde)
- Absturzhöhe
- Unfallursache¹³⁴

Im Rahmen der Untersuchung wurde die Schwere der Verletzung mit der Art der Verwendung gegenübergestellt. Tabelle 2 zeigt diesen Zusammenhang.

Verwendungsart	Leichte Folgen (Abschürfung, Prellung, Verstauchung)	Schwere Folgen (Brüche, Wirbelsäulen- oder Schädelverletzungen, mehr als 20 Tage Krankenstand)
als Aufstiegshilfe	70	24
für Transporte (z.B. von Waren in ein Regal)	22	20
Für die Durchführung von Arbeiten von der Leiter aus	86	53

Tabelle 2: Schwere der Verletzung in Abhängigkeit der Art der Verwendung von Leitern¹³⁵

Es wird ersichtlich, dass gut 53 % der Unfälle mit leichten Folgen und gut 45 % der Unfälle mit schweren Auswirkungen auf Verkehrswegen verursacht werden.

Weiters wurde die Schwere der Unfallfolgen mit der jeweiligen Absturzhöhe in Verbindung gebracht. Anhand von Abbildung 43 ist ersichtlich, dass die Anzahl

¹³³ URL: http://www.arbeitsinspektion.gv.at/NR/rdonlyres/1022C4C8-4C99-4EB6-971B-D72CC043A1F3/0/Arbeitsunfaelle_Leitern.pdf. Datum des Zugriffs: 18.August.2013, 18:45 Uhr.

¹³⁴ URL: http://www.arbeitsinspektion.gv.at/NR/rdonlyres/1022C4C8-4C99-4EB6-971B-D72CC043A1F3/0/Arbeitsunfaelle_Leitern.pdf. Datum des Zugriffs: 18.August.2013, 18:45 Uhr.

¹³⁵ URL: http://www.arbeitsinspektion.gv.at/NR/rdonlyres/1022C4C8-4C99-4EB6-971B-D72CC043A1F3/0/Arbeitsunfaelle_Leitern.pdf. Datum des Zugriffs: 18.August.2013, 18:45 Uhr.

der Unfälle in den niedrigeren Höhen zwar prinzipiell größer ist, aber dass die Schwere der Unfälle ab 1,5 m stark ansteigt.

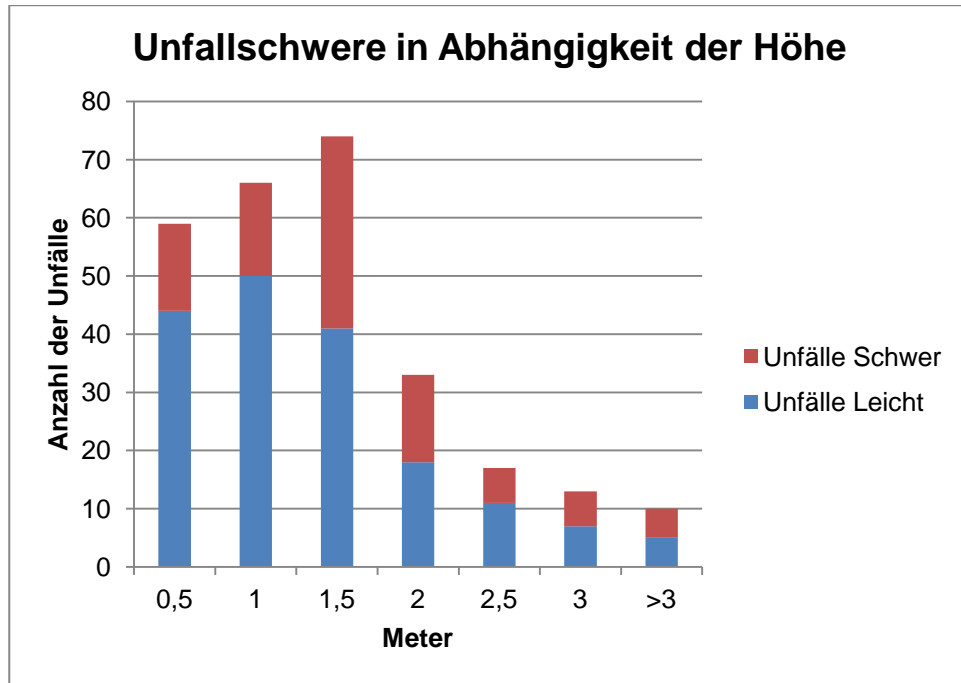


Abbildung 43: Unfallschwere in Abhängigkeit der Höhe auf Leitern¹³⁶

Auch die Unfallursachen wurden im Zuge der Studie untersucht, wodurch sich folgende prozentuelle Verteilung, wie in Tabelle 3 ersichtlich, ergeben hat:

Unfallursache	Unfälle
Wegrutsche der Leiter	24 %
Wegkippen der Leiter nach hinten oder zur Seite	13 %
Ab abrutschen von einer Sprosse oder danebensteigen	44 %
Absturz durch Fremdeinwirkung (Fahrzeuge, Personen)	2 %
Technische Gebrechen der Leiter	3 %
Absturz als Sekundärfolge (Stromschlag, Unfall mit Handwerkzeug, ...)	3 %
Sonstiges	11 %

Tabelle 3: Unfallursache auf Leitern¹³⁷

Grundsätzlich kann gesagt werden, dass die Ursachen des Unfalles in den meisten Fällen auf eine falsche Verwendung zurückzuführen ist. Hinzuzufügen ist, dass im Rahmen dieser Studie 95 % der Leitern keine Mängel aufgewiesen

¹³⁶ URL: http://www.arbeitsinspektion.gv.at/NR/rdonlyres/1022C4C8-4C99-4EB6-971B-D72CC043A1F3/0/Arbeitsunfaelle_Leitern.pdf
[Stand: 18.08.2013 um 18:45]; S. 6

¹³⁷ URL: http://www.arbeitsinspektion.gv.at/NR/rdonlyres/1022C4C8-4C99-4EB6-971B-D72CC043A1F3/0/Arbeitsunfaelle_Leitern.pdf
[Stand: 18.08.2013 um 18:45]; S. 7

haben, das heißt, dass sie in einem einwandfreien Zustand waren. Unfälle ereignen sich weil die Leitern oftmals nicht sachgemäß aufgestellt werden oder dem Auf- oder Abstieg wird nicht das nötige Maß an Konzentration gewidmet.

Weiters erwähnenswert ist, dass laut dieser Untersuchungen die meisten Unfälle montags zwischen 10 und 14 Uhr stattgefunden haben. Dies kann damit in Verbindung gebracht werden, dass in diesem Zeitraum mindestens zwei Verkehrswege aller Bauarbeiter nötig sind. Einmal der Weg nach unten vor der Mittagspause und einmal der Weg nach oben nach der Mittagspause.

Weiters wurde über die Jahre 2010 bis 2012 eine Statistik der AUVA angefertigt, die die Unfälle den Tätigkeiten, die auf den fünf Arbeitsmitteln (Treppe, Leiterngang (fix montiert), Leiter und Trittleiter, Behelfsgerüst, Fahrgerüst, Gerüst (außer Fahrgerüst)) ausgeführt wurden, zuordnet.¹³⁸

Die häufigsten Tätigkeiten waren laut diesen Aufzeichnungen:

1. Gehen, Laufen, Hinaufsteigen, Hinabsteigen usw.
2. Manuelle Handhabung von Gegenständen – ohne nähere Angabe
3. Bewegung – ohne nähere Angabe

Wobei bei allen drei Unfallursachen die meisten Unfälle in der Kategorie Leiter Trittleiter aufgezeichnet wurden. Abbildung 44 bis Abbildung 46 zeigen die Verteilungen der Unfallzahlen bei den drei häufigsten Tätigkeiten zum Unfallzeitpunkt.

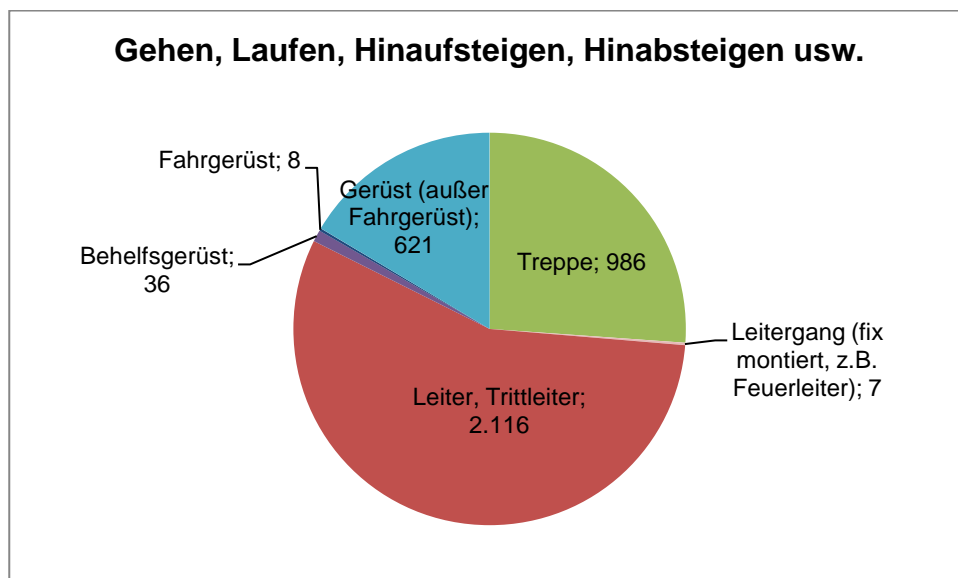


Abbildung 44: Unfallhäufigkeit beim Gehen, Laufen, Hinaufsteigen, Hinabsteigen usw. auf den verschiedenen Arbeitsmitteln¹³⁹

¹³⁸ Diese Statistik kann dem digitalen Anhang entnommen werden.

¹³⁹ Basierend auf der angefertigten Statistik der AUVA (siehe digitaler Anhang)

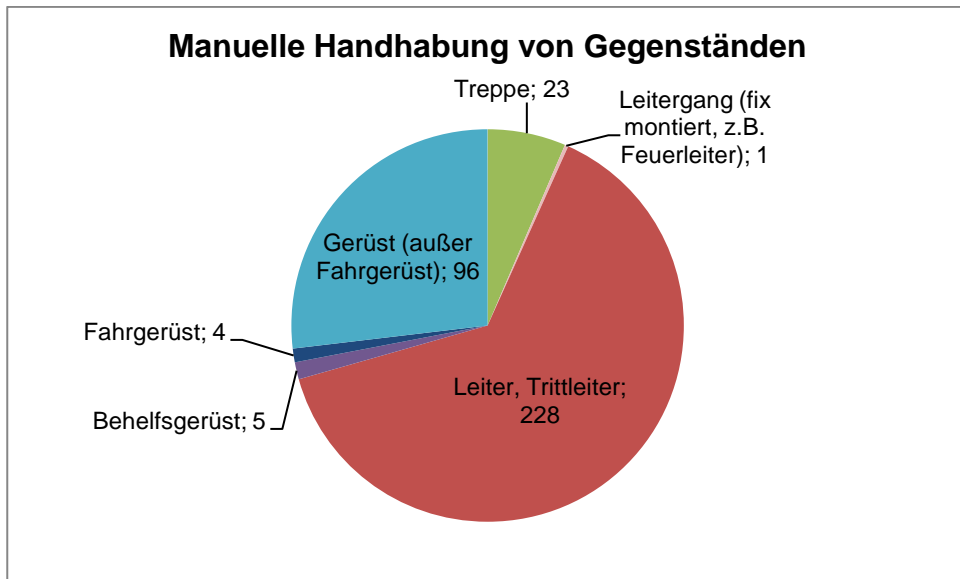


Abbildung 45: Unfallhäufigkeit bei der manuellen Handhabung von Gegenständen (ohne nähere Angabe) auf den verschiedenen Arbeitsmitteln¹⁴⁰

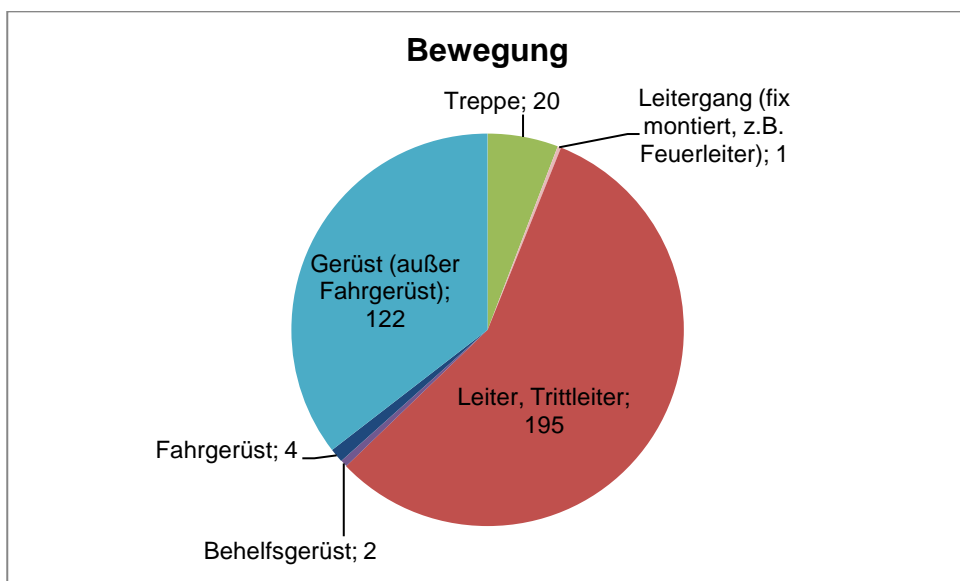


Abbildung 46: Unfallhäufigkeit bei einer Bewegung (ohne nähere Angabe) auf den verschiedenen Arbeitsmitteln¹⁴¹

¹⁴⁰ Basierend auf der angefertigten Statistik der AUVA (siehe digitaler Anhang)

¹⁴¹ Basierend auf der angefertigten Statistik der AUVA (siehe digitaler Anhang)

4.1.2 Auswirkungen der Unfälle

Die zahlreichen oben genannten Unfälle auf den verschiedenen Aufstiegsmöglichkeiten bleiben natürlich nicht ohne Konsequenzen. Unfälle gehen in den meisten Fällen mit leichten oder schweren Verletzungen einher, die wiederum hohe Kosten erzeugen können und sich somit nicht nur negativ für den Menschen selbst, sondern auch negativ in wirtschaftlicher Hinsicht auswirken.

4.1.2.1 Gesundheitliche Auswirkungen

Im Zuge der Auswertungen der AUVA wurden auch die Verletzungen der Bauarbeiter in den Jahren 2010 bis 2012 erfasst.¹⁴² Abbildung 47 gibt eine Übersicht über die Verletzungen, die in diesen Jahren am häufigsten aufgetreten sind.

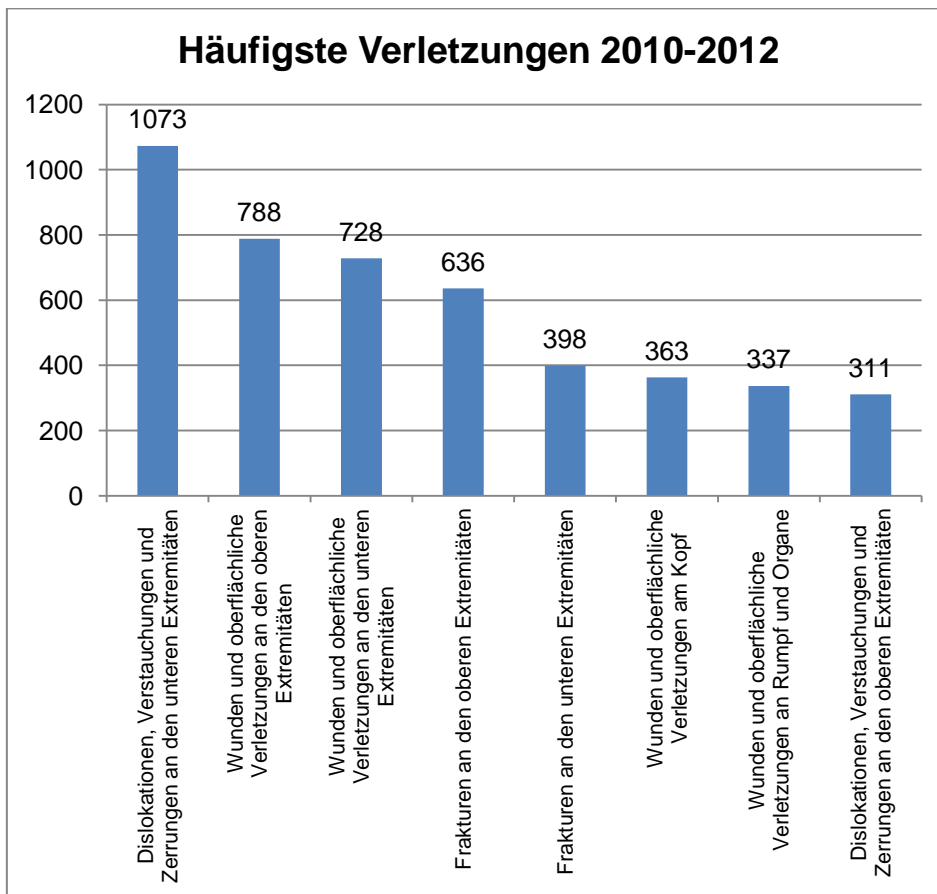


Abbildung 47: Die häufigsten Verletzungen auf Baustellen zwischen 2010 und 2012¹⁴³

¹⁴² Diese Statistik kann dem digitalen Anhang entnommen werden.

¹⁴³ Diese Statistik kann dem digitalen Anhang entnommen werden.

Die statistische Auswertung der AUVA zeigt, dass vor allem Dislokationen, Verstauchungen und Zerrungen der unteren Extremitäten sehr häufig sind. Aber auch Verletzungen an den oberen Extremitäten und am Kopf passieren immer wieder.

4.1.2.2 Wirtschaftliche Auswirkungen

Viele der oben genannten Verletzungen führen über kurz oder lang zu einer Arbeitsunfähigkeit des Mitarbeiters. Dies macht sich aktiv wirtschaftlich bemerkbar durch die Arbeitsunfähigkeit des Bauarbeiters, wodurch ein zusätzlicher Arbeiter auf der Baustelle benötigt wird. Ist dies aus Kapazitätsgründen nicht möglich, können hier Engpässe entstehen.

Neben diesen aktiv spürbaren Kosten entstehen zusätzlich auch noch Unfallfolgekosten für

- die AUVA
- den einzelnen Betrieben
- die gesamten Volkswirtschaft

wobei diese allgemein in zwei Kategorien unterschieden werden:

- Kosten für das Unfalljahr und das Folgejahr
- lebenslange Kosten.¹⁴⁴

Grundsätzlich kann, basierend auf einer Publikation der AUVA aus dem Jahr 2012 (bezogen auf die Arbeitsunfälle im Jahr 2010), gesagt werden, dass die Unfallfolgekosten im Baugewerbe etwa 10 % höher als in allen anderen Wirtschaftsklassen sind. Außerdem schnellen die Folgekosten mit zunehmendem Alter (15-65 Jahre) um ca. das 3-fache in die Höhe.¹⁴⁵

Zusätzlich geht aus der Veröffentlichung hervor, dass die teuersten Verletzungen Mehrfachverletzungen, Verlust von Körperteilen, Commotio und innere Verletzungen sind. Weiters ist die kostspieligste Tätigkeit aus dem Beobachtungsjahr 2010, hinsichtlich der Unfallkosten, die „Tätigkeit/Transport in und mit Schienen und Seilfahrzeug. Ein Unfall in diesem Zusammenhang kostete durchschnittlich 54.398 € und verursacht 365 Krankenstandstage. Aber auch die Aktivität „Kriechen und Klettern usw.“, die häufig im Zusammenhang mit

¹⁴⁴ Diese Kosten ergeben sich, laut AUVA, unter Berücksichtigung einer Inflationsrate für Renten von 2,48%, einer Inflationsrate für Güter von 2,55% und einer Diskontierungsrate von 0 %.

¹⁴⁵ Vgl.: URL: http://www.bauforumplus.eu/fileadmin/user_upload/BG_BAU/AplKoll_2012/Vortraege/Kosten_Unfaelle_Koerpert.pdf. Datum des Zugriffs: 19. August 2013, 16:51 Uhr.

Leitern steht, brachte es im Mittel auf 12.610 EUR pro Unfall und 44 Krankenstandstage.¹⁴⁶

Für das Jahr 2011 wurden die aktuellen Zahlen¹⁴⁷ für Treppen, Leitengang (fix montiert, z.B. Feuerleiter), Leiter und Trittleiter, Behelfsgerüst (improvisiert), Fahrgerüst und Gerüst (außer Fahrgerüst) von der AUVA übermittelt, die im Nachfolgenden ausgewertet werden.¹⁴⁸

Abbildung 48 zeigt die Anzahl der Arbeitsunfälle für das Beobachtungsjahr 2011, aufgeteilt auf die einzelnen Aufstiegsmöglichkeiten.

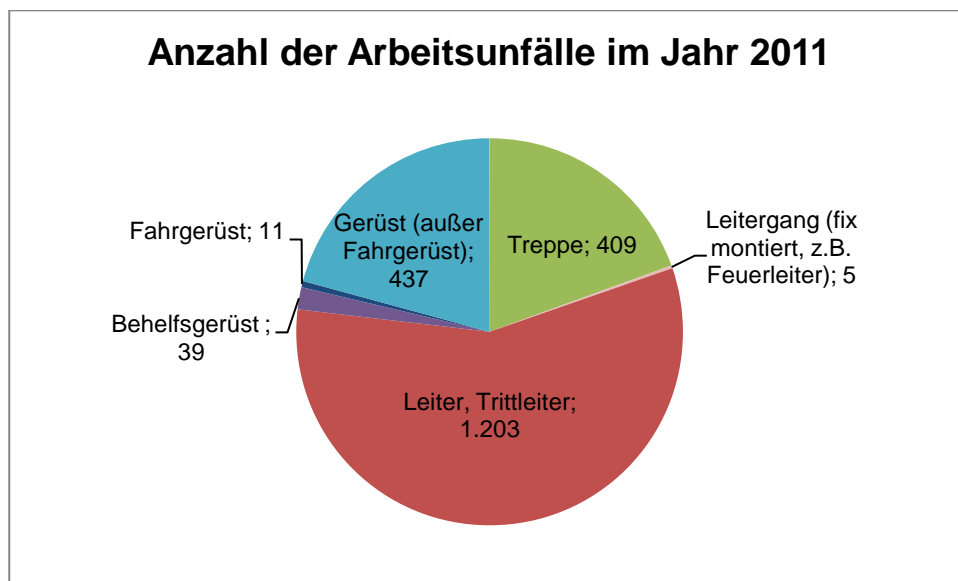


Abbildung 48: Anzahl der Arbeitsunfälle im Jahr 2011¹⁴⁹

Es wird deutlich, dass im Jahr 2011 1.203 Arbeitsunfälle und somit mehr als die Hälfte der der gesamten Unfälle, in diesen fünf Kategorien, auf Leitern bzw. Trittleitern zurückzuführen sind.

Abbildung 49 zeigt die damit verbundenen Krankenstandstage der fünf verschiedenen Arbeitsmittel.

¹⁴⁶ Vgl.: URL: http://www.bauforumplus.eu/fileadmin/user_upload/BG_BAU/AplKoll_2012/Vortraege/Kosten_Unfaelle_Koerpert.pdf. Datum des Zugriffs: 19.August.2013, 16:51 Uhr.

¹⁴⁷ Diese Statistik kann dem digitalen Anhang entnommen werden.

¹⁴⁸ Diese Statistik kann dem digitalen Anhang entnommen werden.

¹⁴⁹ Basierend auf der angefertigten Statistik der AUVA (siehe Anhang)

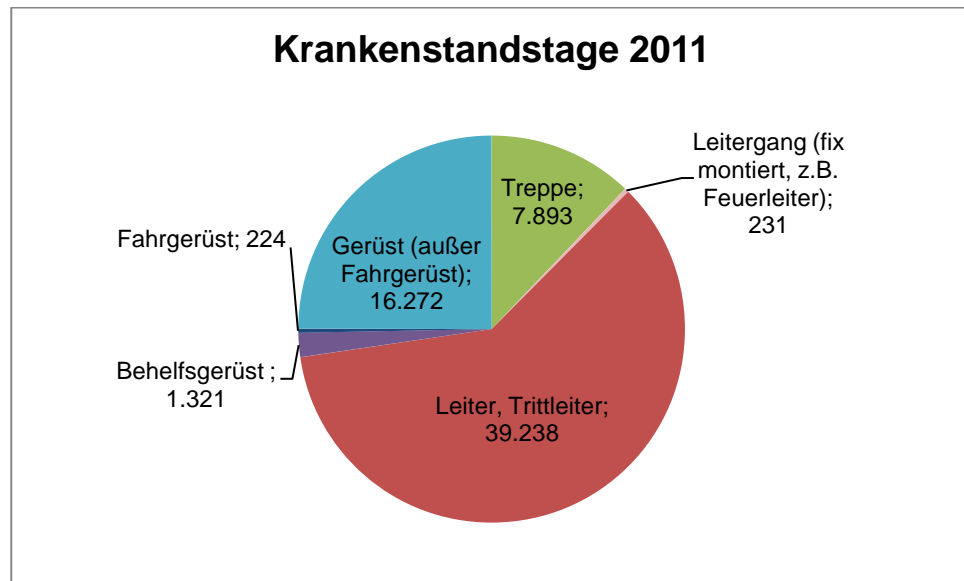


Abbildung 49: Anzahl der Krankenstandstage im Jahr 2011¹⁵⁰

Durch die Unfälle auf Leitern und Trittleitern, die im Jahr 2011 verursacht wurden, entstanden insgesamt 39.238 Krankenstandstage. Das sind gut 60 % aller Krankenstandstage, die durch Unfälle mit den oben genannten Betriebsmitteln entstanden sind.

Die einzelnen Unfälle im Jahr 2011 waren natürlich auch mit Kosten verbunden. Diese Kosten gliedern sich in

- Einzelkosten Renten
- Unfallheilbehandlung
- AUVA – Kosten
- Kosten für die Betriebe
- Kosten für andere öffentliche Betriebe.

Anzumerken ist, dass die „Kosten für andere öffentliche Betriebe“ grob gesprochen volkswirtschaftliche Kosten sind, die durch Produktivitätsverluste und Krankengeldzahlungen verursacht werden.

Die Kostenverteilung auf diese Kategorien für das Unfalljahr und das Folgejahr ist in Abbildung 50 ersichtlich. Diese prozentuelle Verteilung gilt für Unfälle aus dem Jahr 2011 gemittelt auf Treppen, Leitengang (fix montiert, z.B. Feuerleiter), Leiter und Trittleiter, Behelfsgerüst (improvisiert), Fahrgerüst und Gerüst (außer Fahrgerüst).

¹⁵⁰ Basierend auf der angefertigten Statistik der AUVA (siehe Anhang)

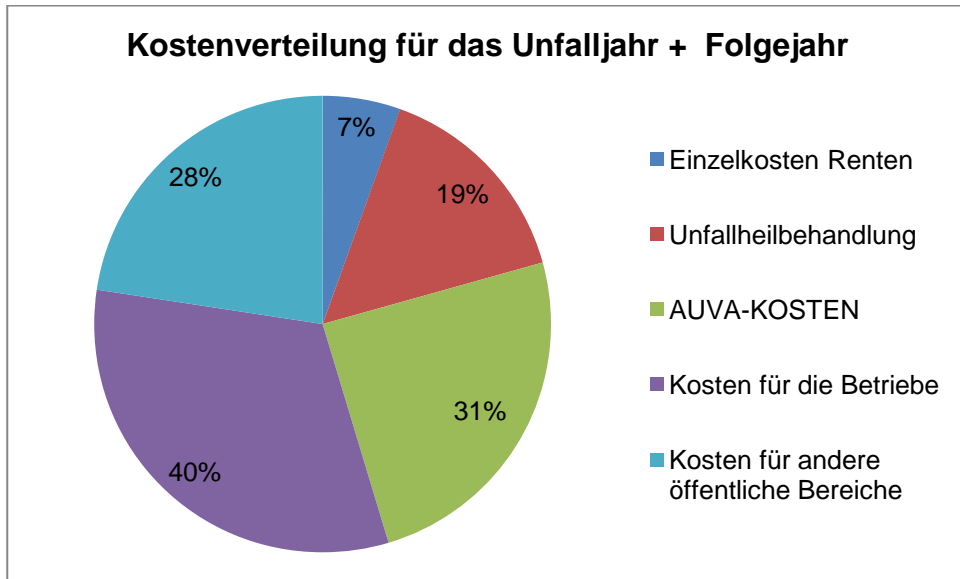


Abbildung 50: Kostenverteilung für das Unfalljahr 2011 und das Folgejahr¹⁵¹

Vor allem für das Unfalljahr und das Folgejahr ist der Anteil der Kosten für die Betriebe mit 40 % sehr hoch. Dies ergibt sich in erster Linie durch Entgeltfortzahlungen. In Abbildung 51 werden die Gesamtkosten je Arbeitsmittel für das Unfalljahr 2011 und das Folgejahr dargestellt.

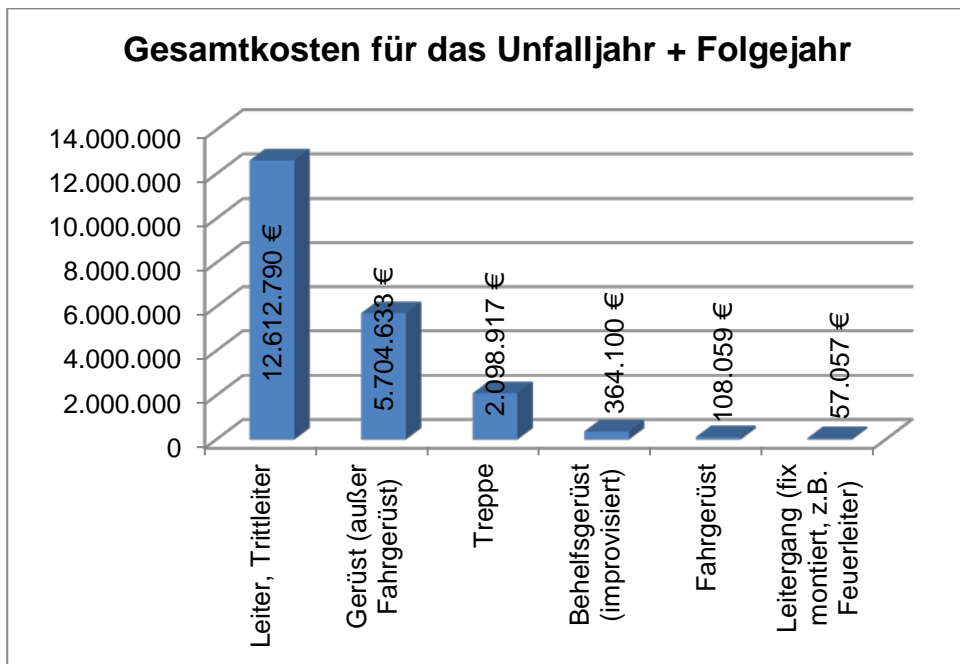


Abbildung 51: Gesamtkosten für das Unfalljahr 2011 und das Folgejahr¹⁵²

¹⁵¹ Basierend auf der angefertigten Statistik der AUVA (siehe digitaler Anhang)

¹⁵² Basierend auf der angefertigten Statistik der AUVA (siehe digitaler Anhang)

Mit über 12,6 Millionen € wurden bei Unfällen im Zusammenhang mit Leitern im Jahr 2011 die meisten Kosten verursacht.

Abbildung 52 zeigt im Gegenzug dazu inwieweit sich die Kostenverteilung, gerechnet auf einen lebenslangen Beobachtungszeitraum, verändert.

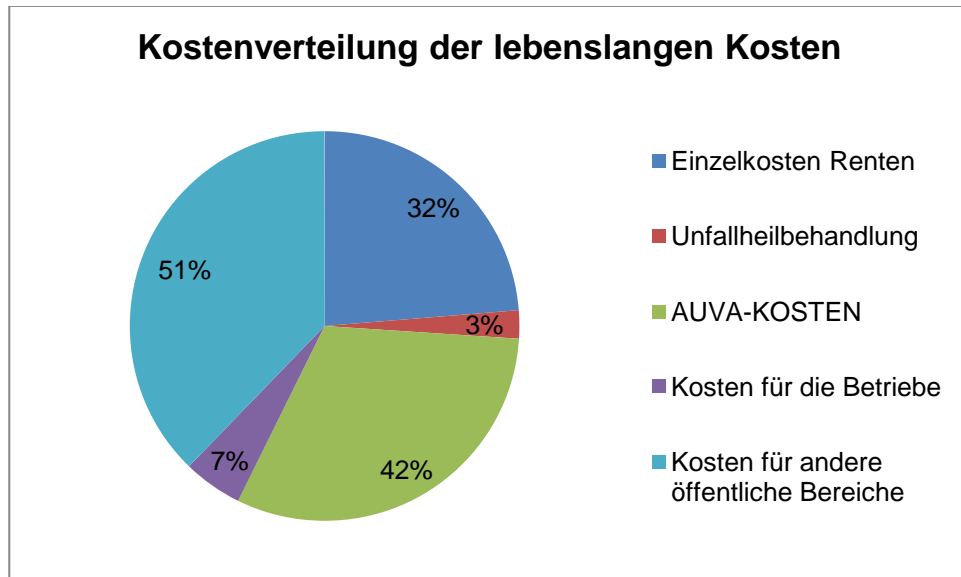


Abbildung 52: Kostenverteilung der lebenslangen Kosten¹⁵³

Es wird ersichtlich, dass der Anteil der Betriebe zwar auf 7 % sinkt, aber dafür die Kosten für andere öffentliche Bereiche und AUVA Kosten prozentuell gesehen, sehr stark steigen.

Abbildung 53 zeigt wie hoch die Unfallkosten für die verschiedenen Arbeitsmittel in Anbetracht einer lebenslangen Berücksichtigung sind.

¹⁵³ Basierend auf der angefertigten Statistik der AUVA (siehe Anhang)

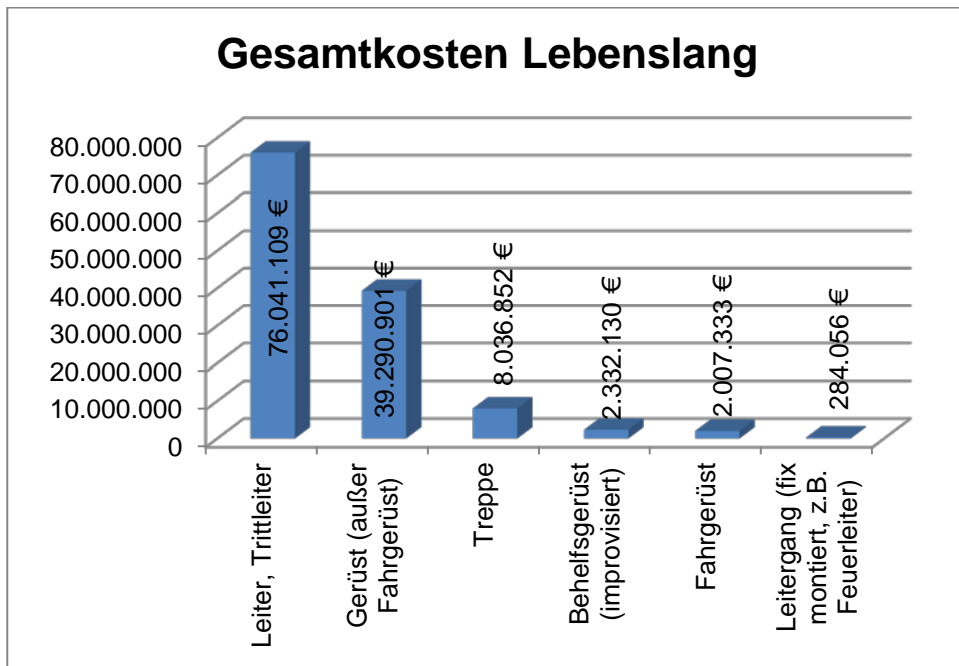


Abbildung 53: Gesamtkosten bei lebenslanger Beobachtung¹⁵⁴

Auch hier wird deutlich, dass die Kosten von Unfällen auf Leitern und Trittleitern mit gut 76 Millionen € weit über den anderen Kategorien liegt.

4.1.3 Conclusio der österreichischen Unfallstatistiken

Die Statistiken zeigen, dass knapp 20 % der Arbeitsunfälle in Österreich auf die Baubranche zurückzuführen sind. Betrachtet man alle Unfälle auf Leitern, Treppen und Gerüsten, wird ersichtlich, dass mehr als die Hälfte davon auf Leitern entstehen.

Den größten Kostenanteil, verursacht durch Unfälle, haben die Betriebe im Unfalljahr bzw. im darauffolgenden Jahr zu tragen. Auf lebenslanger Basis werden der Großteil der Kosten von der AUVA und anderen öffentlichen Bereichen getragen. Auch hinsichtlich der Kosten ist die Kategorie Leitern/Trittleitern im Vergleich zu den anderen unschlagbar.

¹⁵⁴ Basierend auf der angefertigten Statistik der AUVA (siehe digitaler Anhang)

5 Zweiter Teil der Datenerhebung - Befragung

Benötigte Informationen für die Wirtschaftlichkeitsanalyse, die weder aus der Literaturrecherche, noch aus bestehenden Daten, hervorgehen, werden durch Befragungen gesammelt.

Wie bereits im Kapitel 3.1.2 erläutert, werden hier die Befragungsgruppen Polier/Bauleiter und Baufirmen sowie die Befragungsinstrumente Polier/Bauleiter Interviewleitfaden, Polier/Bauleiter Fragebogen und Fragebogen/Onlineumfrage an Baufirmen unterschieden.

5.1 Befragungswerkzeuge

Im nachfolgenden sind die einzelnen Befragungswerkzeuge, die im Rahmen dieser Arbeit entwickelt wurden, vorgestellt.

5.1.1 Befragungsgruppe 1: Polier/Bauleiter

Nachstehend werden die Fragen zur Befragung von Polier und Bauleiter mittels der beiden Befragungswerkzeuge dargestellt und diskutiert.

5.1.1.1 Interviewleitfaden für Polier/Bauleiter

Der Interviewleitfaden dient der Befragung von Polier und Bauleiter auf der Baustelle und umfasst neben der individuellen Meinung auch Fragen zu den Personen- und Transportwegen auf Baustellen sowie zum Einsatz der verschiedenen Aufstiegsmöglichkeiten.

Die Fragen 1 bis 6 sind in dem Sinne keine Fragen an sich, sondern dienen zur Datenerfassung und Einordnung des Befragten. Der Interviewer kann sie im Zuge der Befragung jedoch als Frage formulieren.

1. Firma: _____

Durch Frage 1 wird der Firmenname, bei der der Befragte beschäftigt ist, abgefragt.

2. Anstellungsart des Befragten

Bauleiter Polier _____

Bei der 2. Frage wird die Anstellungsart des Interviewteilnehmers erfasst. Da hauptsächlich Bauleiter und Poliere als Zielpersonen für diesen Interviewleitfaden definiert sind, wurden diese als Auswahlmöglichkeit vorgegeben. Falls der Befragte jedoch weder Bauleiter noch Polier ist, muss der Interviewer das dritte Kästchen ankreuzen und die Berufsbezeichnung daneben anführen.

4. Art der Firma/Spezialisierung auf

Durch Frage 3 soll die Spezialisierung der Firma, bei der der Befragte tätig ist, erfragt werden. Hier werden Antworten wie Tiefbau, Industriebau, Straßenbau oder Ähnliches erwartet.

3. Standort der Firma

In der vierten Frage wird der in Frage eins abgefragte Firmenname durch den dazugehörigen Standort ergänzt.

5. Baustelle (inkl. Adresse)

In Frage 5 geht es darum, dass der Interviewer festhält, auf welcher Baustelle der Befragte gerade tätig ist. Auch die Adresse ist hier anzuführen, damit die Baustelle bei der Auswertung besser zuordenbar ist.

6. Beschreibung der Baustelle

An dieser Stelle soll der Interviewer, dies kann auch ohne den Befragten erfolgen, kurz beschreiben, um welche Art von Baustelle es sich hierbei handelt. Hier reicht es aus, wenn ungefähre Größenangaben und Gewerke angegeben sind.

7. Ist auf dieser Baustelle ein Treppenturm im Einsatz?

nein ja Bezeichnung: _____

Frage 7 ist grundsätzlich eine geschlossene Frage, die durch eine offene Frage ergänzt wird. Hier wird erfasst, ob auf der Baustelle, auf der der Befragte gerade tätig ist, ein Treppenturm eingesetzt wird. Wenn das der Fall ist, soll an dieser Stelle auch noch die Bezeichnung, zumindest die produzierende Firma, des verwendeten Treppenturmes in Erfahrung gebracht werden.

8. Haben Sie Treppentürme auf Baustellen bereits eingesetzt?

nein ja Bezeichnung: _____
Wie oft? _____

Frage 8 ist wieder eine geschlossene Frage, die in diesem Fall durch zwei offene Fragen erweitert wird. Durch die Frage, ob bereits Treppentürme auf Baustellen eingesetzt wurden bzw. wie oft dies der Fall war, soll ein bewertender Schluss über den gesamten Fragebogen gezogen werden. Da ein Bauleiter der bereits 100 Treppentürme eingesetzt hat, wesentlich mehr Erfahrung hat, als ein Bauleiter der nur einen oder gar keinen eingesetzt hat. Zusätzlich soll

auch an dieser Stelle die Bezeichnung des Treppenturmes erwähnt werden, damit bekannt wird, ob es sich um Produkte der Firma PERI handelt.

Die Fragen 9 bis 13 sollen zur Erfassung der individuellen Meinung des Interviewteilnehmers dienen.

9. Welche der folgenden Aufstiegsmöglichkeiten bevorzugen Sie?	
Vertikaler Aufstieg 0-3 Meter	Vertikaler Aufstieg > 3 Meter
<input type="radio"/> Treppenturm	<input type="radio"/> Treppenturm
<input type="radio"/> Arbeits- und Schutzgerüst mit integr. Leiter	<input type="radio"/> Arbeits- und Schutzgerüst mit integr. Leiter
<input type="radio"/> Anlegeleiter	<input type="radio"/> Anlegeleiter
Begründung: _____	

Mit Frage 9 soll eruiert werden, welche der drei vorgegebenen Aufstiegsmethoden der Befragte bevorzugt und warum. Da diese Aussage jedoch nicht allgemein für alle Baustellen gelten kann, wurde hier eine Unterscheidung in 0-3 und >3 Metern getroffen. Je Kategorie ist somit eine Antwort möglich. Das Begründungsfeld gilt wiederum für die gesamte Frage.

10. Unter welchen Kriterien wählen Sie die Variante Ihrer Aufstiegsmöglichkeit?

Nachdem der Befragte durch Frage 9 schon in die Richtung gewiesen wurde, dass es im Bezug auf die Wahl des Systems verschiedene Kriterien gibt, soll er an dieser Stelle mindestens eines nennen, das ihm spontan einfällt.

11. Welches Kriterium wiegt bei Ihnen am meisten?
Platz 1: _____
Platz 2: _____
Platz 3: _____
<i>Bsp.: Sicherheit, Kosten, Transportmöglichkeit, Platzbedarf, Aufstiegsdauer, Höhe...</i>

Im nächsten Schritt sollen die gefundenen Kriterien nach der Wichtigkeit geordnet werden. Sofern der Befragte hier nicht von selbst auf drei Punkte kommt, kann ihn der Interviewer mit den unten angeführten Beispielen weiterhelfen.

12. Welche Nachteile hat ein Treppenturm Ihrer Meinung nach?
--

Frage 12 ist eine offene Frage, die nach den Nachteilen eines Treppenturmes fragt.

Im Gegensatz zu Frage 12, sollen mit Frage 13 die Vorteile des Treppenturmes in Erfahrung gebracht werden. Auch hierbei handelt es sich um eine offene Frage wodurch jegliche Antwort möglich ist.

13. Welche Vorteile hat ein Treppenturm Ihrer Meinung nach?

Nachdem die individuelle Meinung abgefragt wurde, befassen sich die Fragen 14 bis 17 in erster Linie mit den Vor- und Nachteilen der jeweiligen Systeme sowie mit den Personen- und Transportwegen auf Baustellen und den damit verbundenen Unfällen.

14. Können Sie mir Materialien/Werkzeuge nennen, die auf Ihren Baustellen händisch transportiert werden?

Da es auf manchen Aufstiegsmöglichkeiten durchaus gefährlich sein kann, wenn diese mit Material oder Werkzeug benutzt werden, soll an dieser Stelle herausgefunden werden, was heutzutage überhaupt noch mit den Händen transportiert wird. Um alle Möglichkeiten zu erfassen, wurde diese Frage als offene Frage formuliert.

15. Merken Sie in Bezug auf den Transport der oben genannten Materialien einen Unterschied bei den verschiedenen Aufstiegsmöglichkeiten?

Mit Frage 15 soll herausgefunden werden, ob sich gewisse Aufstiegsmöglichkeiten auf der Baustelle negativ bemerkbar machen, wenn es um den händischen Transport geht. Diese Frage wurde als offene Frage dargestellt, damit Argumentationsspielraum für den Befragten bleibt.

Frage 16 soll im Weiteren das persönliche Empfinden des Befragten erfassen.

16. Haben Sie das Gefühl, dass beim Einsatz von Anlegeleitern auf Baustellen vermehrt Unfälle passieren im Vergleich zu Treppentürmen oder im Gerüst integrierte Aufstiegsmöglichkeiten?

Da Statistiken zeigen, dass das Unfallrisiko auf der Anlegeleiter wesentlich höher ist, als auf dem Treppenturm oder der im Gerüst integrierten Aufstiegshilfe, sollte hier die Situation auf Baustellen des Befragten erfasst werden. Auch hier handelt es sich wieder um eine offene Frage, damit Begründungsspielraum gegeben ist.

Vertieft soll Frage 17 erfassen, welche Unfälle auf welchen Aufstiegshilfen passieren. Hier werden ein bis zwei Nennungen pro Aufstiegsmöglichkeit erwartet.

17. Was sind die Hauptunfälle, die auf Anlegeleitern/Treppentürmen/im Gerüst integrierte Aufstiegsmöglichkeit passieren? (1-2 Nennungen)

Anlegeleitern: _____

Treppenturm: _____

Im Gerüst integrierte Aufst.: _____

Bsp.: Fraktur am Schädel, Wunden und oberflächliche Verletzungen am Kopf, Frakturen an den unteren Extremitäten, Wunden und oberfl. Verletzungen am Rücken einschl. Wirbelsäule, ...

Die letzten drei Fragen des Interviewleitfadens beziehen sich auf den Einsatz der Aufstiegsmöglichkeit und fragen in erster Linie Zeiten ab.

Da es hierzu keine bestehenden Daten gibt, soll die Aufbauzeit der verschiedenen Aufstiegshilfen anhand der Erfahrungswerte der Poliere und Bauleiter erfasst werden. Vorzugsweise sollte der Interviewer erwähnen, dass der Befragte vorweg ein Größenmaß für die aufzubauende Aufstiegsmöglichkeit vordefiniert, da Aufstiegszeit stark davon abhängt.

18. Wie lange dauert der Aufbau von Anlegeleitern/Treppentürmen/im Gerüst integrierte Aufstiegshilfen und wie lange werden sie dann eingesetzt?

Anlegeleitern: _____

Treppenturm: _____

Im Gerüst integrierte Aufst.: _____

Mit der nachfolgenden Frage 19 soll eruiert werden wie oft die jeweilige Aufstiegshilfe einsetzbar ist, bevor sie nicht mehr verwendbar ist und durch eine neue ersetzt werden muss.

19. Wie oft verwenden sie Anlegeleitern/Treppentürme/im Gerüst integrierte Aufstiegsmöglichkeiten auf Baustellen, bevor es zu einem Austausch kommt?

Anlegeleitern: _____

Treppenturm: _____

Im Gerüst integrierte Aufst.: _____

Durch die letzte Frage soll ermittelt werden, welches der Systeme am reparaturanfälligsten ist und um welche Art von Reparaturen es sich hierbei handelt. Das Ergebnis dieser Frage soll später in die Wirtschaftlichkeitsanalyse als Instandhaltungskosten einfließen.

20. Welche Reparaturen werden bei Anlegeleitern/Treppentürmen/im Gerüst integrierten Aufstiegsmöglichkeiten nötig und wie oft?
 Anlegeleitern: _____
 Treppenturm: _____
 Im Gerüst integrierte Aufst.: _____

5.1.1.2 Fragebogen zur Aussendung an Polier/Bauleiter

Als Ergänzung zum Interviewleitfaden, der persönlich auf Baustellen angewendet wird, gibt es auch noch einen Fragebogen, der per Mail versendet wird und von Bauleitern und Polieren ausgefüllt wieder retourniert wurde. Da es sich hierbei um dieselbe Befragungsgruppe handelt, werden auch die gleichen Fragen gestellt. Jedoch haben Fragebögen, die länger als eine Seite sind, eine sehr geringe Rücklaufquote, weshalb nur bestimmte Fragen aus dem Interviewleitfaden verwendet wurden oder zu einer Frage kombiniert wurden. Im Nachfolgenden sind die Fragen des Fragebogens zur Aussendung an Polier und Bauleiter dargestellt, wobei nur auf jene Fragen näher eingegangen wird, die nicht schon im Interviewleitfaden erläutert wurden.

Die ersten drei Punkte des Fragebogens sind wieder allgemein und dienen zur Einstufung des Fragebogens.

1. Firmenname inkl. Standort: _____

Frage 1 ist eine Zusammenfassung der Fragen 1 und 5 aus dem Interviewleitfaden. Auch hier handelt es sich um keine Frage als solches sondern um eine Angabe der Daten.

2. Anstellungsart des Befragten
 Bauleiter Polier _____

Frage 2 wurde aus dem Interviewleitfaden übernommen und wird hier nicht mehr diskutiert.

3. Haben Sie Treppentürme auf Baustellen bereits eingesetzt?
 nein ja Bezeichnung: _____
 Wie oft? _____
 Auf welcher Art von Baustellen am häufigsten? _____

Frage 3 entspricht Frage 8 aus dem Interviewleitfaden.

Frage 4 und 5 beziehen sich wieder auf die individuelle Meinung des Fragebogenausfüllers und entsprechen Frage 9 und 11 des Interviewleitfadens. Frage 10 wurde an dieser Stelle bewusst ausgelassen, da diese Frage im Interviewleitfaden nur als Einleitung auf Frage 11 diente, der Proband im Falle eines

Fragebogens jedoch genügend Zeit und Ruhe hat, gleich die Reihung vorzunehmen.

4. Welche der folgenden Aufstiegsmöglichkeiten bevorzugen Sie?

- | | |
|---|--|
| <p>Vertikaler Aufstieg 0-3 Meter</p> <p><input type="radio"/> Treppenturm</p> <p><input type="radio"/> Arbeits- und Schutzgerüst mit integr. Leiter</p> <p><input type="radio"/> Anlegeleiter</p> | <p>Vertikaler Aufstieg > 3 Meter</p> <p><input type="radio"/> Treppenturm</p> <p><input type="radio"/> Arbeits- und Schutzgerüst mit integr. Leiter</p> <p><input type="radio"/> Anlegeleiter</p> |
|---|--|
- Begründung: _____

5. Nennen Sie bitte 3 Kriterien für die Wahl Ihrer Aufstiegsmöglichkeit (Anlegeleiter/Treppenturm/im Gerüst integrierte Aufstiegsmöglichkeit) und reihen Sie diese nach ihrer Wichtigkeit.

Platz 1: _____

Platz 2: _____

Platz 3: _____

Bsp.: Sicherheit, Kosten, Transportmöglichkeit, Platzbedarf, Aufstiegsdauer, ...

Frage 6 bezieht sich wieder auf den händischen Transport auf Baustellen und entspricht Frage 14 aus dem Interviewleitfaden.

8. Können Sie mir Materialien/Werkzeuge nennen, die auf Ihren Baustellen händisch transportiert werden?

Die letzten drei Fragen beziehen sich auf den Einsatz der Aufstiegsmöglichkeit und entsprechen den Fragen 18 und 19 aus dem Interviewleitfaden, wobei Frage 18 in zwei Fragen aufgeteilt wurde um dem Probanden die Beantwortung zu erleichtern.

10. Wie lange dauert der Aufbau von Anlegeleitern/Treppentürmen/im Gerüst integrierten Aufstiegshilfen?

Anlegeleitern: _____

Treppenturm: _____

Im Gerüst integrierte Aufst.: _____

9. Wie lange werden sie dann üblicherweise auf Baustellen eingesetzt? (Antwort in Wochen)

Anlegeleitern: _____

Treppenturm: _____

Im Gerüst integrierte Aufst.: _____

5.1.2 Befragungsgruppe 2: Firmen aus der Baubranche

Wie bereits oben erwähnt wurde noch eine zweite Befragungsgruppe in der Datenerhebung berücksichtigt: Jegliche Mitarbeiter aus Firmen in der Baubranche, die sich mit der Arbeitsvorbereitung, Kalkulation oder Ähnlichem beschäftigen. Durch diese Sparte sollen Informationen bezüglich Kosten und Inventar eingeholt werden.

5.1.2.1 Fragebogen/Online-Befragung

Die nachfolgenden Fragen wurden auf zwei Arten an die Probanden verschickt:

- als Fragebogen, der ausgefüllt retourniert wird
- als Link, zu einer Online-Befragung

Die Fragen sind in beiden Fällen dieselben und werden deswegen auch nur einmal vorgestellt. Auf Fragen, die bereits im Interviewleitfaden oder Fragebogen für Polier oder Bauleiter vorgekommen sind, wird nicht mehr näher eingegangen. Hinzuzufügen ist, dass der Fragebogen bzw. die Online-Umfrage für Baufirmen als letztes entstanden ist, als bereits Rückmeldungen der Polier und Bauleiter Befragungen kamen, wodurch die ein oder andere Frage eine optimierte Version der ursprünglichen Frage ist.

1. Standort der Niederlassung: _____

Da es sich bei der Online-Umfrage um eine absolut anonyme Befragung handelt, wurde im Allgemeinen Teil (Frage 1 bis 4) nicht nach dem Namen des Unternehmens gefragt. Um die Firma jedoch einordnen zu können, wurde der Befragungsteilnehmer in Frage 1 dazu aufgefordert den Standort der Firma bekannt zu geben.

2. Anzahl der Mitarbeiter: _____

Um die Art der Firma noch genauer darzustellen, wurde in Frage zwei nach der Anzahl der Mitarbeiter gefragt.

3. Anstellungsart des Befragten
 Bauleiter Polier _____

Frage 3 entspricht Frage 2 aus der Polier/Bauleiter Befragung. Hier ist jedoch anzumerken, dass erwartet wird, dass hier hauptsächlich das dritte Feld gewählt wird, in dem der Befragte ihre oder seine Anstellungsart bekannt geben muss.

4. Haben Sie Treppenturm auf Baustellen bereits eingesetzt?
 nein ja Bezeichnung: _____
 Wie oft? _____
 Auf welcher Art von Baustellen am häufigsten? _____

Auf Frage 4 wird an dieser Stelle nicht näher eingegangen, da sie Frage 3 aus dem Fragebogen für Polier oder Bauleiter entspricht.

Die nächsten beiden Fragen sollen an dieser Stelle wieder die individuelle Meinung des Umfrageteilnehmers erfassen.

5. Welche der folgenden Aufstiegsmöglichkeiten bevorzugen Sie?

Vertikaler Aufstieg 0-3 Meter <input type="radio"/> Treppenturm <input type="radio"/> Arbeits- und Schutzgerüst mit integr. Leiter <input type="radio"/> Anlegeleiter Begründung: _____	Vertikaler Aufstieg > 3 Meter <input type="radio"/> Treppenturm <input type="radio"/> Arbeits- und Schutzgerüst mit integr. Leiter <input type="radio"/> Anlegeleiter
---	--

6. Nennen Sie bitte 3 Kriterien für die Wahl Ihrer Aufstiegsmöglichkeit (Anlegeleiter/Treppenturm/im Gerüst integrierte Aufstiegsmöglichkeit) und reihen Sie diese nach ihrer Wichtigkeit.

Platz 1: _____
 Platz 2: _____
 Platz 3: _____

Frage 5 entspricht Frage 4 des Polier oder Bauleiter Fragebogen und wird an dieser Stelle nicht näher erklärt.

Frage 6 entspricht Frage 11 aus dem Interviewleitfaden bzw. Frage 11 aus dem Fragebogen für Polier oder Bauleiter.

Die Fragen 7 bis 11 dienen der Erfassung des Inventares sowie die damit verbundenen Kosten der befragten Unternehmen in Bezug auf die drei verschiedenen Aufstiegsmöglichkeiten.

7. Wie viele Anlegeleitern/Treppentürme/im Gerüst integrierten Aufstiegshilfen besitzen Sie in Ihrem Unternehmen?
- Anlegeleitern: _____ Stück
 Treppenturm: _____ Höhenmeter
 Im Gerüst integrierte Aufst.: _____ Stück

Frage 7 dient zur Bewertung der nächsten vier Fragen. Desto mehr der Aufstiegsmöglichkeiten im Bestand des Unternehmens sind, desto vertrauenswürdiger sind die nächsten Antworten. Hinzuzufügen ist, dass die nächsten vier Fragen nicht als Fragen formuliert, sondern als Aufforderung zur Datenangabe verfasst sind.

8. Bitte geben Sie den ungefähren Anteil an Eigenbestand und Mietgeräten in Ihrem Unternehmen an:
- Anlegeleitern: Eigenbestand: _____%, Miete: _____%
 Treppenturm: Eigenbestand: _____%, Miete: _____%
 Im Gerüst integr. Aufst.: Eigenbestand: _____%, Miete: _____%

Frage 8 dient der Erfassung des Anteiles an Eigenbestand und Mietgeräten und ergänzt somit Frage 7. In Summe sollte hier jede Zeile 100 % ergeben.

9. Bitte schätzen Sie die jährlichen Instandhaltungskosten Ihrer Anlegeleitern/Treppentürme/im Gerüst integrierten Aufstiegshilfen:
- Anlegeleitern: _____ €/Jahr
 Treppenturm: _____ €/Jahr
 Im Gerüst integrierte Aufst.: _____ €/Jahr

Frage 9 soll zur Erfassung der jährlichen Instandhaltungskosten dienen und soll vom Befragten in Euro pro Jahr angegeben werden.

10. Bitte geben Sie eine Verteilung der Austauschgründe (zu große Abnutzung, Gewaltschäden, Verlust, Andere) für die einzelnen Systeme an:
- Anlegeleitern:** Abnutzung _____%, Gewaltschäden: _____%, Verlust: _____%, Andere _____%
Treppenturm: Abnutzung _____%, Gewaltschäden: _____%, Verlust: _____%, Andere _____%
Im Gerüst integr.: Abnutzung _____%, Gewaltschäden: _____%, Verlust: _____%, Andere _____%

Um die Ursache eines Ausscheidens einer der drei Aufstiegshilfen zu eruieren, wird der Umfrageteilnehmer an dieser Stelle gebeten die Gründe in vier Kategorien einzuordnen. Auch hier sollen in Summe je Zeile 100 % erreicht werden.

11. Bitte schätzen Sie die jährlichen Austauschkosten Ihrer Anlegeleitern/Treppentürme/im Gerüst integrierten Aufstiegshilfen:
- Anlegeleitern: _____ €/Jahr
 Treppenturm: _____ €/Jahr
 Im Gerüst integrierte Aufst.: _____ €/Jahr

Im Gegensatz zu Frage 10 soll Frage 11 zur Erfassung der Austauschkosten der Aufstiegshilfen dienen. Das heißt wie viele Euros jährlich dafür benötigt werden, um eine neue Aufstiegsmöglichkeit zu erwerben, da die alte nicht mehr einsatzfähig ist.

Wie bereits im Interviewleitfaden, als auch im Fragebogen für Bauleiter und Polier, befassen sich die nächsten drei Fragen mit dem Einsatz des Aufstiegs-systems.

12. Wie lange dauert der Aufbau von Anlegeleitern/Treppentürmen/im Gerüst integrierten Aufstiegshilfen?
- Anlegeleitern: _____ Stunden
 Treppenturm: _____ Stunden
 Im Gerüst integrierte Aufst.: _____ Stunden

Frage 12 entspricht Frage 8 aus dem Fragebogen für Polier und Bauleiter, wobei sie durch die Einheitenvorgabe von Stunden ergänzt wurde.

13. Wie lange werden sie dann durchschnittlich auf einer Baustelle eingesetzt? (Antwort in Wochen)
- Anlegeleitern: _____ Wochen
 Treppenturm: _____ Wochen
 Im Gerüst integrierte Aufst.: _____ Wochen

Frage 13 ist ähnlich zu Frage 7 aus dem Fragebogen für Bauleiter der Poliere. Die Frage wurde hier umformuliert, um etwaige Unklarheiten zu beseitigen. Zusätzlich wurde die Fragen mit einer Einheitenvorgabe von Wochen vervollständigt.

14. Wie lange verwenden Sie Anlegeleitern/Treppentürme/im Gerüst integrierte Aufstiegshilfen in Ihrem Unternehmen, bevor es zu einem Austausch kommt? (Antwort in Wochen)
- Anlegeleitern: _____ Monate
 Treppenturm: _____ Monate
 Im Gerüst integrierte Aufst.: _____ Monate

Frage 14 entspricht schlussendlich Frage 8 aus dem Fragebogen für Polier oder Bauleiter, wobei auch diese Frage durch eine Einheitenvorgabe der Antwort optimiert wurde.

15. Wenn Sie noch Anmerkungen zum Thema Anlegeleiter/Treppenturm/im Gerüst integrierte Aufstiegsmöglichkeit haben, dann geben Sie diese bitte hier bekannt:

Zuletzt wurde noch unter Punkt 15 ein Feld eingefügt, das für Anmerkungen des Befragten dient.

5.2 Ergebnisse der Befragung¹⁵⁵

Grundsätzlich überschneiden sich viele Fragen in den drei Befragungswerkzeugen, weshalb diese, um eine repräsentativeres Ergebnis zu erhalten, zusammen ausgewertet wurden und kapitelweise dargestellt sind. Sofern im Nachfolgenden nichts Näheres erwähnt ist, stammen die Antworten somit von der gesamten Befragungsmenge.

5.2.1 Befragungsmenge

Insgesamt wurden 12 Interviewleitfäden, 21 Polier/Bauleiter Fragebögen und 17 Onlineumfragen beantwortet, wodurch sich eine Befragungsmenge von 50 Personen ergab. Abbildung 54 gibt einen Überblick über die Anstellungsart der Befragten.

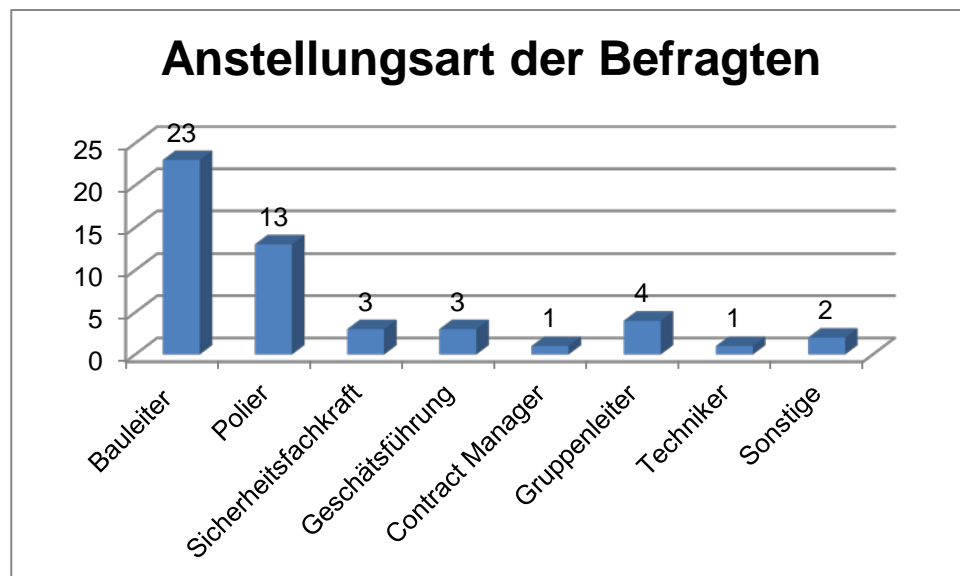


Abbildung 54: Anstellungsart der gesamten Befragungsmenge

¹⁵⁵ Die Auswertung kann dem digitalen Anhang entnommen werden.

Ergänzend anzuführen ist, dass in der Kategorie Sonstiges einmal keine Angabe gemacht wurde und einmal als Berufsbezeichnung „Selbstständiger“ angegeben wurde.

5.2.2 Verhältnis von Eigentum und Miete der Aufstiegsmethoden

Aus den Antworten der 17 Befragten des Onlinefragebogens geht hervor, dass diese durchschnittlich 1.865 Anlegeleitern, 172 Treppentürme und 25 im Gerüst integrierte Aufstiegsmöglichkeiten im Unternehmen zur Verfügung haben. Weiteres stellt Abbildung 55 die prozentuelle Verteilung der oben genannten Aufstiegsmöglichkeit in Miete und Eigentum dar.

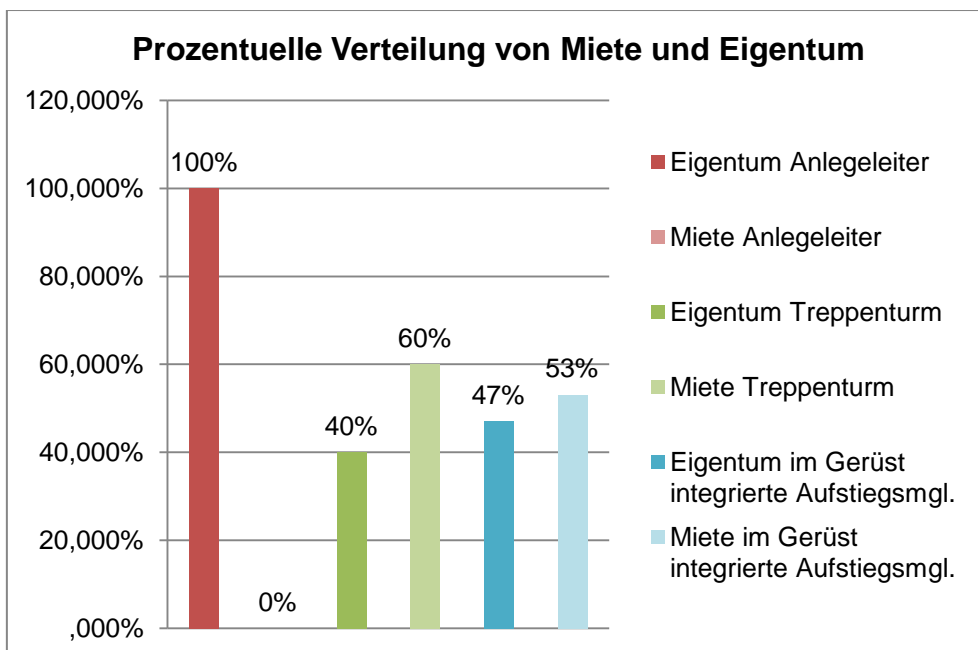


Abbildung 55: Prozentuelle Verteilung von Miete und Eigentum in Bezug auf die drei Aufstiegsmöglichkeiten

Es wird ersichtlich, dass Anlegeleitern zu 100 % Eigentum des Betriebes sind, während beim Treppenturm 40 % im Besitz des Unternehmens sind und 60 % angemietet werden. Bei der im Gerüst integrierten Aufstiegsmöglichkeit verhält es sich ähnlich mit 47 % Eigentum und 53 % Miete.

Weiters zeigt die Analyse der Antworten, dass größere Betriebe meist mehr Treppentürme und im Gerüst integrierte Aufstiegsmöglichkeiten im Unternehmen haben und hier der Anteil an Eigenbestand auch höher als bei den kleineren Unternehmen ist.

5.2.3 Einsatz von Treppentürmen

Im Rahmen des Fragebogens, des Interviewleitfadens und der Online Umfrage wurden die Probanden befragt, ob sie bereits einen Treppenturm eingesetzt haben, wobei die Antwortverteilung in Abbildung 56 ersichtlich ist.

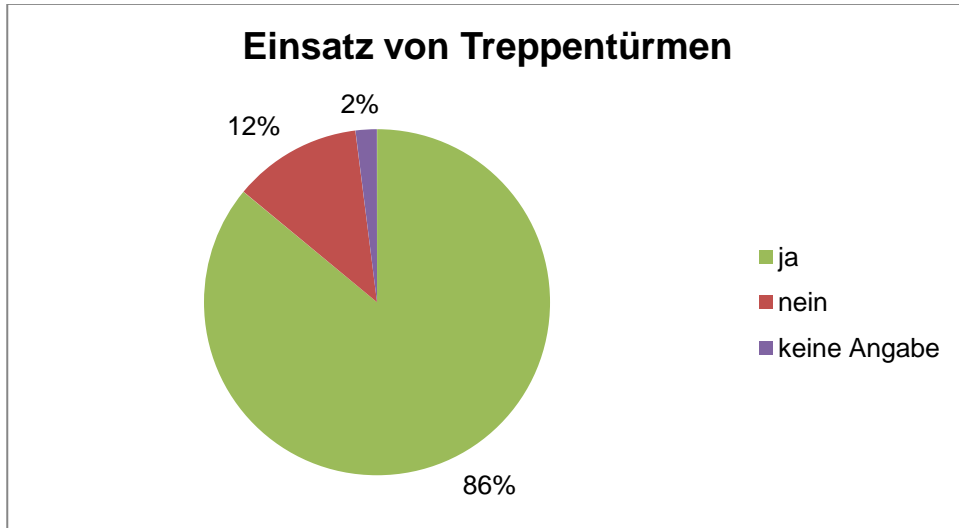


Abbildung 56: Einsatz von Treppentürmen bei der Befragungsmenge

86 % der Befragten gaben bekannt, dass sie bereits Erfahrungen im Einsatz mit Treppentürmen haben, wohingegen 12 % noch nie damit zu tun hatten. Die Restlichen 2 % der Befragten enthielten sich ihrer Stimme.

Weiteres sollte erhoben werden, welche Treppentürme am häufigsten eingesetzt wurden. Bei dieser Frage waren pro Proband auch mehrfach Nennungen oder gar keine Angabe möglich. Abbildung 57 gibt eine Übersicht über die genannten Firmen.

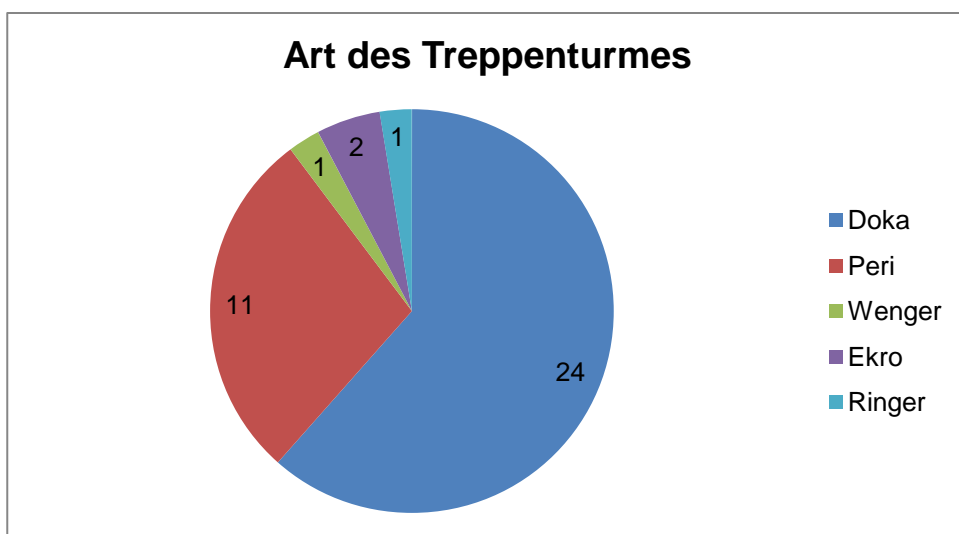


Abbildung 57: Anzahl der Nennungen der verschiedenen Treppentürme der verschiedenen Firmen

Abbildung 57 zeigt, dass Treppentürme der Firma Doka GmbH im Befragungsraum Österreich am häufigsten eingesetzt werden. Die Firma PERI GmbH landet mit knapp einem Drittel der Nennungen auf Platz zwei. Weiters wurden noch Treppentürme der Firma Gbr. Wenger AG, Ekro Kronsteiner GmbH und Ringer KG genannt.

Außerdem hatten 41,67 % der Probanden, die mit dem Interviewleitfaden befragt wurden, einen Treppenturm zu dieser Zeit auf der Baustelle. Grundsätzlich handelte es sich dabei durchwegs um Hochbaustellen zu Errichtung von Wohnanlagen oder Einkaufszentren bzw. zum Dachgeschoßumbau.

Zusätzlich wurde noch die gesamte Befragungsmenge nach den typischen Einsatzgebieten von Treppentürmen gefragt, was zu folgenden Ergebnissen führte:

- Hochbau
- Tiefbau
- Straßenbau
- Brückenbau
- Ingenieurbau

Spezifischer, sprich in den oben genannten Kategorien enthalten, wurden noch Kanalbau, Großbaustellen, Dachgeschoßausbau, Industrieumbau, Rohbau, Tunnelbau und Sanierungen genannt.

Um die Transportmöglichkeiten der einzelnen Aufstiegsmöglichkeiten bewerten zu können, wurden typische Materialien, die auf der Baustelle händisch – also ohne Kraneinsatz – transportiert werden, im Zuge des Interviewleitfadens erfasst. Die Befragten gaben bekannt, dass prinzipiell alle Bau-, Hilfs-, Kleinmaterialien, Kleingeräte und Anbauteile, die unter 25 kg wiegen, händisch transportiert werden, was wiederum die Lastobergrenze¹⁵⁶ für einen 20-35 Jahre alten Mann ist.

Konkreter wurden Kabelrollen, Beleuchtungen, Bewehrungsteile, Hammer, Kübel, kleine Rohre, Paneele, Schaufeln, Schalungsteile, Druckmessgeräte, Vermessungsgeräte, Besen, Rechen, Stemmhammer, Bohrmaschinen, Ziegel, Bauholz, Mörtel, kleine Stahlträger, Rüttelflaschen, Gasfalschen und Motorsägen erwähnt.

Weiters wurde durch die Befragungen erfasst, wie lange die Aufstiegsmöglichkeiten durchschnittlich eingesetzt werden. Abbildung 58: Durchschnittliche Einsatzdauer der Aufstiegsmethoden in Wochen zeigt die Ergebnisse der Befragung.

¹⁵⁶ http://www.suva.ch/nimms_leicht_wichtige_fragen_antworten.pdf. Datum des Zugriffs: 20.November.2013, 07:30

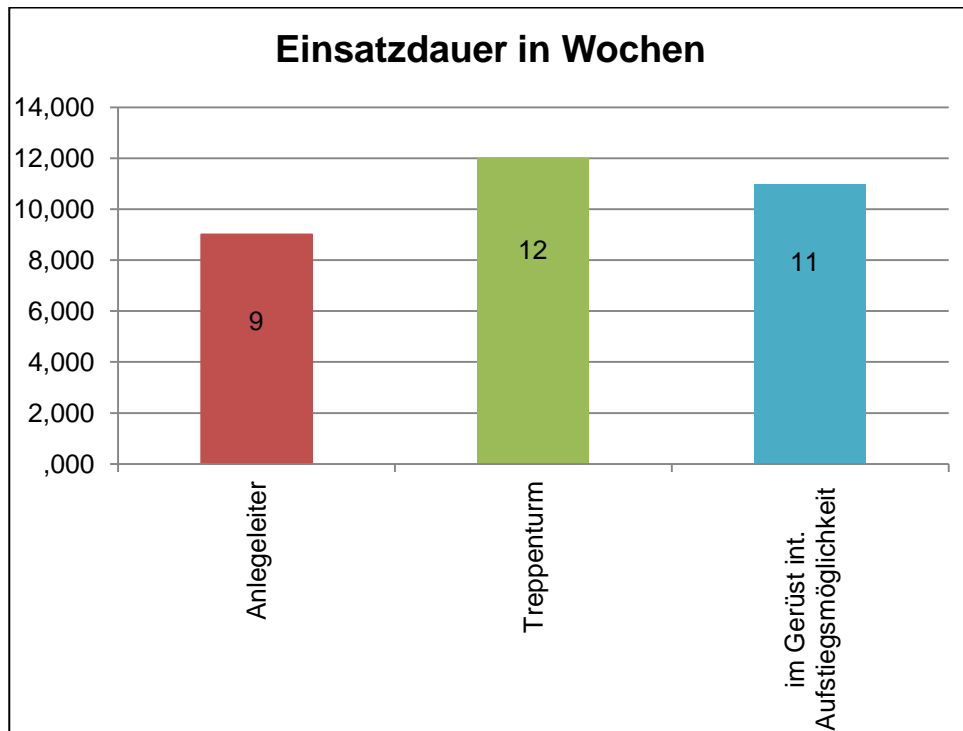


Abbildung 58: Durchschnittliche Einsatzdauer der Aufstiegsmethoden in Wochen

Es wird ersichtlich, dass der Treppenturm mit 12 Wochen am längsten, die im Gerüst integrierte Aufstiegsmöglichkeit mit 11 Wochen am zweit längsten und die Anlegeleiter mit 9 Wochen am kürzesten eingesetzt wird. Hier sei erwähnt, dass nur gut die Hälfte der Probanden diese Frage quantitativ beantwortet hat. Die Übrigen gaben hier als Antwort „kurz“ oder „lang“ an. Die qualitativen Antworten werden in Auswertung nicht berücksichtigt.

5.2.4 Wahl der Aufstiegsmöglichkeit

In einer weiteren Frage wurde eruiert, welche der drei Aufstiegsmöglichkeiten von den 50 Probanden präferiert wird. Da diese Präferenz nicht für alle Baustellen gleich ist, wurde in eine nötige Höhenüberwindung von 0 bis 3 Metern und größer 3 Metern unterschieden. Abbildung 59 und Abbildung 60 stellen die Ergebnisse dieser Befragung, dar.

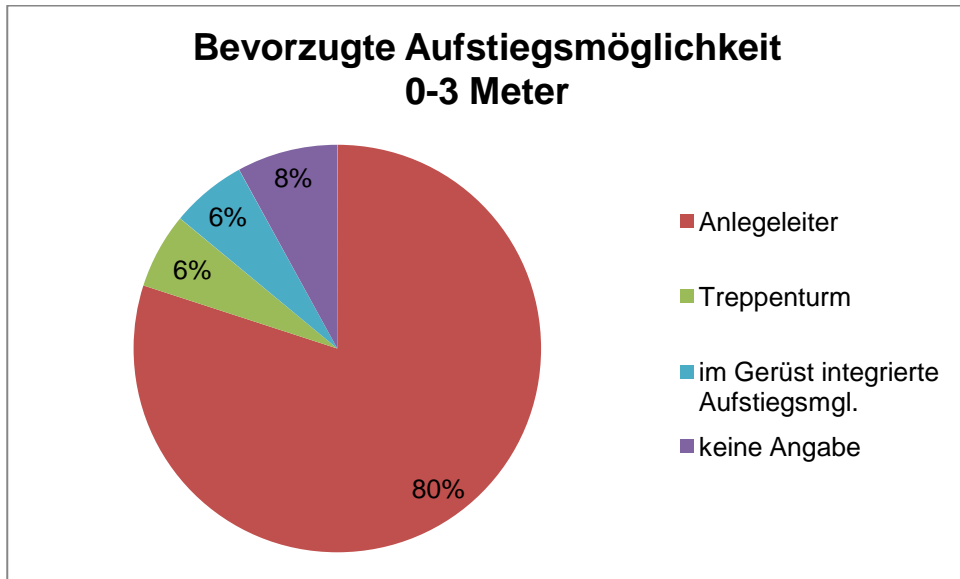


Abbildung 59: Bevorzugte Aufstiegsmöglichkeit bei einer Höhenüberwindung von 0-3 Metern

Abbildung 59 zeigt, dass der Großteil der Befragten, bei einer Höhenüberwindung von 0-3 Metern, die Anlegeleiter bevorzugt. Jeweils 6 % der Befragten würden hier einen Treppenturm oder eine im Gerüst integrierte Aufstiegsmöglichkeit verwenden. Die übrigen 8 % der Befragten mussten bei dieser Frage ausgeschlossen werden, da sie mehr als eine Angabe gemacht haben oder gar keine Antwort gegeben haben. Abbildung 60 zeigt hingegen die prozentuelle Verteilung bei einer Aufstiegshöhe über drei Metern.

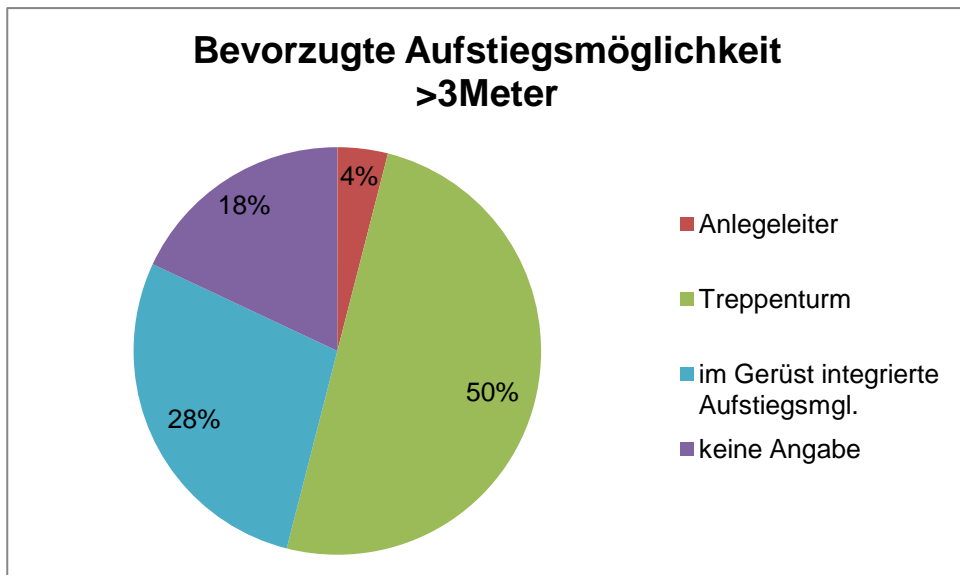


Abbildung 60: Bevorzugte Aufstiegsmöglichkeit bei einer Höhenüberwindung von >3 Metern

Bei einer Höhenüberwindung von über 3 Metern bevorzugen die Befragten mit 50 % der Stimmen den Treppenturm. 28 % der Befragten würden am liebsten das Arbeits- und Schutzgerüst mit integrierter Leiter verwenden und 4 % prä-

ferieren die Anlegeleiter. Die übrigen 18 % haben hier keine auswertbare Antwort gegeben.

Zusätzlich wurde bei dieser Frage nach der Begründung dieser Wahl gefragt, was wiederum zu folgenden Ergebnis führte:

- Flexibilität
- Platzbedarf
- Kosten
- Schneller Einsatz
- Sicherheit
- Einsatzdauer
- Gerüst und Treppenturm umständlich bei kleinen Höhen
- Unfallgefahr
- Transportmöglichkeit
- Wirtschaftlichkeit
- Einfachheit
- Komfortabel

Konkreter wurde in einer weiteren Frage erfasst, nach welchen Kriterien die Befragten ihre Aufstiegsmöglichkeit auswählen, wobei sie diese auch mit den Plätzen 1 bis 3 gewichten sollten. Anzumerken ist, dass von den Befragten 30 % keinen Platz 1, 32 % keinen Platz 2 und 36 % keinen Platz 3 nennen konnten.

Bei der Auswertung wurde die Anzahl der Nennungen eines Kriteriums erfasst und je nachdem auf welchem Platz es erwähnt wurde, wurde dieses durch Multiplikation mit drei, zwei oder einem Punkt, wobei für Platz eins die Meisten, und somit drei Punkte, gewichtet. Tabelle 4 zeigt die somit errechneten Punktezahlen je Kriterium.

Kriterium	Punkte
Sicherheit	77
Platzbedarf	26
Flexibilität	24
Kosten	20
Einsatzdauer	13
Auf- /Abstiegsgeschwindigkeit	13
Transportmöglichkeit	7
Wirtschaftlichkeit	7
zu überwindende Höhe	6
Anzahl der Arbeiter	3
Verfügbarkeit	3
Zeit	3
einfache Handhabung	2
Notwendigkeit	1
Summe	205

Tabelle 4: Punktezahlen der genannten Kriterien

Durch Analyse der Ergebnisse wurde festgestellt, dass die ersten sechs Kriterien bereits über 84 % der Gesamtpunkte abdecken, weshalb diese für die weitere Betrachtung und spätere Bewertung herangezogen werden. Tabelle 5 stellt diese sechs Kriterien mit ihrer prozentuellen Verteilung, dar.

Kriterium	%-Anteil der Antworten
Sicherheit	37,56%
Platzbedarf	12,68%
Flexibilität	11,71%
Kosten	9,76%
Einsatzdauer	6,34%
Auf- /Abstiegsgeschwindigkeit	6,34%
Summe	84,39%

Tabelle 5: Prozentuelle Gewichtung der Hauptkriterien

Mit fast 40 % der Gesamtpunkteanzahl ist den Befragten die Sicherheit der Aufstiegsmöglichkeit am wichtigsten.

5.2.5 Eigenschaften je Aufstiegshilfe

Für die Bewertung der Aufstiegshilfe, ist es essentiell ihre Lebensdauer zu bestimmen. Da es hierfür keine bestehenden Daten gibt, wurden die Probanden aufgefordert anzugeben, wie lange sie die drei Aufstiegsmöglichkeit verwenden können, bevor diese nicht mehr einsatzfähig sind und ausgetauscht werden müssen. In Bezug auf die Anlegeleiter konnten 74 % der Befragten diese Frage beantworten. Im Gegensatz dazu fiel die Beantwortungsquote beim Treppenturm und der im Gerüst integrierten Aufstiegsmethode mit jeweils 50 % etwas geringer aus.

Die Verteilung der Antworten ist in einem Boxplot in Abbildung 61 dargestellt.

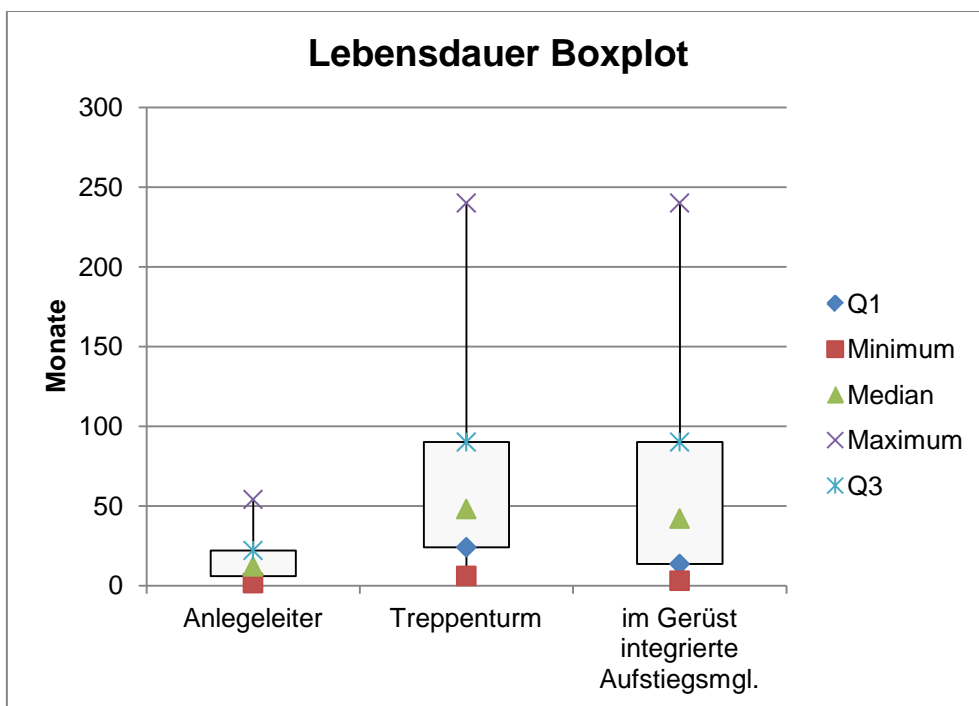


Abbildung 61: Boxplot über die genannte Lebensdauer der Aufstiegshilfen

Es wird ersichtlich, dass die Antworten eine große Streubreite haben, wobei jeweils beim Treppenturm und bei der im Gerüst integrierten Aufstiegsmöglichkeit einmal mit 1000 Monaten geantwortet wurde und da dieser Wert sehr unrealistisch ist und enorm von den anderen abweicht, wurde er aus der Auswertung ausgeschlossen.

Somit ergeben sich zufolge der Befragung im Mittel die nachfolgenden Lebensdauern:

- Anlegeleiter: 14 Monate
- Treppenturm: 69 Monate
- Im Gerüst integrierte Aufstiegsmöglichkeit: 70 Monate.

Ein weiteres Ziel der Befragungen war die Ermittlung der Aufstelldauer der verschiedenen Aufstiegsmethoden. Da die Frage in allen drei Befragungswerkzeugen, wie folgt, formuliert war:

„Wie lange dauert der Aufbau von Anlegeleitern/Treppentürmen/im Gerüst integrierten Aufstiegshilfen?“

musste eine Annahme zur Größe der aufgebauten Aufstiegsmöglichkeit getroffen werden. Da bereits einige Erfahrungswerte aus den Versuchsaufbauten und Baustellenbeobachtungen, die im Zuge des Forschungsprojektes durchgeführt wurden, gesammelt werden konnten, sind folgende Größenannahmen getroffen worden:

- Aufbaudauer der Anlegeleiter umfasst eine Geschoßhöhe
- Aufbaudauer der des Treppenturmes umfasst zwei Geschoßhöhen
- Aufbaudauer der im Gerüst integrierten Aufstiegsmöglichkeit umfasst zwei Geschoßhöhen.

Zusätzlich sei an dieser Stelle erwähnt, dass der Interviewleitfaden für die im Gerüst integrierte Aufstiegsmöglichkeit Aufbaudauern pro Geschoß hervorbrachte und das somit die Angabe von den übrigen Befragungswerkzeugen abweicht. Da diese drei Antworten deswegen sehr stark von den anderen streuen, wurden sie aus der Auswertung rausgenommen. Weiters wurden Aufstellauern von über 15 Stunden für den Treppenturm oder einer im Gerüst integrierten Aufstiegsmöglichkeit über zwei Ebenen und eine Montagezeit von über einer Stunde für die Anlegeleiter als unrealistisch eingestuft und aus der Mittelwertberechnung ausgeschlossen. Resultierend stellen Abbildung 62 und Abbildung 63 die Antwortverteilung in Bezug auf die Aufstelldauer im Rahmen von Boxplots dar.

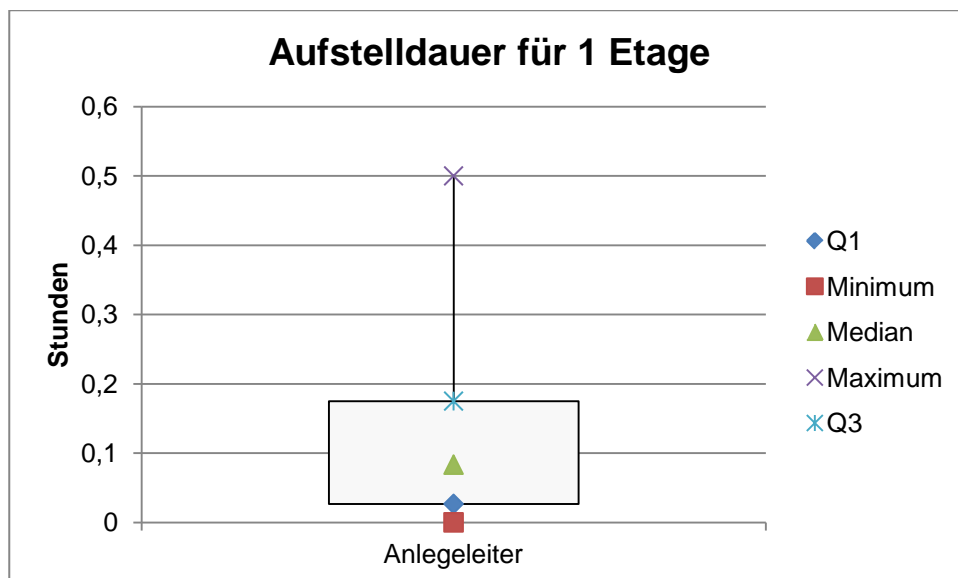


Abbildung 62: Boxplot über die genannte Aufstelldauer der Anlegeleiter über eine Etage

Es wird gezeigt, dass die meisten der Befragten eine Aufstelldauer der Leiter von unter 10 Minuten für eine Ebene angaben, wodurch sich ein Mittelwert von gut acht Minuten ergibt.

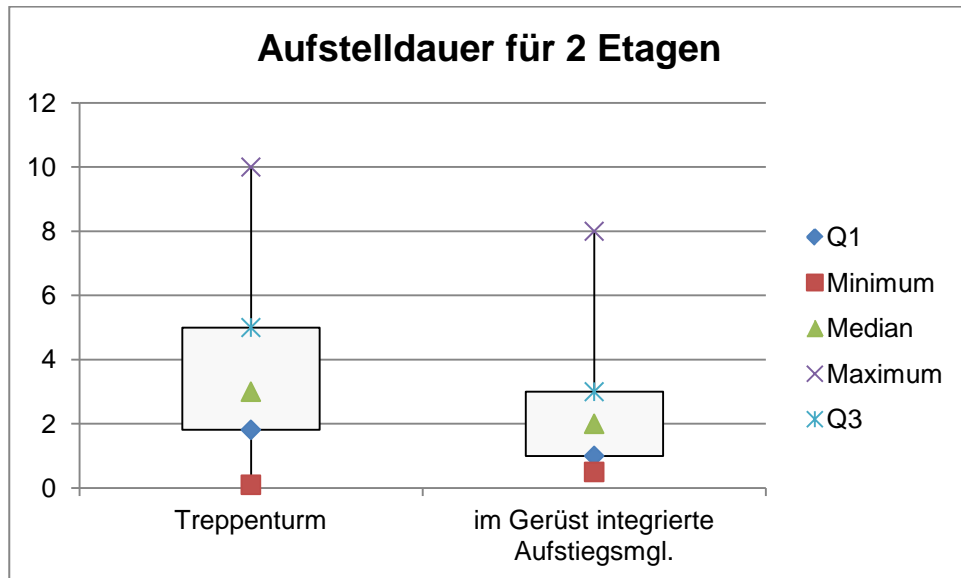


Abbildung 63: Boxplot über die genannten Aufstellauern von Treppentürmen und im Gerüst integrierten Aufstiegsmöglichkeiten über zwei Etagen

In Abbildung 63 wird die Streuungsbreite der Antworten in Bezug auf die Aufstellauern von Treppentürmen und im Gerüst integrierte Aufstiegshilfen ersichtlich, wobei sich im Schnitt für ersteres 3 Stunden und 40 Minuten und für zweiteres 2 Stunden und 16 Minuten ergeben. An dieser Stelle ist anzumerken, dass der Aufbau, der im Gerüst integrierten Aufstiegshilfe sowohl den Aufbau des Gerüstes selbst, als auch das Einlegen der Leiterngangtafel beinhaltet. Die erfassten Werte werden später im Zuge der Baustellenbeobachtung überüberprüft. (Vgl. Kapitel 6)

Bei der Befragung der 12 Probanden mittels Interviewleitfaden, wurden die Vor- und Nachteile des Treppenturmes erfragt. In Tabelle 6 sind die Ergebnisse, die auf der persönlichen Meinung der Befragten beruhen, dargestellt.

Vorteile eines Treppenturmes	Nachteile eines Treppenturmes
Erweiterbarkeit	Kosten
Gute Transportmöglichkeiten	Platzbedarf
Umsetzmöglichkeit	Höhendifferenz zum Gebäude
Standfestigkeit	Aufwendiger Auf- und Abbau
Sicherheit	Unflexibel
Gegenverkehr möglich	
Einfache Systembauweise	
Auf- /Abstiegsgeschwindigkeit	

Tabelle 6: Vor- und Nachteile eines Treppenturmes

Weiters wurden diese ausgewählten Personen dazu befragt, ob sie Besonderheiten bei den drei Aufstiegsmethoden hinsichtlich des Transportes der Materialien bemerken.

Hier wurde häufig erwähnt, dass hier Unterschiede betreffend der Sicherheit der Bauarbeiter spürbar sind. Weiters ist der Transport über den Treppenturm schonender und kraftsparender für den Arbeiter und geht schneller. Jedoch ist der Transport von sperrigen Materialien auf dem Treppenturm unpraktisch, da sich hier nicht genügend Bewegungsfreiraum bietet. Zusätzlich wurde noch erwähnt, dass die Sicherheitsvorschriften auf vielen Baustellen nicht eingehalten werden und somit die Unterschiede nicht so immens sind, wie sie eigentlich sein sollten.

Ein weiterer Abschnitt der Befragung mittels Interviewleitfaden, befasste sich mit den Arbeitsunfällen. Zu der Frage, ob sich vermehrt Unfälle auf Leitern im Vergleich zu Treppenturm und im Gerüst integrierter Aufstiegsmöglichkeit ereignen, ergab sich folgende Antwortverteilung, wie in Abbildung 64 ersichtlich.

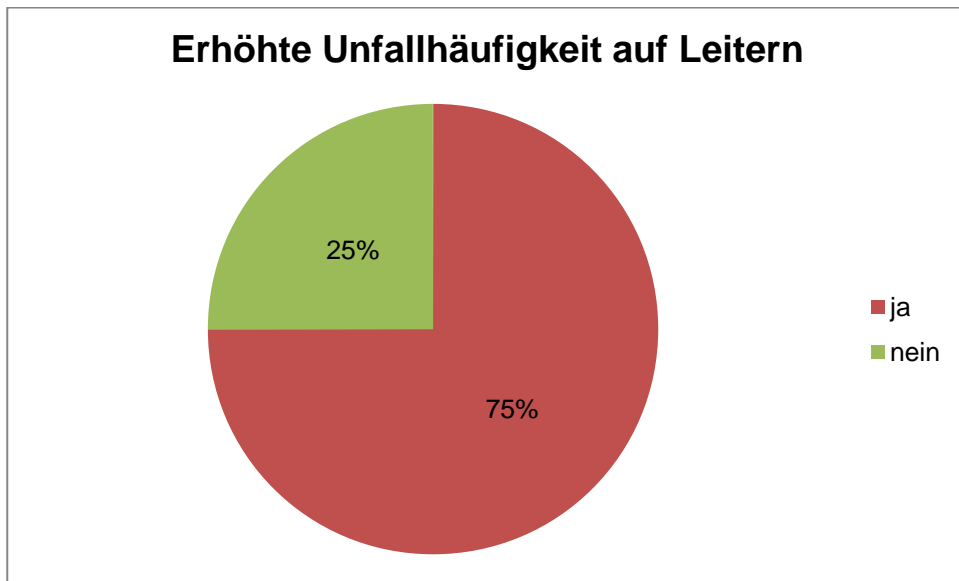


Abbildung 64: Erhöhte Unfallhäufigkeit auf Leitern

Als Hauptunfälle auf Leitern nannten die Befragten stolpern, umkippen, abstürzen, wegrutschen und danebentreten, was wiederum zu Brüchen, Kopf- und Rückenverletzungen, Wunden und oberflächlichen Verletzungen am Kopf, Frakturen am Schädel und an den Extremitäten führt. Beim Treppenturm wurde als Hauptunfallart das Stolpern angeführt, das zum Überknöcheln, Kopfanstoßen, Wunden und oberflächlichen Verletzungen und zu Knochenbrüchen führen kann. Hinzuzufügen ist, dass 33 % der Befragten angaben, dass es keine Unfälle auf Treppentürmen gibt. Bei der im Gerüst integrierten Aufstiegsmöglichkeit wurde neben dem Stolpern auch das Abstürzen vor allem durch ein offenes Falloch erwähnt. Als häufigste Verletzungsart wurde hier das Überknöcheln und das Kopfanstoßen genannt. An dieser Stelle äußerten sich 42 % dazu, dass es bei im Gerüst integrierten Aufstiegsmöglichkeiten zu keinen Unfällen kommt.

Vergleicht man diese Ergebnisse mit den Auswertungen der Statistik der AUVA (Vgl. Abbildung 47), bei denen Dislokationen, Verstauchungen und Zerrungen der unteren Extremitäten, Wunden und oberflächliche Verletzungen an den oberen und unteren Extremitäten und Frakturen an den unteren und oberen Extremitäten die häufigsten Verletzungsarten sind, wird gezeigt, dass dies mit den Nennungen der Befragten übereinstimmt.

5.2.6 Wartung und Instandhaltung der Aufstiegsmöglichkeiten

Im Zuge des Interviewleitfadens wurden die 12 Probanden gebeten, typische Reparaturen, die bei den drei Aufstiegshilfen nötig werden, zu nennen.

In Bezug auf die Leiter haben sich 25 % ihrer Stimme enthalten, weiter 25 % gaben an, dass, wenn möglich, Sprossen gekürzt werden, aber der Großteil mit 50 % sagte, dass Leitern nicht repariert werden, sondern ausgetauscht werden.

Beim Treppenturm meinten 75 %, dass es keine Reparaturen gibt, da dieser ständig von Firmen gewartet wird. Die übrigen 25 % sagten, dass eventuell Nieten oder Beläge auszutauschen sind, wobei dies erst nach drei bis fünf Jahren nötig wird.

Hinsichtlich der im Gerüst integrierten Aufstiegsmöglichkeit enthielten sich 50 % ihrer Stimme und weitere 25 % gaben an, dass es zu keinen Reparaturen kommt, da die produzierende oder vermietende Firma, die regelmäßige Wartung übernimmt. Knapp 17 % sagten, dass eventuell Nieten und Beläge nach drei bis 5 Jahren zu tauschen sind und die Restlichen 8 % erwähnten, dass es möglicherweise zu kleinen Schweißarbeiten kommt.

Im Zuge der Onlinebefragung wurden insgesamt 17 Probanden gebeten, die Austauschgründe der einzelnen Aufstiegsmöglichkeiten prozentuell in die Kategorien Abnutzung, Gewaltschäden, Verlust und andere einzuteilen. Da sich die Gründe je Aufstiegsmöglichkeit in Summe zu 100 % ergeben müssen, musste ein Onlinefragebogen, der dieses Kriterium nicht erfüllt, aus derwertung ausgeschlossen werden. Die übrigen 16 Beantwortungen führten bei den drei Aufstiegsmöglichkeiten zu folgenden Ergebnissen, wie in Abbildung 65, Abbildung 66 und Abbildung 67 ersichtlich.

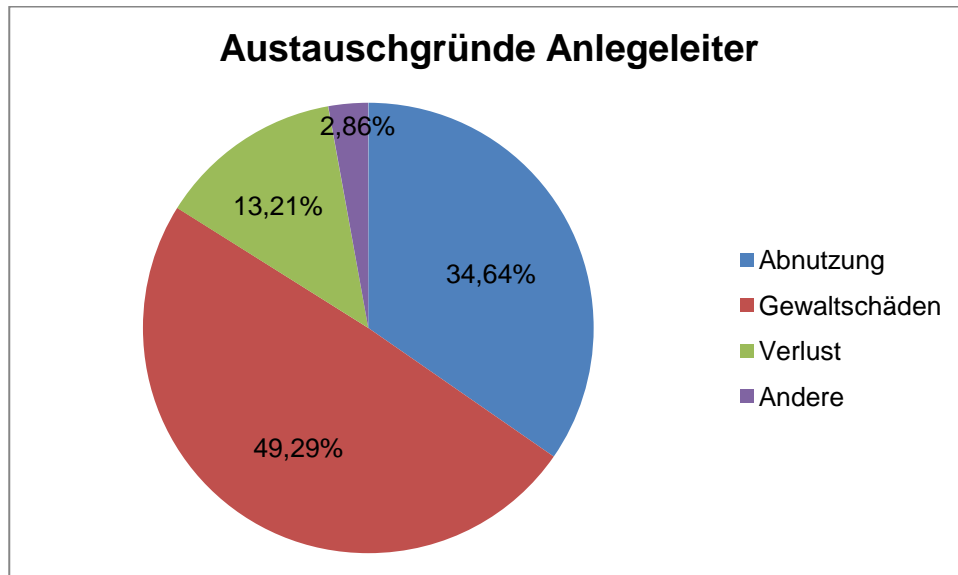


Abbildung 65: Austauschgründe der Anlegeleiter

Es wird ersichtlich, dass mit knapp 50 % die Einsatzunfähigkeit von Anlegeleitern durch Gewaltschäden verursacht wird. Weitere 34,64 % müssen aufgrund von Abnutzungen ausgetauscht während 13,21 % schlicht weg verloren gehen. Die Restlichen 2,86 % müssen aus anderen Gründen ausgeschieden werden.

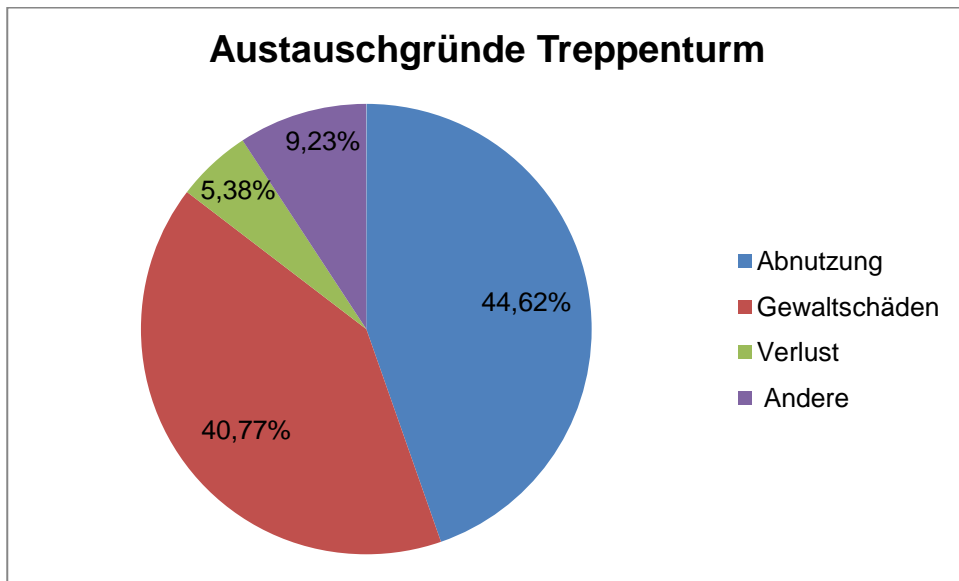


Abbildung 66: Austauschgründe des Treppenturmes

Abbildung 67 zeigt, dass knapp 45 % der Treppentürme durch Abnutzung aus dem Verkehr gezogen werden. Ähnlich häufig mit 40,77 % werden sie durch Gewaltschäden zerstört und gut 5 % werden verloren. 9,23 % der Treppentürme werden auf Grund von anderen Umständen aus dem Betrieb gezogen.

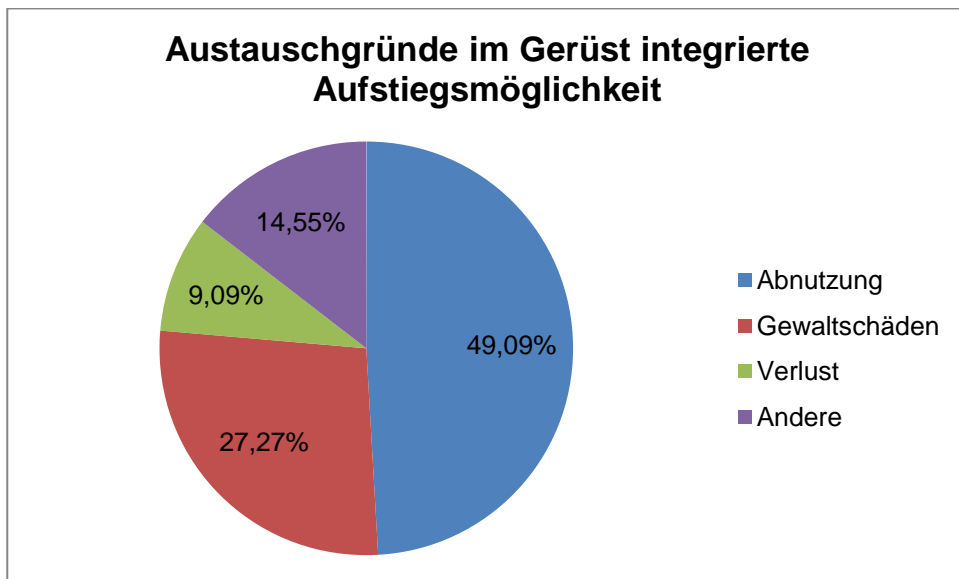


Abbildung 67: Austauschgründe der im Gerüst integrierten Aufstiegsmöglichkeit

Im Mittel gaben die Befragten mit 49,09 % bekannt, dass die im Gerüst integrierte Aufstiegsmöglichkeit auf Grund von Abnutzung ausgetauscht werden muss. An zweiter Stelle wurden mit 27,27 % Gewaltschäden genannt, während weitere 9,09 % auf Grund von Verlusten ausgeschieden werden. Die übrigen 14,55 % sind keiner der drei Kategorien zuzuordnen.

Im Vergleich kann gesagt werden, dass für alle drei Aufstiegsmethoden Abnutzungen und Gewaltschäden die häufigsten Ursachen für einen Austausch sind, wobei die Anlegeleiter eher zu Gewaltschäden und der Treppenturm und die im Gerüst integrierte Aufstiegsmöglichkeit eher zu Abnutzung tendierten.

Da die drei Aufstiegsdauern unterschiedliche Lebensdauern aufweisen, sollten die Befragten im Rahmen des Onlinefragebogens in einem nächsten Schritt die jährlichen Austauschkosten, das heißt die finanziellen Mittel, die nötig sind, um die Aufstiegsmethode durch eine neue zu ersetzen, wenn diese nicht mehr einsatzfähig ist, bekanntzugeben. Abbildung 68 zeigt die jährlichen Austauschkosten der einzelnen Aufstiegsmethoden.

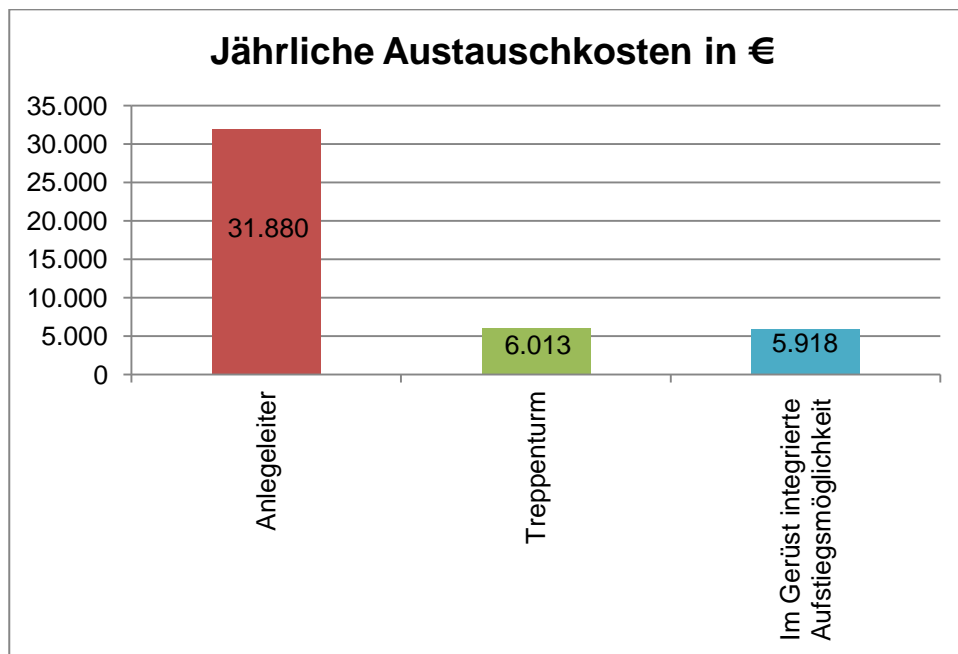


Abbildung 68: Jährliche Austauschkosten der Aufstiegsmethoden in €/Jahr

Da die Lebensdauer einer Anlegeleiter wesentlich kürzer als die eines Treppenturmes oder einer im Gerüst integrierten Aufstiegsmöglichkeit ist, sind die Austauschkosten für diese mit 31.880 € pro Jahr auch wesentlich höher als bei den anderen beiden. Die jährlichen Austauschkosten für einen Treppenturm oder eine im Gerüst integrierte Aufstiegsmöglichkeit sind mit 6.013 € und 5.918 € jeweils unter 20 % der jährlichen Austauschkosten der Kategorie Anlegeleiter.

Um eine repräsentative Übersicht der jährlichen Kosten für die drei Aufstiegsmöglichkeiten zu erhalten, wurden neben den Austauschkosten auch noch die jährlichen Instandhaltungskosten für Anlegeleitern, Treppentürme und im Gerüst integrierter Aufstiegsmöglichkeiten im Zuge des Onlinefragebogens erfasst. Abbildung 69 zeigt die Ergebnisse dieser Frage, gemittelt auf die Befragungsmenge.

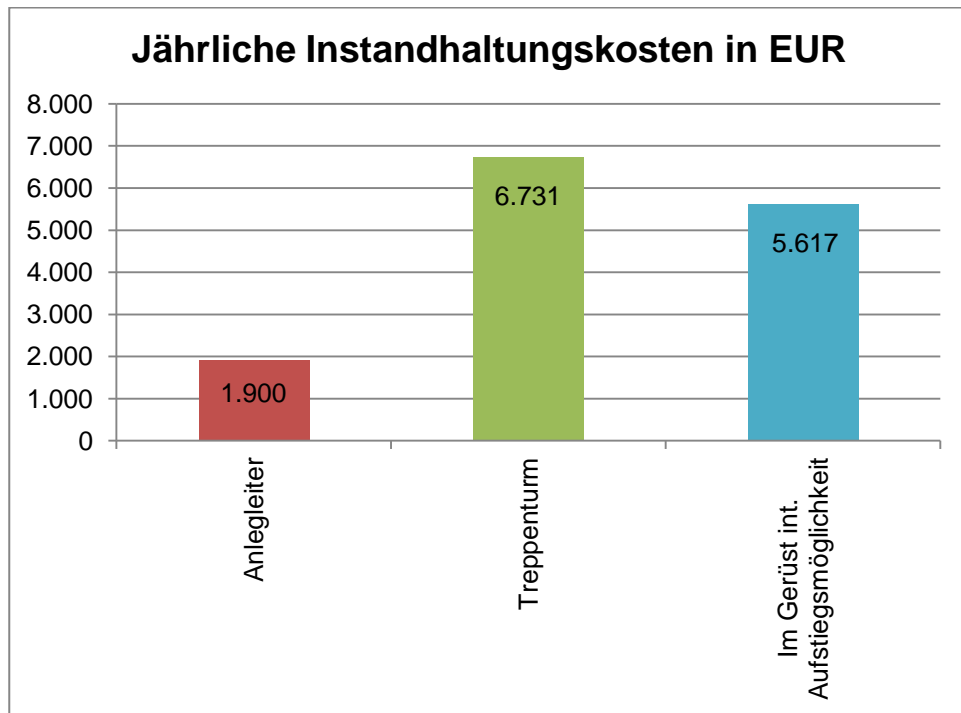


Abbildung 69: Jährliche Instandhaltungskosten der Aufstiegsmethoden in €/Jahr

Es wird ersichtlich, dass die Instandhaltungskosten bei der Anlegeleiter mit rund 1.900 € am geringsten sind. An zweiter Stelle mit einem dreimal so hohen Betrag von 5.617 € wurden die Instandhaltungskosten der im Gerüst integrieren Aufstiegsmöglichkeit genannt. Mit 6.731 € pro Jahr, und somit dem 3,5-fachen der Instandhaltungskosten in der Kategorie Anlegeleiter, schlagen die geschätzten Wartungskosten eines Treppenturmes zu buche.

Betrachtete man nun die Austauschkosten und Instandhaltungskosten der drei Aufstiegsmöglichkeiten im Gesamten, kann ein Trend für die jährlichen Kosten, wie in Abbildung 70 ersichtlich, gefolgert werden.

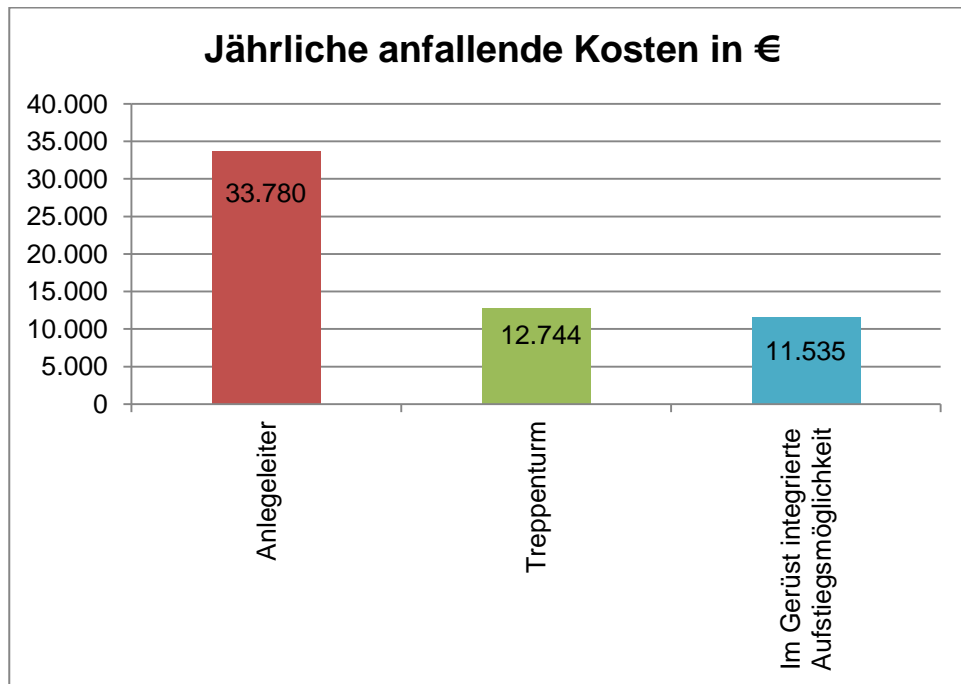


Abbildung 70: Summe der jährlichen Instandhaltungs- und Austauschkosten der Aufstiegsmethoden in €/Jahr

Es wird ersichtlich, dass für den reibungslosen Einsatz von Anlegeleitern geschätzte 33.780 € pro Jahr aufgebracht werden müssen. Dies ist etwa das 2,7-fache der Kosten eines Treppenturmes bzw. das 2,9-fache der aufzubringenden finanziellen Mittel in Bezug auf die im Gerüst integrierte Aufstiegsmöglichkeit.

5.3 Conclusio der Befragung

Insgesamt konnten 50 Personen im Zuge dieser Erhebung befragt werden, wobei 86 % davon bereits Erfahrungen mit Treppentürmen haben.

Die Befragung ergab, dass die wichtigsten Kriterien zur Wahl der Aufstiegshilfe Sicherheit, Platzbedarf, Flexibilität und Kosten sind. Diese Erfassung kann in weiterer Folge für die Nutzwertanalyse verwendet werden.

Weiters konnten von den Probanden wesentlich mehr Vor- als Nachteile genannt werden sowie Sicherheit, Erweiterbarkeit, gute Transportmöglichkeit, Umsetzungsmöglichkeit, Möglichkeit des Gegenverkehrs, Standfestigkeit, einfache Systembauweise und die Auf- und Abstiegsgeschwindigkeit. Als Nachteile wurden Kosten, Platzbedarf, Höhendifferenz zum Gebäude, aufwendiger Auf- und Abbau und die nicht vorhandene Flexibilität erwähnt. All diese Vor- und Nachteile sollen im Zuge der späteren Bewertung aufgegriffen werden.

Zudem wurde angegeben, dass keine Unterschiede in Bezug auf die Transportmöglichkeiten auf den Aufstiegshilfen bemerkbar sind, jedoch wurde hinzugefügt, dass das auf das Ignorieren der Sicherheitsvorschriften zurückgeht. Was wiederum dazu führt, dass 75 % der Befragten meinten, dass auf Anlegelei-

tern vermehrt Unfälle passieren, wohingegen 33 % bekanntgaben, dass auf Treppentürmen nie Unfälle passieren.

Abschließend ist noch hinzuzufügen, dass der Großteil der Befragten berichtete, dass Leitern grundsätzlich nicht repariert werden, sonder ein Wegwerfprodukt sind.

6 Dritter Teil der Datenerhebung - Beobachtung

Um der Realität entsprechende Zahlen und Fakten zu eruieren, wurden im Rahmen dieser Arbeit zahlreiche Beobachtungen auf Baustellen und eigens dafür kreierten Versuchsaufbauten durchgeführt.

Es werden drei Beobachtungsarten unterschieden:

- Baustellenbeobachtung zur Messung der Aufbau-/Abbauzeiten
 - Messung der Aufbauzeit am EKZ Wachau
 - Messung der Abbauzeit am EFH Wien
- Baustellenbeobachtung zur Messung der Auf-/Abstiegshäufigkeiten
 - Messung der Auf-/Abstiegshäufigkeiten am EKZ Wachau
 - Messung der Auf-/Abstiegshäufigkeiten am EFH Wien
 - Messung der Auf-/Abstiegshäufigkeiten am Styria Media Center Graz
- Versuchsaufbauten zur Messung der Auf-/Abstiegszeiten
 - Lehrlingspraxistag in Guntramsdorf
 - Versuchsaufbau zur Simulation von vertikalen Verkehrswegen in Guntramsdorf

6.1 Baustellenbeobachtung zur Messung der Aufbau-/Abbauzeiten¹⁵⁷

Da der Aufwand für den Auf- und Abbau in Relation zum Einsatz des Arbeitsmittels stehen muss und es hierfür keine Nachschlagewerke gibt, wird die Auf- und Abbauezeit neben der Befragung auch auf Baustellen gemessen.

6.1.1 Messung der Aufbauzeit beim EKZ Wachau

Am 24.07.2013 fand auf der Baustelle des Einkaufszentrums Wachau der Aufbau einer ca. 6 m hohen „PERI UP Rosett Flex Gerüsttreppe 75“ mit Belag UDI (Vgl. Abbildung 71) statt. Er sollte später zur Begehung der Deckenschalung dienen, die 5,05 m hoch war. Dieser Umstand wurde zur Erfassung der Aufbauzeiten genutzt. Die Erhobenen Daten sind im nachfolgenden dargestellt.

Startzeit: 09:22

Endzeit: 11:37

Pause von 10:04 bis 10:38

Reine Arbeitszeit: 1 Stunde 41 Minuten

Anzahl der Arbeiter: 9:22- 10:04 → 2 Arbeiter

10:38-11:37 → 2 Arbeiter + 1 Kontrolleur

Uhrzeit	Temperatur	Luftfeuchtigkeit	Luftgeschwindigkeit
9:00	24,9°C	51,7 %	0 m/s
10:00	25,7°C	44,8 %	0,3 m/s
11:00	31,9°C	39,2 %	0 m/s

Tabelle 7: Wetterdaten während des Aufbaus



turm am EKZ Wachau

¹⁵⁷Datenerhebungsblätter können dem digitalen Anhang entnommen werden.

6.1.2 Messung der Abbauzeit beim EFH Wien¹⁵⁸

Ergänzend zur gemessenen Aufbauzeit, wurde im Zuge einer Bachelorarbeit zur Erfassung von Auf- und Abstiegshäufigkeit im Hochbau am 21.08.2013 eine „PERI UP Rosett Flex Gerüsttreppe 75“ mit Belag UDI (Vgl. Abbildung 72), mit einer ungefähren Höhe von 10 m, abgebaut. Während des Abbaus wurden folgende Daten erfasst:

Startzeit: 13:45

Endzeit: 14:50

Reine Arbeitszeit: 1 Stunde 5 Minuten

Anzahl der Arbeiter: 13:45-14:00 → 2 Arbeiter

14:00-14:50 → 4 Arbeiter



Abbildung 72: Treppenturm beim Umbau des EFH Wien

Uhrzeit	Temperatur	Luftfeuchtigkeit	Luftgeschwindigkeit ¹⁵⁹
13:00	21°C	51,7 %	nahezu windstill
14:00	21°C	44,8 %	nahezu windstill
15:00	21°C	39,2 %	nahezu windstill

Tabelle 8: Wetterdaten während des Abbaus

6.1.3 Conclusio der gemessen Auf- und Abbauzeiten

Laut Baustellenmessung ergab sich eine Aufbauzeit für drei Ebenen von 1 Stunde und 41 Minuten. Dieser Wert liegt deutlich unter den Werten, die im Zuge der Befragung erfasst wurden. (Vgl. Kapitel 5.2.5) Für die spätere Bewertung der Aufstiegsmöglichkeiten wird die Aufstellzeit dahingehend angepasst.

Außerdem wird kenntlich, dass für den Abbau einer Gerüsttreppe wesentlich weniger Zeit als für den Aufbau benötigt wird.

¹⁵⁸ Daten entnommen aus: Lippitz, J.: Baustellenbeobachtung – Einsatz von Treppentürmen im Hochbau. Bachelorarbeit vorgelegt am Institut für Baubetrieb und Bauwirtschaft Projektentwicklung und Projektmanagement; TU-Graz 2013

¹⁵⁹ Da bei dieser Baustellenbeobachtung kein Messgerät vorhanden war, wurde hier das persönliche Empfinden angeführt.

6.2 Baustellenbeobachtung zur Messung der Auf-/Abstiegshäufigkeiten

Da sich der Einsatz eines Treppenturmes oder einer im Gerüst integrierten Aufstiegsmöglichkeit oft erst rechnet, wenn eine gewisse Anzahl an Aufstiegen getätigt wird, es hierzu jedoch keine bestehende Literatur gibt, sollten auf drei verschiedenen Baustellen in Österreich die Auf- und Abstiegshäufigkeiten ermittelt werden. Dazu erfolgte die Erfassung der Daten, wie bereits im Kapitel 3.1.3 erwähnt, im Zuge von Bachelorarbeiten.

Diese Messungen sollen zur groben Einschätzung der täglichen Auf- und Abstiegshäufigkeit auf Hochbaubaustellen dienen. Weiters soll die Erfassung der händisch transportierten Materialien, im Zuge der Baustellenbeobachtung, ergänzend zu den Ergebnissen der Befragung aus dem 5. Kapitel dieser Arbeit sein.

6.2.1 Messung der Auf-/Abstiegshäufigkeiten bei der Baustelle des EKZ Wachau¹⁶⁰

Bei der ersten Baustelle, handelt es sich um eine Großbaustelle der Firma Granit zur Erweiterung des Einkaufszentrums Wachau. Die Datenerhebung fand von 29.7.2013 bis 01.08.2013 täglich von 6:30 bis 18:30 Uhr bzw. am 02.08.2013 von 06:30 bis 14:30 Uhr statt. Gemäß der Aussage des Polieres, waren täglich 70-80 Arbeiter auf der Baustelle tätig, während im Schnitt 12 davon den Treppenturm nutzten. Die Bauarbeiter waren während des Untersuchungszeitraumes mit der Deckenschalung zwischen EG und 1. OG beschäftigt. (Vgl. Abbildung 73). Erwähnenswert ist noch, dass die Bauarbeiter ihre Pause in kleinen Gruppen zu unterschiedlichen Zeiten einnahmen, da die Kapazität der Container dies nicht anders zuließ.

¹⁶⁰ Daten entnommen aus: Grimming, M.: Baustellenbeobachtung – Datenerhebung: Benützung von Treppentürmen im Hochbau. Bachelorarbeit vorgelegt am Institut für Baubetrieb und Bauwirtschaft Projektentwicklung und Projektmanagement; TU-Graz 2013



Abbildung 73: Baustelle EKZ Wachau

Zur besseren Orientierung zeigt Abbildung 74 eine Skizze der Baustelle.

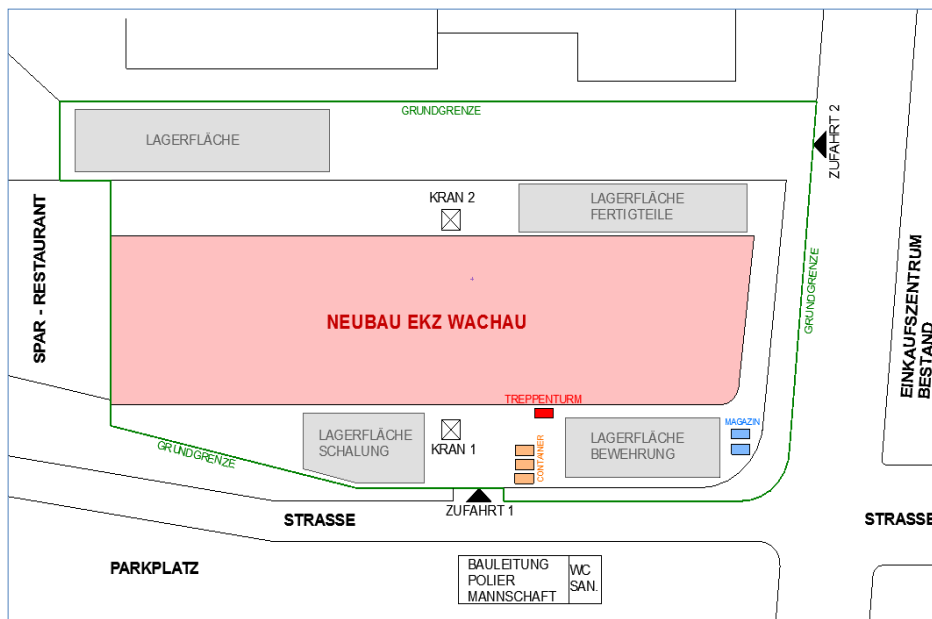


Abbildung 74: Baustellenskizze EKZ Wachau

Weiters stellt Abbildung 75 die Auf- und Abstiege der Beobachtungswoche, aufsummiert je Zeitintervall zur Analyse der Stoßzeiten, dar.

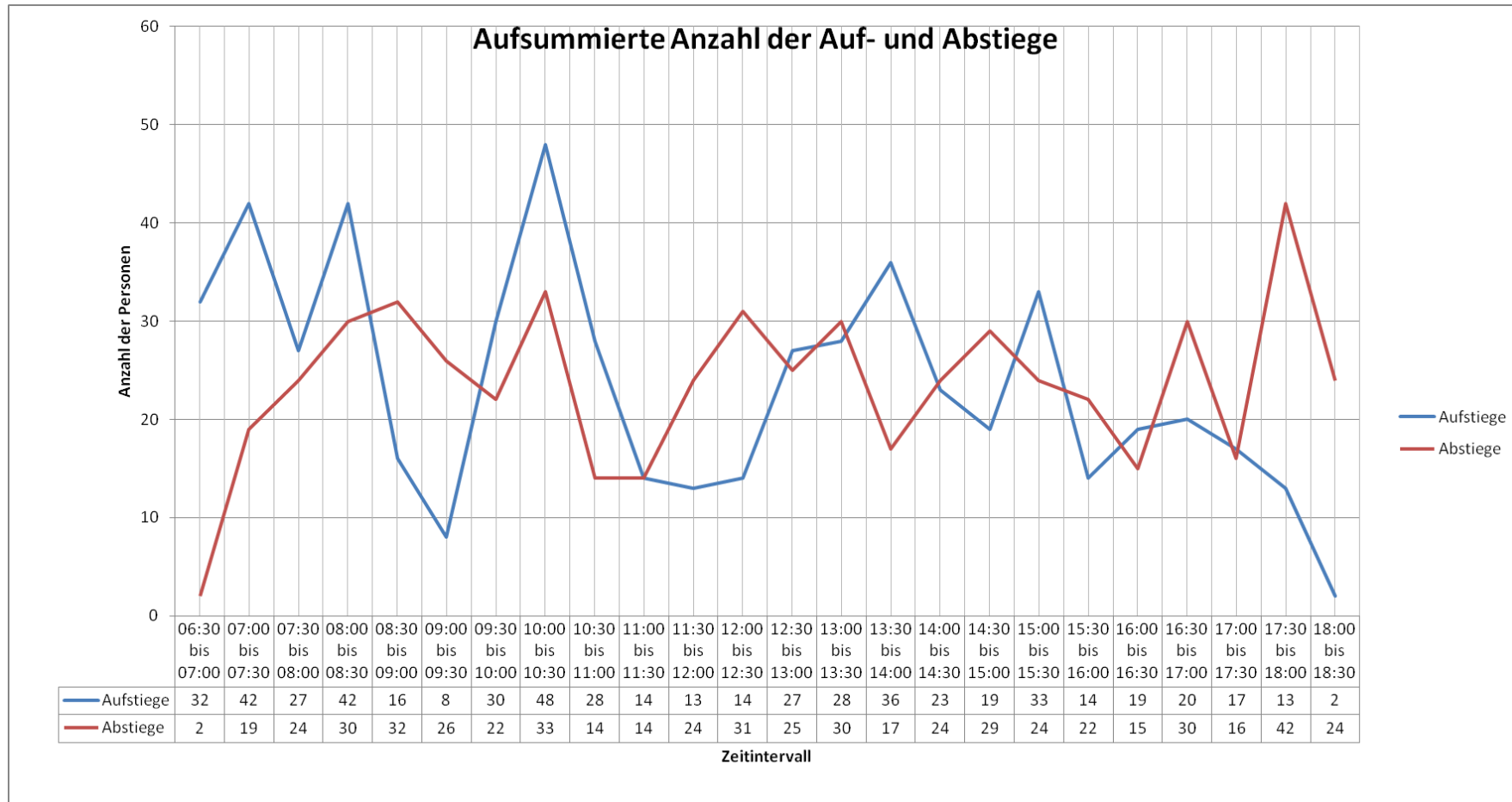


Abbildung 75: Aufsummierte Anzahl der Auf- und Abstiege in der Beobachtungswoche EKZ Wachau zur Analyse der Stoßzeiten

In Abbildung 75 sind die Stoßzeiten erkenntlich, in denen die meisten Auf- und Abstiege getätigt wurden. Außerdem variiert der Arbeitsbeginn auf dieser Baustelle für die Arbeiter zwischen 07:00 und 08:00 Uhr, wodurch zwei Aufstiegs- spitzen in diesem Zeitraum in der Grafik erkenntlich sind. Weiters ist eine Spitze nach der ersten Pause zwischen 9:30 Uhr und 10:00 Uhr sichtbar, aber auch nach der zweiten Pause sind erhöhte Aufstiegsbewegungen bemerkbar. Unerklärlich hingegen ist die enorme Aufstiegszahl um 16:30 Uhr, die auf keine der Pausen zurückzuführen ist.

Etwas gleichmäßiger verläuft die Abstiegsganglinie, die, wie nicht anders zu erwarten, ihr Maximum am Arbeitsende erreicht.

Abbildung 76 und Abbildung 77 hingegen, geben einen Überblick über die gesamten Auf- und Abstiege über die gesamte Beobachtungswoche und stellen diese auch im Mittel dar.

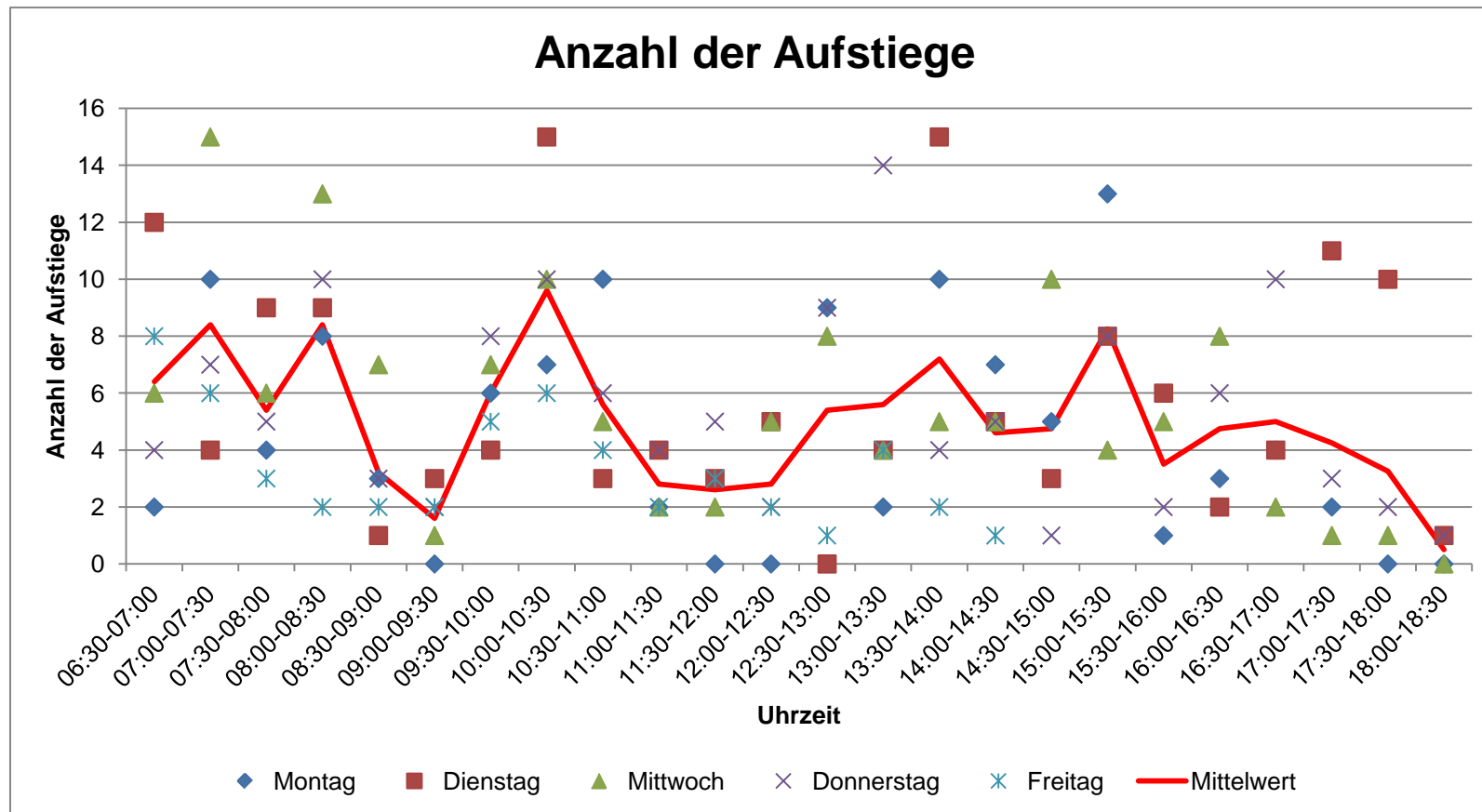


Abbildung 76: Anzahl der Aufstiege EKZ Wachau

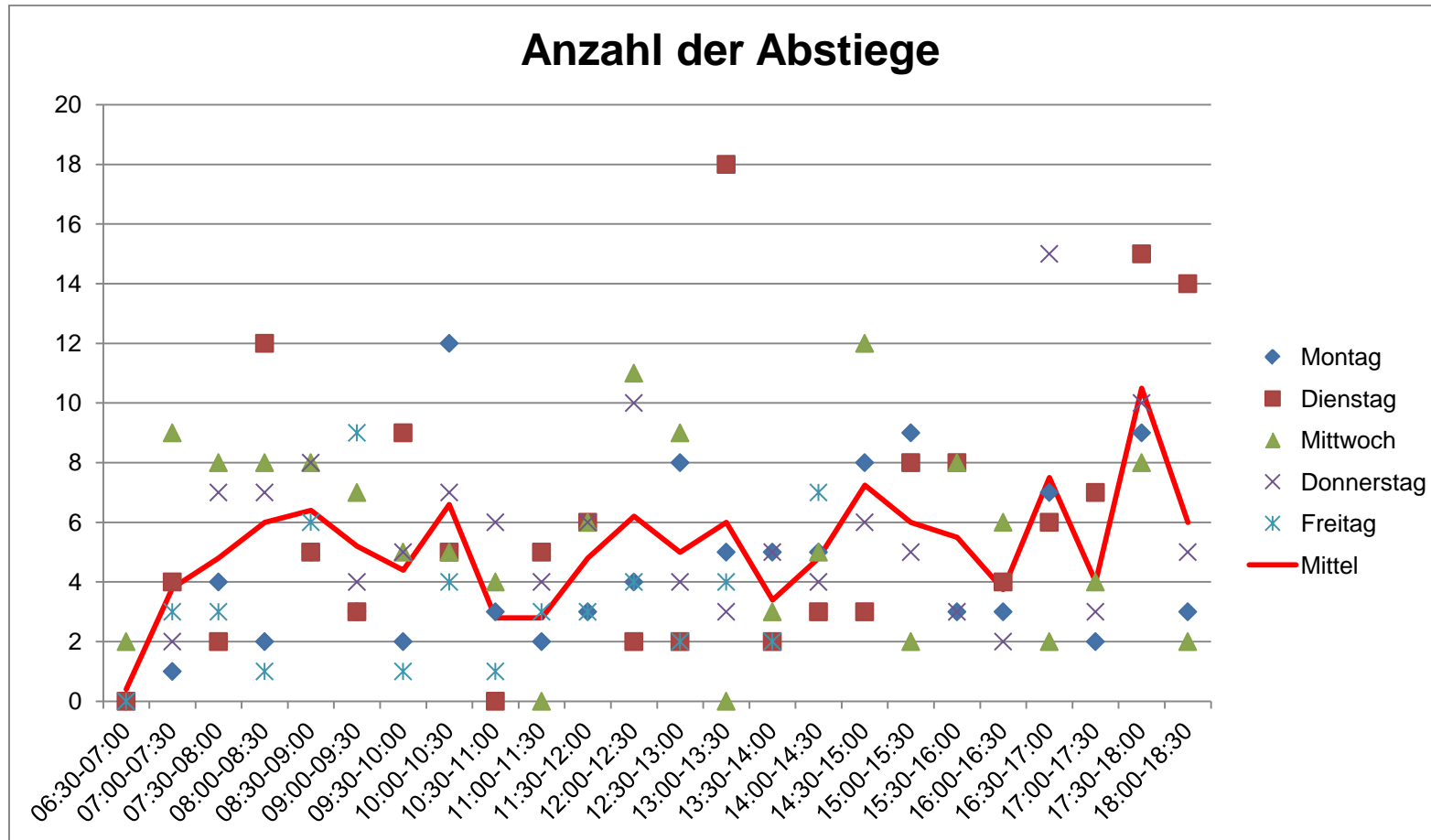


Abbildung 77: Anzahl der Abstiege EKZ Wachau

Betrachtet man die Mittelwerte der Halbstündlichen Aufnahmen ergeben sich mit Standardabweichungen von bis zu 4,71 bei den Aufstiegen und 6,23 bei den Abstiegen große Streuungen. Dies ist darauf zurückzuführen, dass die Arbeiten, und die damit verbunden Auf- und Abstiegszahlen, von Tag zu Tag variieren oder zumindest nicht immer zur exakt selben Zeit ausgeführt werden.

Durch Tabelle 9 und Tabelle 10 wird jedoch ersichtlich, dass die gesamte Anzahl der Auf- bzw. Abstiege über den gesamten Tag nur gering abweicht. Einziger Ausreißer ist der Freitag, an dem nicht nur kürzer gearbeitet wurde, sondern auch im gesamten weniger Arbeiter auf der Baustelle tätig waren, weshalb dieser Tag aus der Mittelwertberechnung ausgeschlossen wird.

	Montag	Dienstag	Mittwoch	Donnerstag	Freitag
Summe Aufstiege pro Tag	108	141	132	131	53
Anzahl der Beobachtungsstunden	12	12	12	12	8
Durchschnittliche Anzahl der Aufstiege pro Stunde	9,00	11,75	11,00	10,92	6,63

Tabelle 9: Durchschnittliche Anzahl der Aufstiege pro Stunde EKZ Wachau

	Montag	Dienstag	Mittwoch	Donnerstag	Freitag
Summe Abstiege pro Tag	108	143	134	131	53
Anzahl der Beobachtungsstunden	12	12	12	12	8
Durchschnittliche Anzahl der Abstiege pro Stunde	9,00	11,92	11,17	10,92	6,63

Tabelle 10: Durchschnittliche Anzahl der Abstiege pro Stunde EKZ Wachau

Betrachtet man die Tage Montag bis Donnerstag ergibt ergeben sich durchschnittlich für diese Baustelle **128 Aufstiege und 129 Abstiege** pro Tag. Bei durchschnittlich 12 Bauarbeitern, die in diesem Bereich tätig waren, ergibt dies **10,7 Auf- und 10,8 Abstiege pro Person**.

Weiters wurden während der Beobachtungszeit folgende Materialien und Hilfsmaterialien sowie Geräte und Werkzeuge über den Treppenturm transportiert:

- **Material und Hilfsmittel**
 - Bindendraht
 - Abstandhalter für Bewehrung
 - Pfosten bis 2 m
 - Bewehrungsstangen bis 2,0 m
 - Schalungsträger
 - Schalttafel
 - Dreieckleiste
 - Blitzschutzstangen ca. 2 m
 - Nägel
 - Schalöl
- **Werkzeug und Geräte**
 - Motorsäge
 - Bohrmaschine
 - Akku-Bohrer
 - Bolzenschneider
 - Wasserwaage
 - Nivelliergerät
 - Stromverteiler
 - Hiltikoffer
 - Schlegel
 - Rüttelflasche
 - Abziehlatte
 - Theodolit

Sonstiges

- gefüllte Müllsäcke
- Abdeckplane

Somit wird gezeigt, dass es hinsichtlich des Transportes über den Treppenturm keine Besonderheiten gibt, da jegliches Material, problemlos darüber transportiert wurde.

6.2.2 Messung der Auf-/Abstiegshäufigkeiten beim Umbau des EFH Wien¹⁶¹

Die zweite Beobachtung fand an sechs Tagen, die auf zwei Wochen aufgeteilt wurden, auf einer Baustelle der Firma Schubrig in Wien statt. Es wurde ein Einfamilienhaus umgebaut und saniert, bei dem vor allem im Bereich der Dachbodensanierung ein Treppenturm genutzt werden sollte. (Vgl. Abbildung 78). Das Leistungsspektrum während der Beobachtungszeit erstreckte sich von Flämmarbeiten, Drainagearbeiten und Kanalarbeiten bis hin zu Maurerarbeiten und Schal- und Betonierarbeiten. Außerdem wurden die Arbeiten auf der Baustelle durch einen Turmdrehkran und einen Flaschenzug unterstützt.



Abbildung 78: Baustelle EFH Wien

Neben der Firma Schubrig waren auch Arbeiter der Firma TEERAG-ASDAG AG und einer Leasingfirma beschäftigt, wodurch die Arbeiteranzahl nicht immer konstant war. Jedoch kann gesagt werden, dass die Arbeiterzahl immer zwischen 10 und 12 schwankte, wobei die unterschiedlichen Firmen unterschiedliche Arbeits- und Pausenzeiten hatten.

Die Untersuchungen fanden jeweils vom Montag dem 5.08.2013 bis 07.08.2013 sowie vom Montag 19.08.2013 bis zum 21.08.2013 statt. Eine aufgeteilte Beobachtung gibt einen Überblick der Nutzung in den verschiedenen Bauphasen. Auf dieser Baustelle fand der vertikale Verkehrsweg neben dem Treppenturm zusätzlich über Anlegeleitern und vor allem in der zweiten Beobachtungswoche, über das fertiggestellte Stiegenhaus im Inneren des Gebäudes statt.

Außerdem ist noch zu erwähnen, dass der Treppenturm am 21.08.2013 am frühen Nachmittag abgebaut wurde.

Eine Übersicht über die Baustelle und die Unterschiede der Lage der Container in den beiden Beobachtungswochen kann Abbildung 79 und Abbildung 80 entnommen werden.

¹⁶¹ Daten entnommen aus: Lippitz, J.: Baustellenbeobachtung – Einsatz von Treppentürmen im Hochbau. Bachelorarbeit vorgelegt am Institut für Baubetrieb und Bauwirtschaft Projektentwicklung und Projektmanagement; TU-Graz 2013

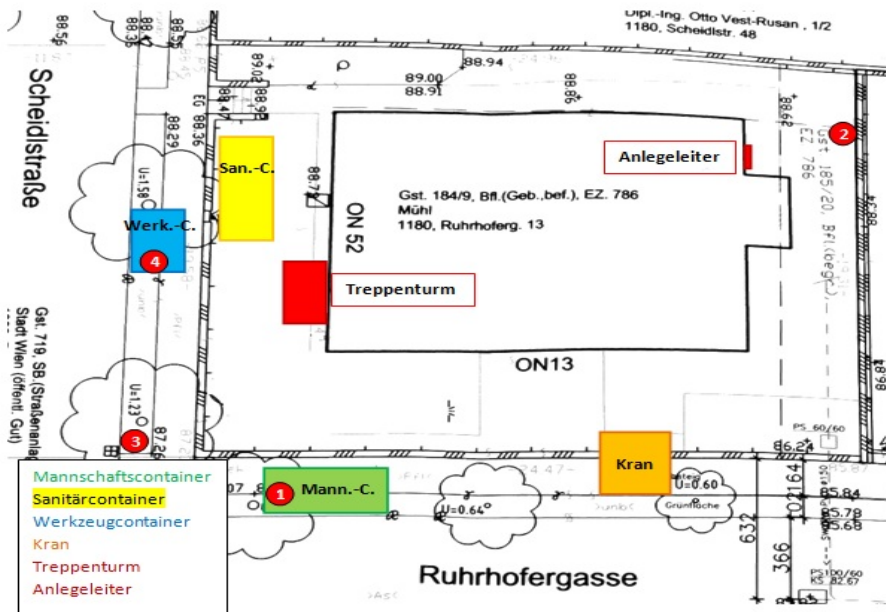


Abbildung 79: Baustellenskizze EFH Wien (Woche 1)

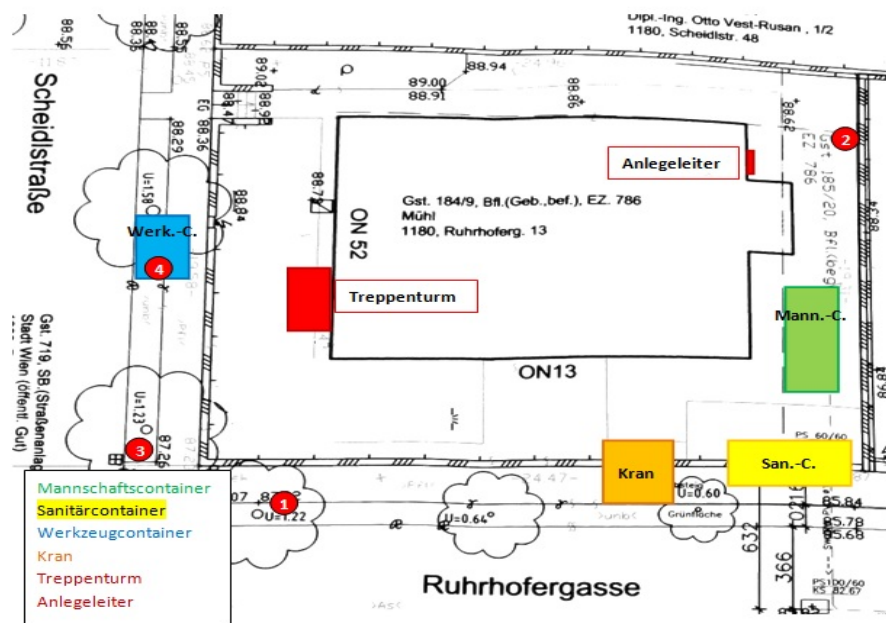


Abbildung 80: Baustellenskizze EFH Wien (Woche 2)

Abbildung 81 zeigt die aufsummierten Auf- und Abstiegszahlen über die sechs Beobachtungstage um die Stoßzeiten zu analysieren. An dieser Stelle sei erwähnt, dass zwei der Bauarbeiter ihren Pausenraum im oberen Geschosß des Gebäudes eingerichtet haben und den Treppenturm somit zur Mittagszeit nicht benutzt haben. Da dies ein Ausnahmefall ist und nicht dem Durchschnitt entspricht, wurden hier jeweils zwei Auf- und Abstiege zur Mittagszeit hinzugefügt.

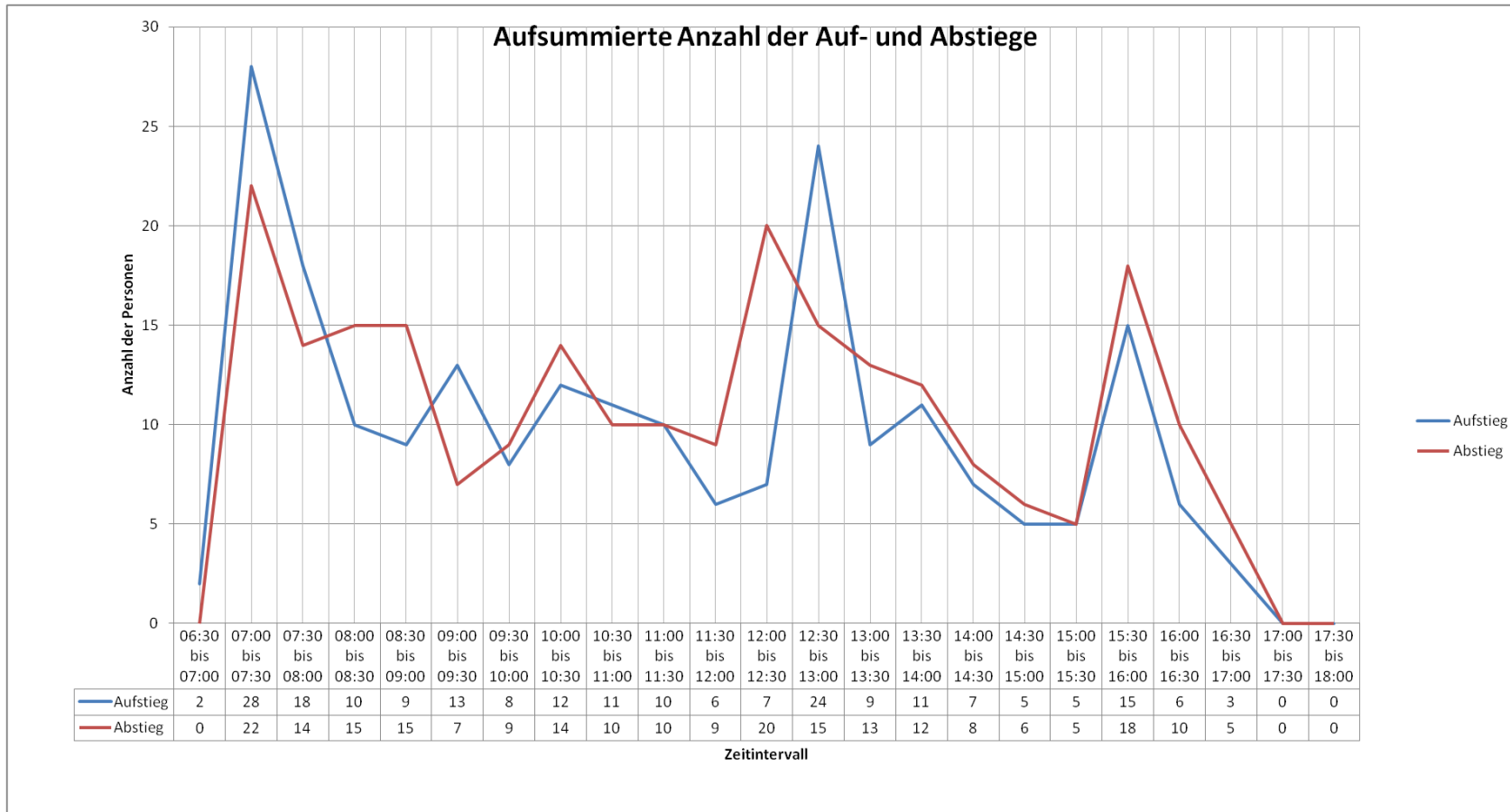


Abbildung 81: Aufsummierte Anzahl der Auf- und Abstiege im gesamten Beobachtungszeitraum EFH Wien zur Analyse der Stoßzeiten

Abbildung 81 zeigt sehr deutlich die Stoßzeiten in der Früh, zu Mittag und am Abend, während die restlichen Auf- und Abstiege relativ konstant über den Tag verlaufen.

Die nachfolgenden Abbildung 82 und Abbildung 83 zeigen die Anzahl der Auf- und Abstiege während der sechs Beobachtungstage und deren Mittelwert.

Da es sich beim Beobachtungszeitraum um zwei verschiedene Bauphasen handelt, ist eine hohe Standardabweichung der Mittelwerte unvermeidbar.

Somit ergeben sich für diese Baustelle im Mittel **37 Auf- und 40 Abstiege pro Tag**. Bei durchschnittlich 11 Bauarbeitern, die auf dieser Baustelle tätig waren, ergibt dies **3,65 Auf- und 3,95 Abstiege pro Person**.

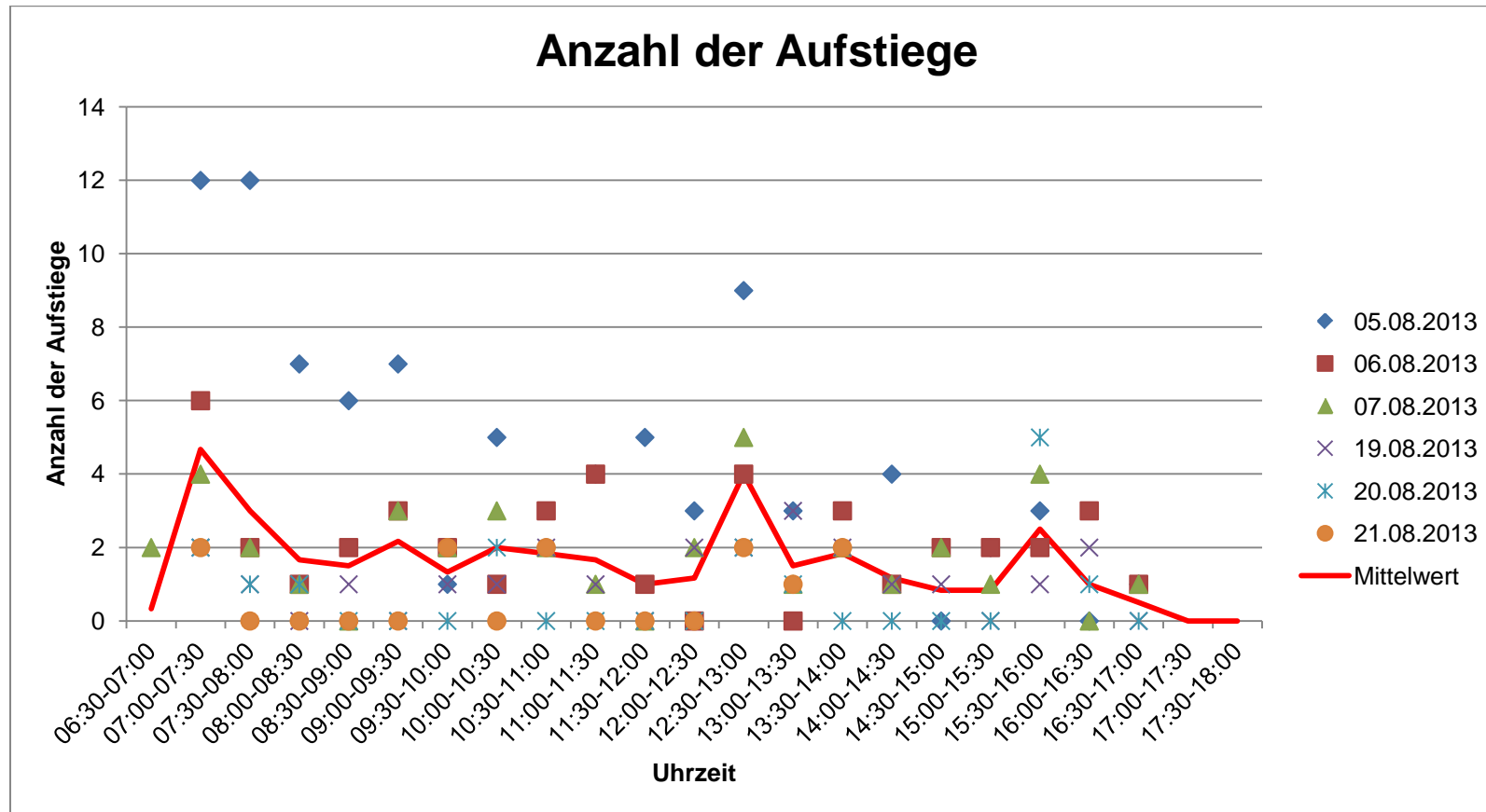


Abbildung 82: Anzahl der Aufstiege EFH Wien

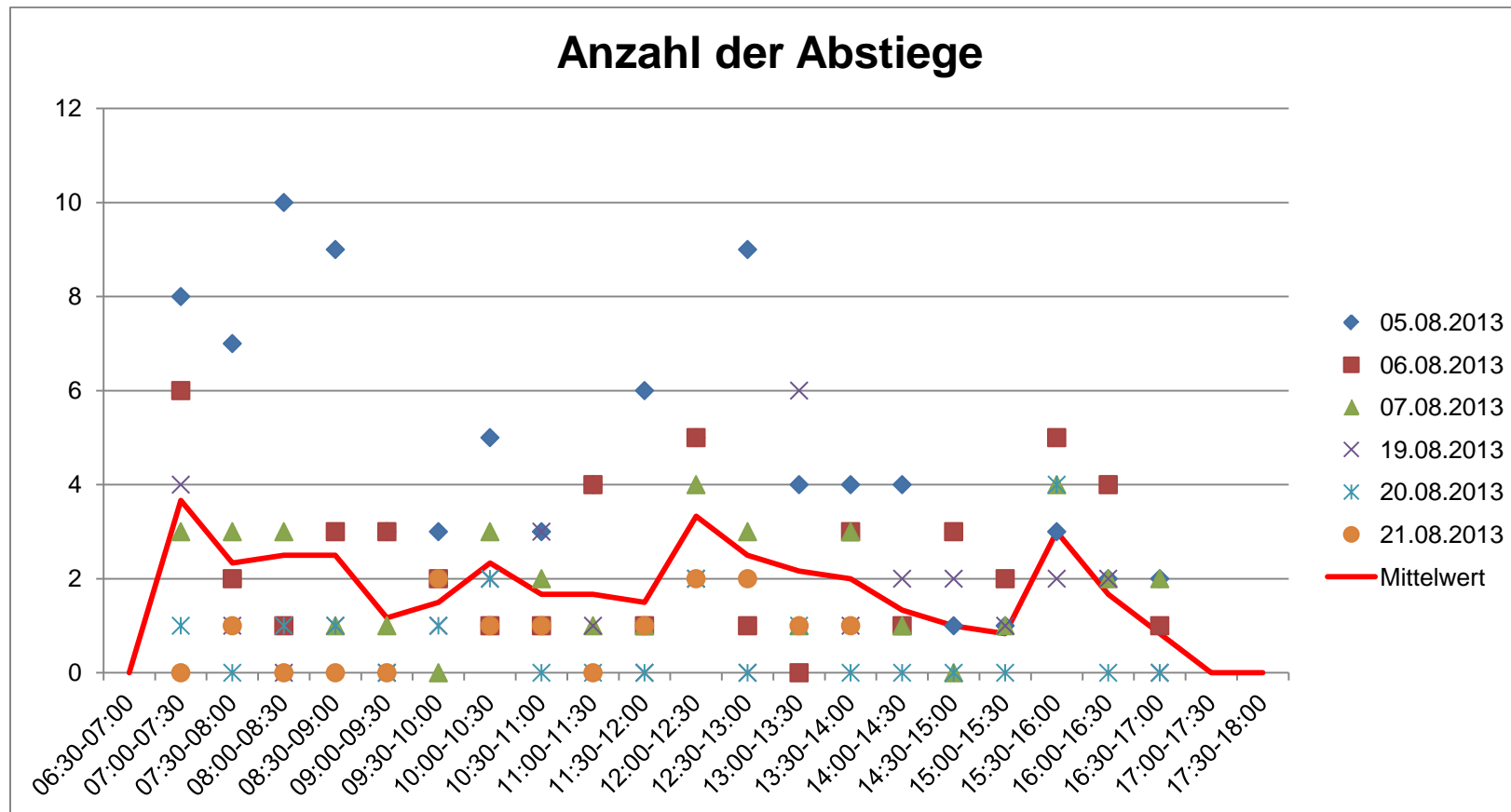


Abbildung 83: Anzahl der Abstiege EFH Wien

Im Zuge der sechstägigen Baustellenbeobachtung wurden folgende Materialien über den Treppenturm befördert:

- **Material und Hilfsmittel**
 - Flämmplatte
 - Folienrolle
 - Bewehrung
 - Bretter

- **Werkzeuge und Geräte**
 - Starkstromkabel
 - Kabeltrommel
 - E-Verteiler
 - Messlatte
 - Besen
 - Schaufel
 - Hiltikoffer
 - Handwerkzeug (kleines Werkzeug)
 - Mörtelkasten
 - Kübel

Somit wird auch bei dieser Baustelle gezeigt, dass die verschiedensten Materialien, egal in welcher Größe oder Form, problemlos über den Treppenturm transportierbar sind.

6.2.3 Messung der Auf-/Abstiegshäufigkeiten bei der Baustelle des Styria Media Centers Graz

Die letzte Baustelle, die zur Erfassung der Auf- und Abstiegshäufigkeiten diente war der Neubau des 14-stöckigen Styria Media Centers in Graz, welche vom 30.09.2013 bis zum 02.10.2013 sowie am 04.10.2013 und am 08.10.2013 untersucht wurde. Während der Beobachtungszeit wurden hauptsächlich Schalungs- und Betonierarbeiten im 3. und 4. OG durchgeführt, während in den darunter liegenden Stockwerken Installationsarbeiten und Putzarbeiten getätigt wurden. Das erste Geschoss wurde über zwei Fertigteiltreppen erreicht, während man vom ersten in den zweiten Stock nur über eine 6 m lange Leiter gelangte. Während der Beobachtungszeit wurde die Anzahl der Auf- und Abstiege über diese 6 m lange Leiter vom ersten ins zweite Obergeschoß erfasst. Vor allem diese Auf- und Abstiegszahlen wurden bei den Untersuchungen erfasst.

Im Mittel waren auf der Baustelle täglich 45 Arbeiter tätig, wobei 35 davon im Beobachtungsraum arbeiteten, deren Auf- und Abstieg an jedem Tag von 07:00 bis 17:00 Uhr erfasst wurden. Einziger Ausreißer war der Montag, da hier aufgrund der schlechten Wetterbedingungen nur 8 Arbeiter tätig waren. Abbildung 84 gibt einen Überblick über die Baustelle.

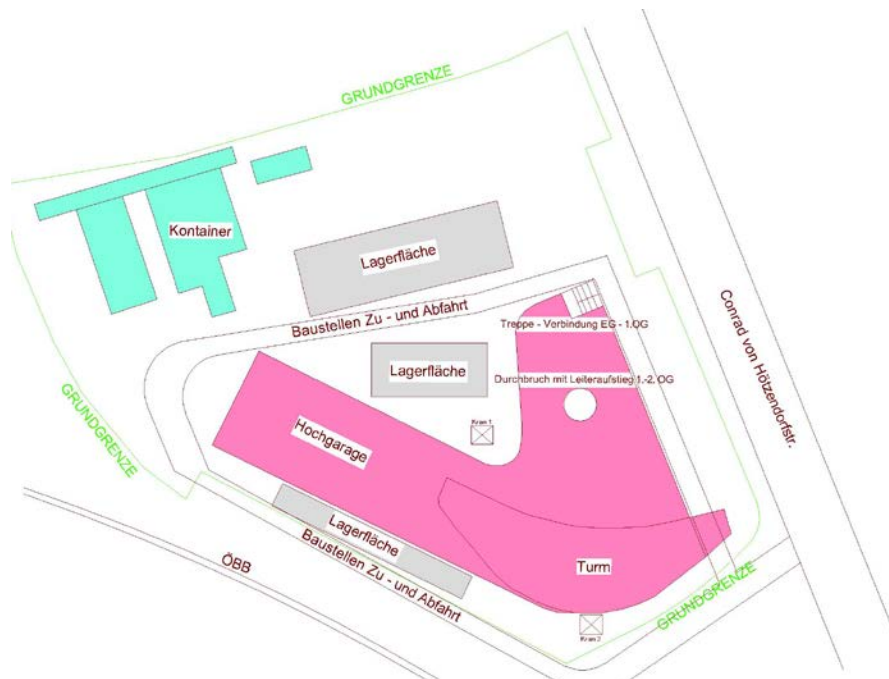


Abbildung 84: Baustellenskizze Styria Media Center

In der nachfolgenden Abbildung 85 sind die aufsummierten Auf- und Abstiegszahlen über die 5 Beobachtungstage grafisch dargestellt, um die Stoßzeiten zu analysieren.

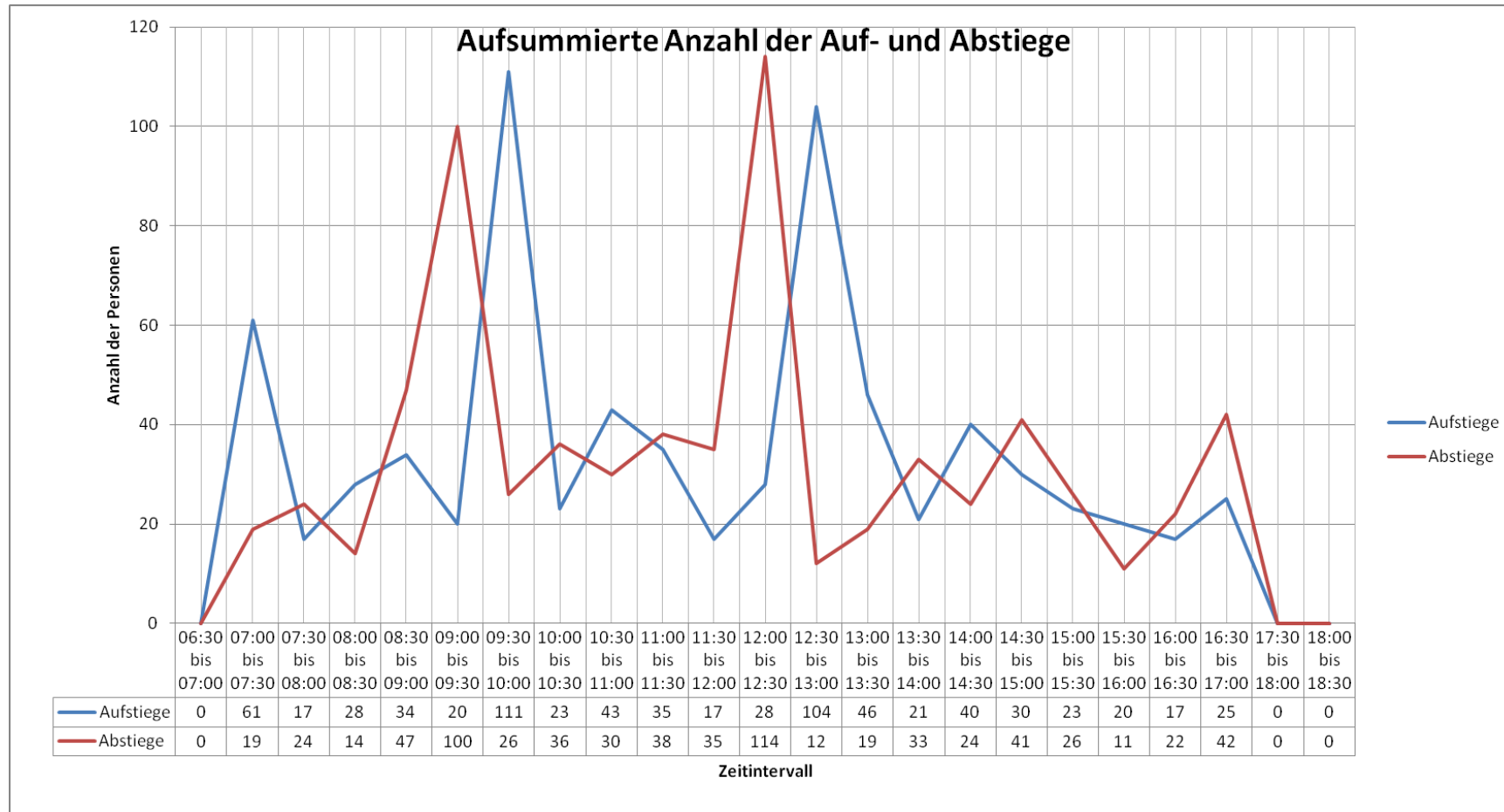


Abbildung 85: Aufsummierte Anzahl der Auf- und Abstiege im gesamten Beobachtungszeitraum des Styria Media Centers zur Analyse der Stoßzeiten

Anhand von Abbildung 85 werden die Stoßzeiten klar erkenntlich. Während zum Arbeitsbeginn um 07:00 Uhr eine Spitze der Aufstiege ersichtlich ist, zeigt die Grafik zwischen 16:30 und 17:00 zum Arbeitsende vermehrte Anzahl von Abstiegen. Weiteres werden die größten Spitzen bei den Auf- und Abstiegen zu den Pausenzeiten zwischen 09:00 und 10:00 Uhr sowie 12:00 und 13:00 erkennbar.

Abbildung 86 und Abbildung 87 zeigen die täglichen Auf- und Abstiege über die Anlegeleiter während des Beobachtungszeitraumes.

Auffällig ist, dass am Montag wesentlich weniger Aufstiege getätigt wurden, da an diesem Tag auch viel weniger Arbeiter in diesem Bereich tätig waren.

Im Mittel ergeben sich für diese Baustelle **148,6 Aufstiege und 142,6 Abstiege pro Tag**. Bei einer durchschnittlichen Arbeitnehmerzahl von 35 pro Tag ergibt dies **4,2 Aufstiege und 4,1 Abstiege pro Tag und pro Arbeiter**.

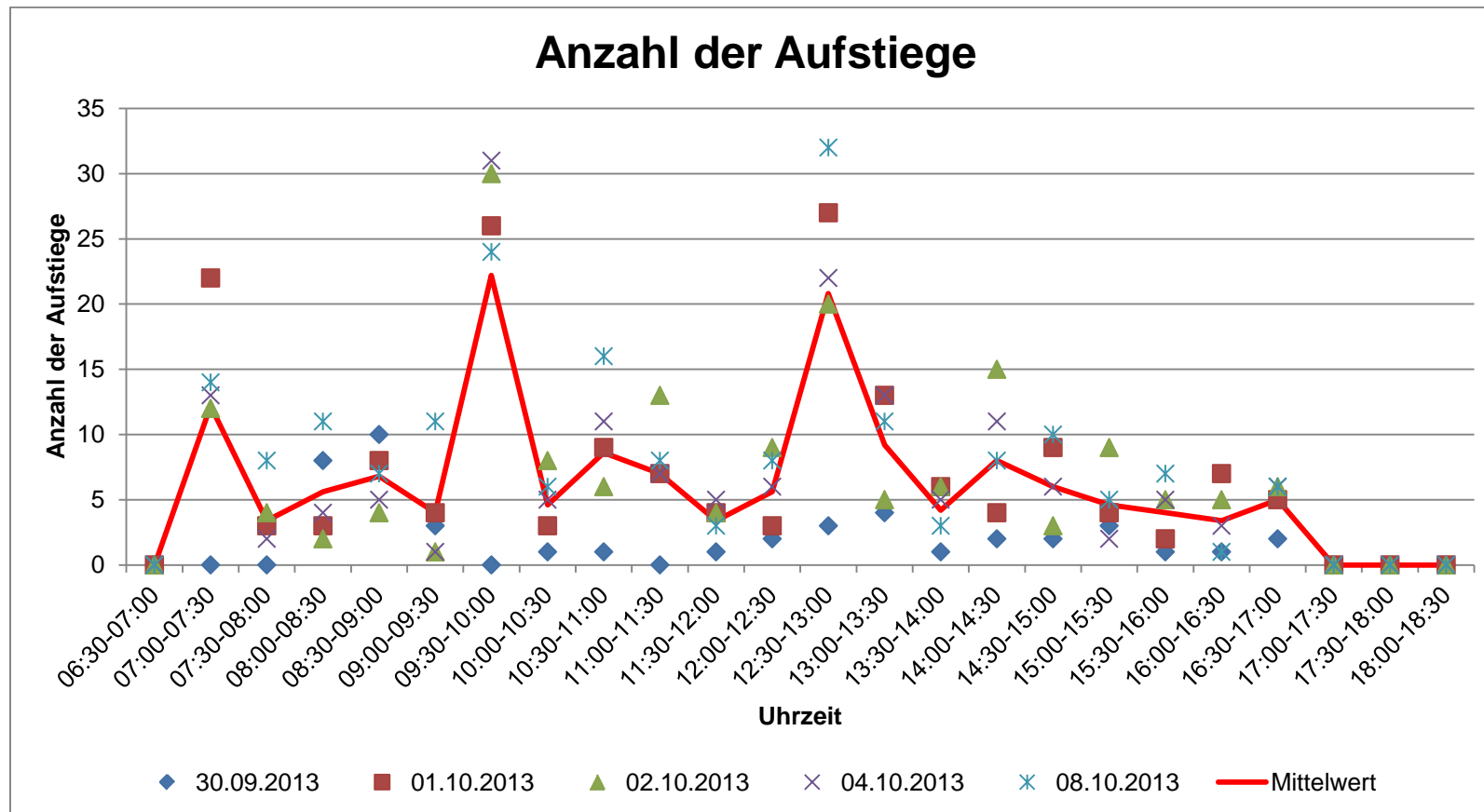


Abbildung 86: Anzahl der Aufstiege Styria Mediacenter

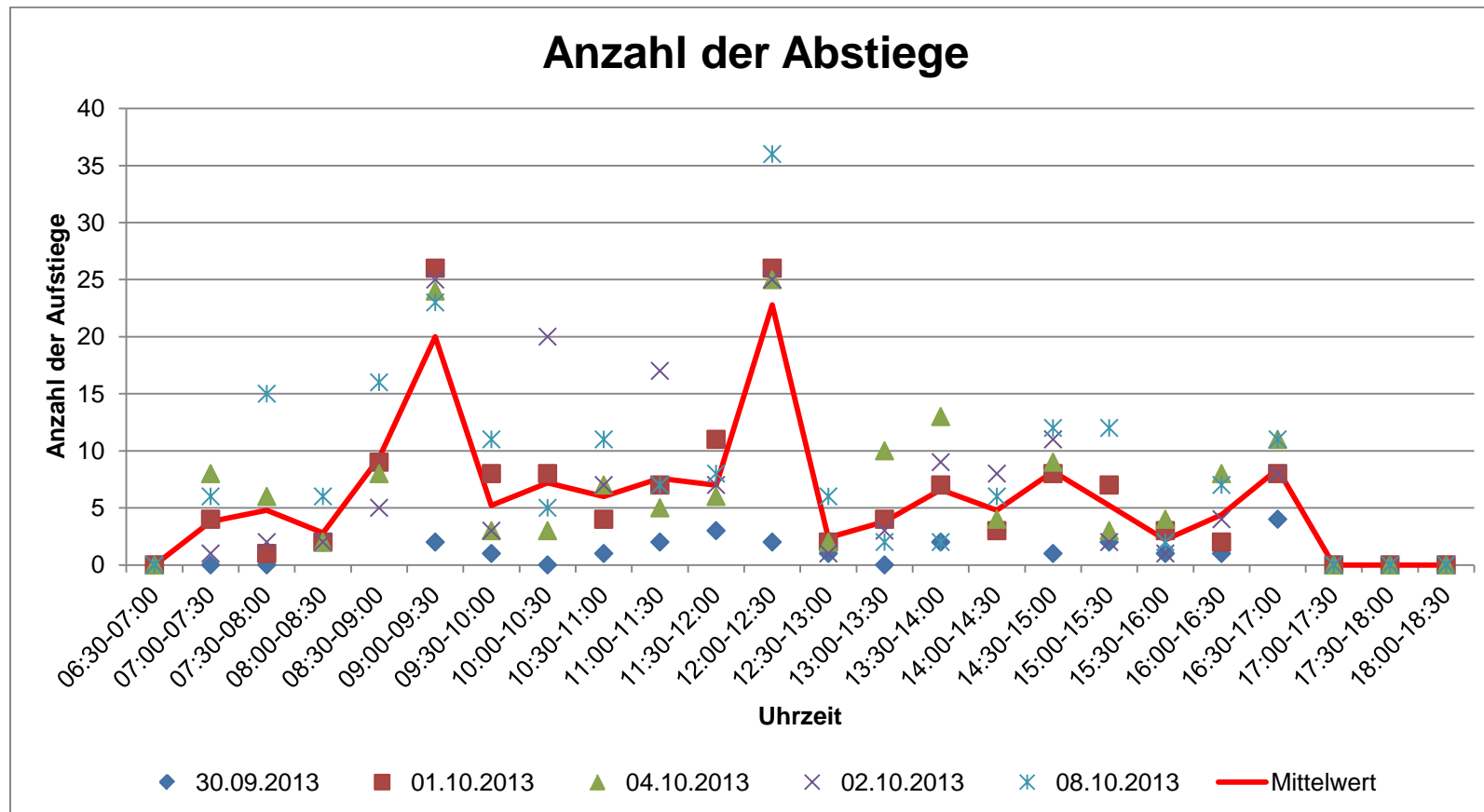


Abbildung 87: Anzahl der Abstiege Styria Media Center

Neben den Aufstiegen wurden auch auf dieser Baustelle die händisch transportierten Materialien erfasst und sind im Nachfolgenden dargestellt:

- **Material und Hilfsmittel**
 - Schalungselemente
 - Abflussrohr
 - Kübel
 - Bretter
 - Rohre
 - Gasflasche
- **Werkzeuge und Geräte**
 - Schlagbohrmaschine
 - Motorsäge
 - Besen
 - Kabelrolle

Es fällt auf, dass auch über die Leiter die verschiedensten Materialien transportiert werden, jedoch wird erkennbar, dass es hier wesentlich weniger als beim Treppenturm sind.

6.2.4 Conclusio der gemessen Auf- und Abstieghäufigkeiten

Im Zuge der Baustellenbeobachtung wurden drei verschiedene Baustellen beobachtet, die gemeinsam einen Richtwert für die Anzahl der Auf- und Abstiege im Hochbau pro Arbeiter pro Tag ergeben sollen. Tabelle 11 zeigt die Auf- und Abstiegszahlen der drei Baustellen sowie deren Mittelwert.

	Anzahl der Aufstiege/Person/Tag	Anzahl der Abstiege/Person/Tag
EKZ Wachau	10,7	10,8
EFH Wien	3,65	3,95
SMC Graz	4,2	4,1
Mittelwert	6,18	6,28

Tabelle 11: Anzahl der Auf- und Abstiege pro Person pro Tag im Mittel über die drei Beobachtungsbaustellen

Durch die Baustellenbeobachtung ergibt sich ein Mittelwert von 6,18 Auf- und 6,28 Abstiegen pro Arbeiter pro Tag. Das heißt, dass jeder Bauarbeiter neben den Auf- und Abstiegen am Morgen, bei der Vormittagspause, bei der Mittagspause und am Abend noch gute drei Mal auf- und absteigt. Dieser Wert kann als sehr realistisch angenommen werden, weshalb nun gerundet für die spätere Berechnung ein Wert von **sechs Auf- und sechs Abstiegen pro Arbeiter pro Tag** verwendet wird. An dieser Stelle sei erwähnt, dass dies nur ein Richtwert ist und keinesfalls repräsentativ für alle Baustellen ist.

6.3 Versuchsaufbauten zur Messung der Auf-/Abstiegszeiten

Da die Messung der Auf- und Abstiegszeiten auf Baustellen nur beschränkt möglich ist bzw. die Werte auf den drei verschiedenen Aufstiegsmöglichkeiten in weiterer Folge schwer vergleichbar sind, wurde hier ein eigens dafür kreierter Versuchsaufbau konzipiert.

Damit das Konzept des Versuchstages alle wichtigen Punkte berücksichtigt, wurden die Besonderheiten der Aufstiegsmöglichkeiten bereits im Zuge des Lehrlings-Praxistages in Guntramsdorf erfasst und erste Vergleichswerte gemessen.

6.3.1 Lehrlings-Praxistag in Guntramsdorf

Am 24. April 2013 fand erstmalig der Praxistag für Lehrlinge des 3. Lehrjahres statt, an dem sie die verschiedene Schalungs- und Gerüstsysteme der Firma PERI und neue Produkte der Firma HILTI kennenlernen konnten. Im Rahmen dieser Arbeit wurde dieser Tag genutzt, um einen Überblick über die Datenerfassungsmöglichkeiten auf Baustellen und Testgeländen zu bekommen. Die Lehrlinge wurden in Gruppen von ca. 6 Personen aufgeteilt und mussten im Stundentakt die einzelnen Stationen besuchen, während die verschiedenen Bewegungen und Besonderheiten durch Videos und Fotos festgehalten wurden. Als Versuchsobjekt war das Arbeits- und Schutzgerüst mit vorlaufendem Geländer und Belag UDS „PERI UP T 72“ (Vgl. Abbildung 88) und die „PERI UP Rosett Flex Gerüsttreppe 75“ mit Belag UDI (Vgl. Abbildung 89) vorhanden.



Abbildung 88: Arbeits- und Schutzgerüst mit vorlaufendem Geländer und Belag UDS „PERI UP T 72“



Abbildung 89: Gerüsttreppe 75 mit Belag UDI „PERI UP Rosett Flex“

Zusätzlich zu den PERI Aufstiegshilfen wurden noch zwei Sprossenanlegeleitern aufgebaut (Vgl. Abbildung 90) damit neben dem Lehrlingstagsprogramm Transportwege für das Forschungsprojekt simuliert werden konnten.



Abbildung 90: Sprossenanlegeleiter

Im Zuge der Transportwegsimulation mussten je zwei Lehrlinge einen Hiltikoffer und eine Kreissäge nach oben transportieren und zwei weitere Lehrlinge diese nahezu zeitgleich wieder herunter holen. Da sich das Arbeits- und Schutzgerüst mit vorlaufendem Geländer und Belag UDS „PERI UP T 72“ über zwei Geschoße erstreckte, mussten die Probanden den Transportweg auf der Sprossenleiter und der „PERI UP Rosett Flex Gerüsttreppe 75“ mit Belag UDI, die jeweils nur über ein Geschoß gingen, zweimal zurücklegen. Da die einzelnen Verkehrswege somit nicht ganz ident waren, können die gemessenen Zeiten zwar noch nicht als repräsentative Zahlen für das Forschungsprojekt verwendet werden, jedoch wurden dadurch Besonderheiten und Probleme der einzelnen Verkehrswege bekannt und die Anforderungen an ein Testgelände, um die drei Aufstiegshilfen miteinander vergleichen zu können, wurden ermittelt.

6.3.1.1 Ergebnisse des Lehrlings-Praxistag in Guntramsdorf

Im Nachfolgenden werden die gemessenen Werte des Versuchsaufbaues dargestellt.

6.3.1.1.1 Auf und Abstiegsdauer des Lehrlings-Praxistages

Grundsätzlich ist zu erwähnen, dass jedes Team, zur Simulation der Verkehrswege, aus 4 Personen bestand und jeweils ungefähr die gleichen körperlichen Voraussetzungen mitbrachte. In Tabelle 12 sind die gemessenen Versuchsdauern der jeweiligen Teams auf den verschiedenen Aufstiegsmöglichkeiten dargestellt.

	Anlegeleiter	Gerüsttreppe 75 „PERI UP Rosett Flex“	Arbeits- und Schutzgerüsts „PERI UP T 72“ mit Leiterngangtafel
Team 1	-	-	1min 10 sec
Team2	1 min 37 sec	-	-
Team 3	-	-	1 min 37 sec
Team 4	1 min 24 sec	1 min 20 sec	
Team 5	1 min 16 sec	1 min 15 sec	2 min 48 sec

Tabelle 12: Versuchsdauer je Team

Auch wenn diese Zahlen, auf Grund der fehlenden Vergleichbarkeit der Verkehrswege durch ein- und zweigeschossige Aufbauten nicht repräsentativ sind, konnte dadurch eine erste Tendenz, die zeigt, dass der Aufstieg über den Treppenturm am schnellsten ist, erfasst werden.

6.3.1.1.2 Gemessene Aufbaudauer

Weiteres wurde die „PERI UP Rosett Flex Gerüsttreppe 75“ mit Belag UDI im Zuge des Lehrlingstages von einer Gruppe von sechs Lehrlingen, unterstützt durch die Anweisungen eines PERI-Technikers, aufgebaut.

Somit konnte die Aufstelldauer für einen eingeschossigen Treppenturmes inklusive Absicherungen (Vgl. Abbildung 89) von **21 Minuten und 17 Sekunden** erfasst werden.

Ebenso wie die Gerüsttreppe, wurde auch das Arbeits- und Schutzgerüst mit vorlaufendem Geländer und Belag UDS „PERI UP T 72“ von vier Lehrlingen, mit Hilfe der Anweisungen eines Ausbildners, aufgebaut. Für den Aufbau einer eines 3 m breiten Gerüstfeldes über **zwei Etagen**, benötigten die Arbeiter **13 Minuten**, wobei die **erste Etage** nach etwa **7 Minuten** aufgestellt war.

6.3.1.2 Festgestellte Besonderheiten der drei Aufstiegshilfen

Im Nachfolgenden werden die festgestellten Besonderheiten, die im Zuge des Lehrlingspraxistages erfasst wurden, erläutert.

6.3.1.2.1 Arbeits- und Schutzgerüst „PERI UP T 72“

Da die meisten Lehrlinge bis zu diesem Tag noch nie ein Arbeits- und Schutzgerüst aufgebaut haben, musste hier viel Zeit in die Erklärung der einzelnen Schritte investiert werden. Somit kam es beim Testaufbau oft zu Verzögerungen und Unklarheiten, jedoch dürften diese nur beim ersten Mal auftreten.

Grundsätzlich benötigt das Gerüst eine feste und gerade Aufstandsfläche, wodurch der Einsatz von Brettern und einer Wasserwaage erforderlich wird und das Einrichten zusätzliche Zeit beansprucht.

Der Auf- und Abstieg auf dem Arbeits- und Schutzgerüst „PERI UP T72“ ist mit dem Seitenschutz durch zwei Geländerholme und ein Bordbrett sehr sicher, wodurch es nahezu unmöglich ist, beim Verkehrsweg weiter als auf die nächstuntere Ebene zu stürzen.

Um Unfälle zu vermeiden, müssen die Klappen zwischen den Gerüstlagen, außer beim Hoch- und Abstieg, stets geschlossen gehalten werden. Beim Öffnen dieser Klappen kam es bei den Versuchen vermehrt zu Behinderungen, da diese häufig klemmten bzw. durch große Bewegungen auf den Leitern ungewünscht zuflogen.

6.3.1.2.2 „PERI UP Rosett Flex Gerüsttreppe 75“ mit Belag UDI

Auch beim Aufbau der Gerüsttreppe hatten die Lehrlinge kaum Erfahrung, jedoch war diese nahezu selbsterklärend und mit ein paar Hilfestellungen des betreuenden PERI Mitarbeiters in Kürze aufgestellt. Auch hier muss ein ebener tragfähiger Untergrund vorweg eingerichtet werden, damit die Stabilität der Aufstiegshilfe gegeben ist.

Beim Transportweg selbst konnten keinerlei Behinderungen oder Komplikationen festgestellt werden. Selbst bei schnellem Hinauflaufen war die Gerüsttreppe komplett in sich stabil und der Lehrling konnte den Verkehrsweg ohne große Anstrengungen überwinden.

6.3.1.2.3 Sprossenleiter

Bei der Sprossenleiter war zwar keine Montage erforderlich, jedoch musste diese zusätzlich befestigt werden, damit sie vor Wegrutschen und Umkippen geschützt war. Aus Sicherheitsgründen wurde im Zuge der Transportwegsimulation darauf geachtet, dass die Lehrlinge keine Materialien in der Hand hatten, somit war eine zweite Person nötig, die das Material entgegennimmt bzw. raufreicht. Es ist zwar nicht gesetzlich vorgeschrieben, dass Arbeiter keine Materialien während des Auf- und Abstieges über Leitern mit sich führen dürfen, jedoch ist dies, vor allem in größeren Höhen ratsam um Unfälle zu vermeiden. Außerdem ist zu beachten, dass eine Leiter als Zugang zu hochgelegenen Arbeitsplätzen, an denen nur selten Arbeiten ausgeführt werden müssen, nur bis zu einem zu überwindenden Höhenunterschied von 5 m zulässig ist. Wird die Leiter als Zugang zum Erreichen von Arbeitsplätzen sehr selten benutzt, darf der zu überbrückende Höhenunterschied auch mehr als 5 m betragen.¹⁶²

Grundsätzlich wurde diese Art des Verkehrsweges als sehr anstrengend von den Lehrlingen empfunden und sie verfügt über keinerlei Absturzsicherung und birgt somit ein großes Verletzungsrisiko.

¹⁶² Vgl.: FACHAUSSCHUSS BAUWESEN DER DEUTSCHEN GESETZLICHEN UNFALLVERSICHERUNG: Handlungsanleitung für den Umgang mit Arbeits- und Schutzgerüsten. In: Sammelwerk der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung, 07/2010. S. 96.

6.3.2 Versuchsaufbau zur Simulation von vertikalen Verkehrswegen

Um repräsentative Daten für die Auf- und Abstiegszeiten der verschiedenen Aufstiegshilfen zu erhalten, wurden im Rahmen eines eigens dafür kreierten Versuchsaufbaus am Lehrbauhof Ost in Guntramsdorf am 26.08.2013 die einzelnen Verkehrswege simuliert.

6.3.2.1 Konzept des Versuchstages

Im Zuge des Versuchstages wurden folgende Aufstiegsmöglichkeiten miteinander verglichen:

- Anlegeleiter
- Treppenturm
- Arbeits- und Schutzgerüst mit integrierter Leiter

6.3.2.1.1 Erhobene Messwerte des Versuchstages

Ziel war die Erfassung der Auf- und Abstiegszeiten der verschiedenen Aufstiegsvarianten, um diese miteinander vergleichen zu können.

Abbildung 91 zeigt welche Messwerte im Zuge der Untersuchung erfasst wurden:

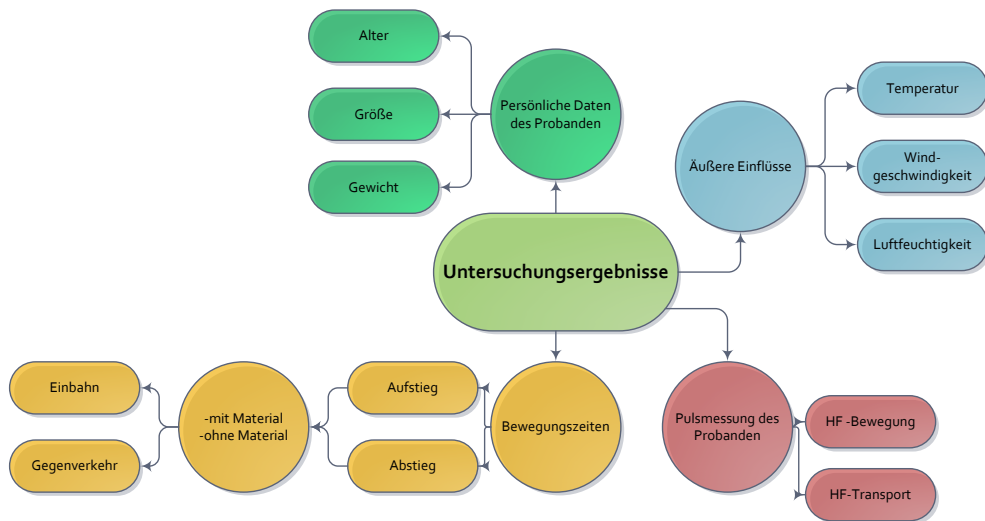


Abbildung 91: Übersicht erhobenen Werte

Um die oben dargestellten Werte zu erfassen, wurden verschiedene Instrumente verwendet. Diese sind nachstehend aufgelistet:

- Werkzeug zur Erfassung der Belastung des Probanden:
Datenerfassungsbogen, Pulsmessung
- Werkzeug zur Erfassung der äußeren Einflüsse auf den Probanden:
Datenerfassungsbogen, Messgeräte
- Werkzeug zur Zeitmessung:
Datenerfassungsbogen, Videoaufnahme, Zeiterfassung vor Ort

6.3.2.1.2 Versuchsaufbau des Versuchstages

Vor Ort wurde ein Arbeits- und Schutzgerüst „PERI UP T72“, bestehend aus 3 Gerüstebenen (Boden + 2 Ebenen) und mindestens drei Gerüstfeldern, aufgebaut. Jedes der drei Felder beinhaltet eine andere Aufstiegsmöglichkeit. Abbildung 92 zeigt eine schematische Skizze des Versuchsaufbaues.

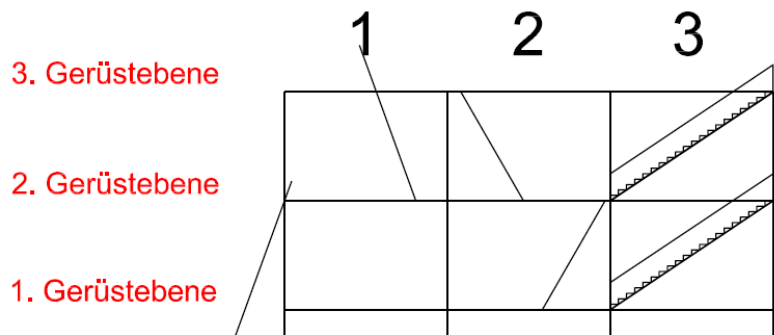


Abbildung 92: Systemskizze des Versuchsaufbaues

Feld 1

Feld 1 bestand aus einem Arbeits- und Schutzgerüst „PERI UP T72“ mit vorlaufendem Geländer und Belag UDS ohne weitere Ausführungen für eine Aufstiegsmöglichkeit. Für den Aufstieg vom Boden in die 2. Gerüstebene war eine Anlegeleiter aus Aluminium in einer Länge von drei Metern vorgesehen. Um einen sicheren Auf- und Abstieg über die Leiter zu gewährleisten, wurde das Gerüstfeld in der zweiten und dritten Ebene durch zusätzliche Beläge erweitert. Der Aufstieg in die oberste Ebene erfolgte über eine Einhängeleiter UAF 200 aus Aluminium, die aus Sicherheitsgründen im Inneren des Gerüsts aufgestellt war. Dies erinnert zwar an eine ins Gerüst integrierte Aufstiegsmöglichkeit, aber durch die erweiterte Fläche und die Tatsache, dass der Aufstieg nicht

verschießbar war, hat dieser Aufbau dieselben Eigenschaften, wie wenn die Leiter außen geführt wäre. (Vgl. Abbildung 94)

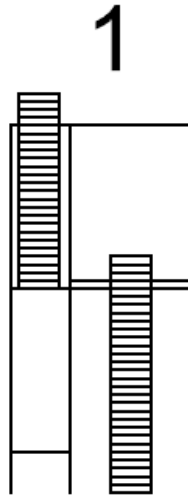


Abbildung 93: Vereinfachte Seitenansicht des ersten Gerüstfeldes

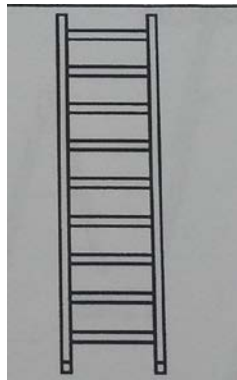


Abbildung 94: Einteilige Sprossenlegeleiter¹⁶³

Somit bestand der Versuchsaufbau im ersten Gerüstfeld aus einer drei Meter hohen Sprossenlegeleiter, einer Einhängeleiter UAF 200 und einer Erweiterung des Gerüsts PERI UP T72 der Firma PERI. Zusätzlich musste die Leiter in die 2. Gerüstebene sicher am Gerüst befestigt werden.

¹⁶³ ÖSTERREICHISCHES NORMUNGSMINISTERIUM: ÖNORM EN121-1:2011 - Leitern. Teil 1: Benennungen, Bauarten, Funktionsmaße. ÖNORM. S. 5.

Feld 2

Das zweite Gerüstfeld bestand ebenso aus dem Arbeits- und Schutzgerüst „PERI UP T72“ mit vorlaufendem Geländer und Belag UDS, das durch Durchstiege und Leitertafeln mit Leitern UAL-2, 64*300/3 erweitert wurde.

Abbildung 95 zeigt die Ausführung eines Arbeits- und Schutzgerüsts „PERI UP T72“ über 3 Gerüstebenen mit einem innenliegenden Aufstieg.

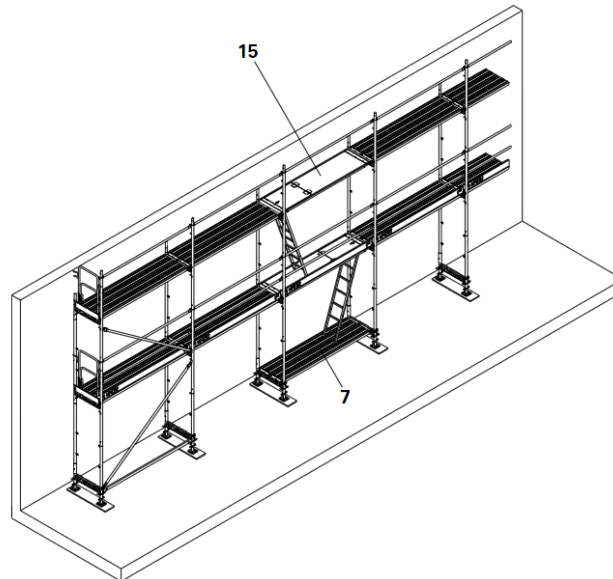


Abbildung 95: PERI UP T 72 Arbeits- und Schutzgerüst mit vorlaufendem Geländer und Belag UDS¹⁶⁴

Feld 3

Im dritten und somit letzten Gerüstfeld wurde der vertikale Aufstieg mittels außenliegender Gerüsttreppe „PERI UP Rosett Flex Gerüsttreppe 75“ mit Belag UDI in gegenläufiger Ausführung verwirklicht. (Vgl. Abbildung 96)

¹⁶⁴ PERI GMBH: PERI UP T72. Arbeits- und Schutzgerüst mit vorlaufendem Geländer und Belag UDS. Aufbau und Verwendungsanleitung für die Regelausführung. Broschüre. S. 14.

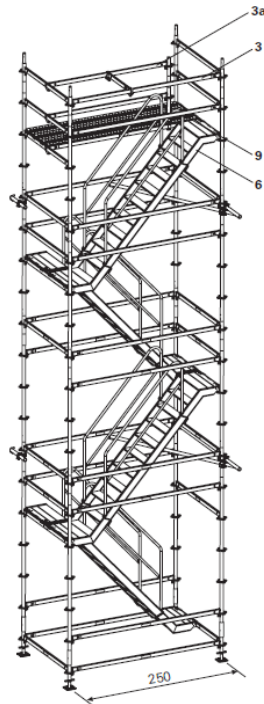


Abbildung 96: PERI UP Rosett Flex Gerüsttreppe 75 mit Belag UDI (gegenläufig)¹⁶⁵

Abbildung 97 stellt den tatsächlichen Aufbau, der für die Simulation der Verkehrs- und Transportwege verwendet wurde, dar.



Abbildung 97: Versuchsaufbau in Guntramsdorf

¹⁶⁵ PERI GMBH: PERI UP Rosett Flex Gerüsttreppe 75 mit Belag UDI. Aufbau- und Verwendungsanleitung für die Regelausführung. Broschüre. S. 6.

6.3.2.1.3 Verkehrs- und Transportwege am Versuchstag

Grundsätzlich wurden nur die Zeiten vom Einstieg der Aufstiegshilfe bis zu deren Ende gemessen. Da es jedoch nicht sehr realitätsnah ist, dass der Verkehrs- bzw. Transportweg erst direkt vor der Leiter, dem Treppenturm oder der ins Gerüst integrierten Aufstiegshilfe beginnt, musste hier jeweils ein kurzer horizontaler Verkehrsweg zurückgelegt werden. Für den Versuchsaufbau wurde hier ein horizontaler Abstand von ca. 5 m am Boden und ungefähr 2 m in der jeweiligen obersten Gerüstebene vorgesehen. Für die Zeiterfassung wurden jedoch nur die vertikalen Verkehrswege berücksichtigt.

6.3.2.1.4 Materialien zur Simulation der Transportwege

Zusätzlich zum Arbeits- und Schutzgerüst inklusive der verschiedenen Aufstiegshilfen wurden noch ausreichend Materialien bzw. Werkzeuge vor Ort bereitgestellt, um einen realistischen Transportweg simulieren zu können.

Folgende Werkzeuge wurden für die Simulation verwendet:

- 3 x HILTI Koffer (Gewicht: 4,2 kg)
- 3 x Handkreissäge (Gewicht: 7,0 kg)
- 6 x 5/8 Staffel Kantholz (5,4 kg)

6.3.2.2 Versuchsablauf des Versuchstages

Um alle essentiellen Werte zu erhalten, gliederte sich dieser Versuchstag in folgende Teilbereiche der Datenerfassung:

Teil 1:

Aufnahme der Persönlichen Daten der Probanden mittels Datenerfassungsbogen sowie laufende Messung der äußeren Einflüsse am gesamten Tag.

Teil 2:

Bildung von Teams zu vier Personen, wobei jedem Probanden einen Buchstaben von A bis D zugeteilt wurde. Es wurden insgesamt drei Gruppen à vier Personen gebildet, die die einzelnen Verkehrswege mit und ohne Material sowie mit und ohne Gegenverkehr durchführten. Jedes Team musste alle 24 Szenarien (Vgl. *Abbildung 98*) auf allen drei Aufstiegsmöglichkeiten durchspielen.

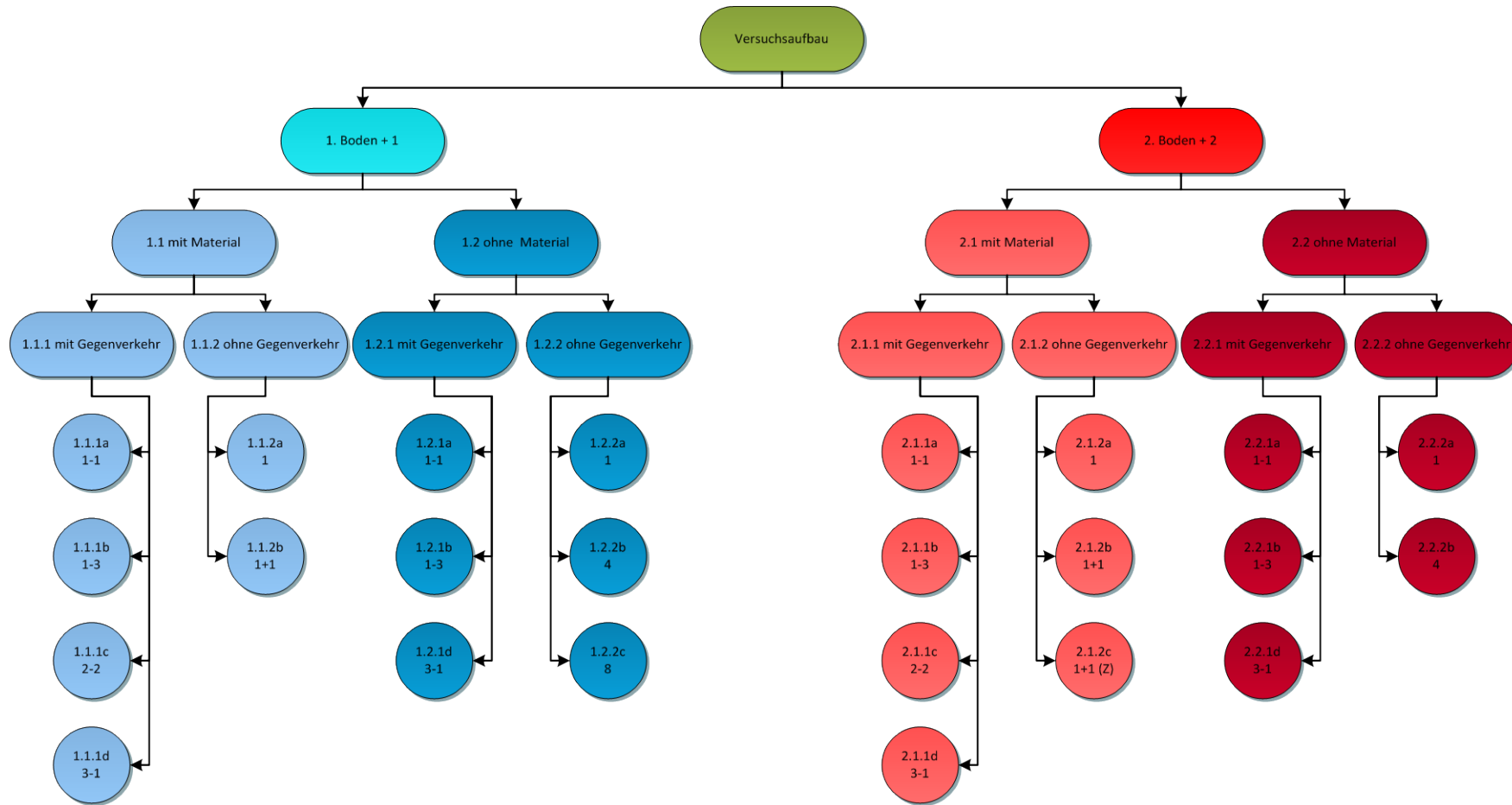


Abbildung 98: Szenarien für den Versuchsaufbau

6.3.2.2.1 Erläuterung zur Szenariendarstellung

Grundsätzlich wurden zwei Varianten unterschieden: „Boden + 1“ (Vgl. Abbildung 99) und „Boden + 2“ (Vgl. Abbildung 100).

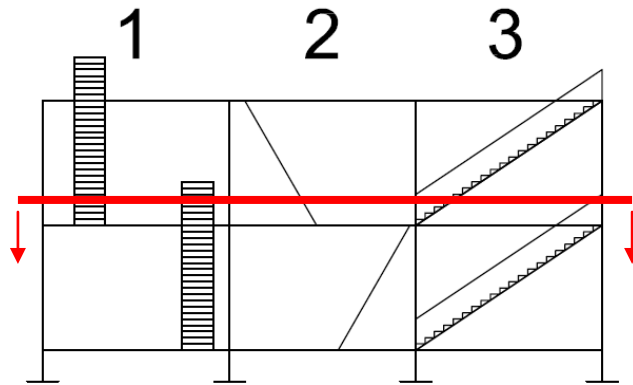


Abbildung 99: Boden + 1 (Untersuchung bis zur ersten Gerüstebene)

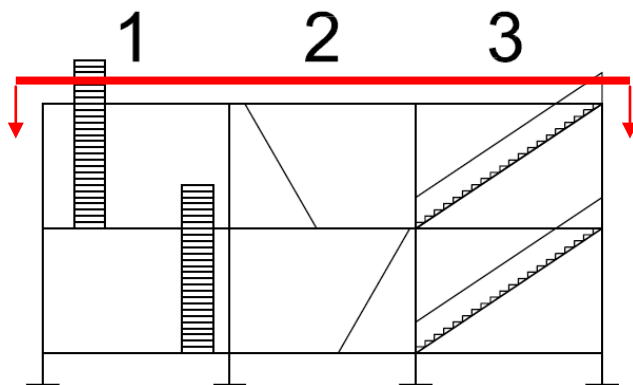


Abbildung 100: Boden + 2 (Untersuchung bis zur ersten Gerüstebene)

Abbildung 99 und Abbildung 100 zeigen, dass der Aufstieg einmal nur bis zur zweiten und einmal bis zur dritten Gerüstebene untersucht wurde. Des Weiteren wurden diese zwei Varianten einmal „mit Material“ und „ohne Material“ durchgeführt. Zusätzlich wurde jede Variante noch in „mit Gegenverkehr“ und „ohne Gegenverkehr“ unterteilt, das heißt ob sich zwei Probanden zeitgleich bewegen und sich die Wege damit queren oder nicht. Im Nachfolgenden wird die Szenariendarstellung erläutert, damit die Bedeutung der einzelnen Szenarienkreise in *Abbildung 98* klar ersichtlich ist

Jeder Kreis stellte ein Szenario dar. Anhand von Abbildung 101 soll die Darstellung erklärt werden.

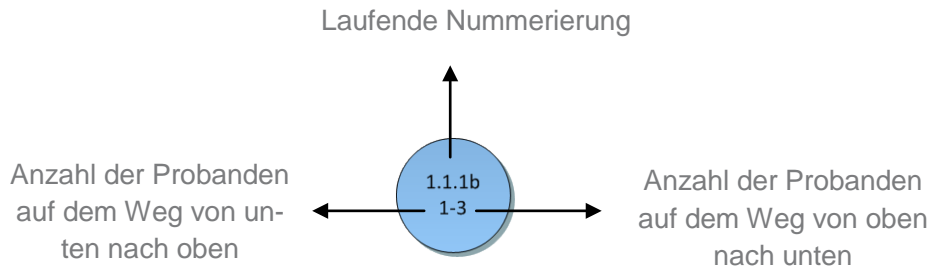


Abbildung 101: Beispielszenario 1

Das heißt, bei dem in Abbildung 101 dargestellten Beispiel, wird durch „**Zahl 1** – **Zahl 2**“ ausgesagt, dass ein Proband nach oben muss, während ihm drei Andere auf ihrem Weg nach unten entgegen kommen.

Anders ist dies bei dem zweiten Beispiel, das in Abbildung 102 gezeigt wird, da es sich hier um die Unterkategorie „mit Material - ohne Gegenverkehr“ handelt.

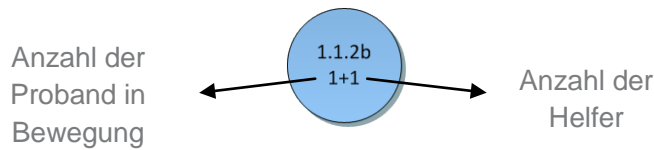


Abbildung 102: Beispielszenario 2

Durch „**Zahl 1** + **Zahl 2**“ wird ausgedrückt, dass hier zwei Probanden ein Material nach oben transportieren und ein Helfer sie dabei unterstützt indem er ihnen die Gegenstände nach oben bzw. unten reicht.

Abbildung 103 zeigt zeigt den einfachsten Fall indem alle Probanden dieselbe Aufgabe haben.

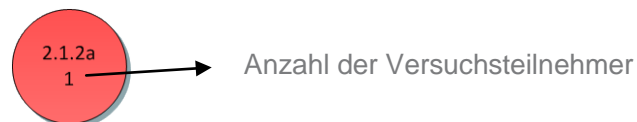


Abbildung 103: Beispielszenario 3

Im Beispielszenario 3 bewegt sich eine bestimmte Anzahl von Versuchsteilnehmern mit oder ohne Material nach oben, ohne das ihnen jemand entgegenkommt oder hilft.

6.3.2.2.2 Ablauf der durchgeführten Szenarien

Insgesamt haben 12 Probanden aktiv am Versuchstag teilgenommen, sodass drei Gruppen zu je vier Personen gebildet werden konnten.

Um eine gleichmäßige Belastung aller Versuchsteilnehmer zu gewährleisten wurden in allen drei Gruppen die Buchstaben A bis D vergeben, wobei jedem Buchstabe schon vorweg in einer gleichmäßigen Verteilung eine Aufgabe zugeteilt wurde.

Vor Ort wurden dann insgesamt 24 Szenarien durchgespielt, 23 davon wurden von jeder Gruppe dreimal durchgespielt, das heißt einmal auf jeder Aufstiegsmöglichkeit. Das Szenario 1.2.2.c wurde dahingegen insgesamt nur dreimal durchgespielt, da durch die erhöhte Teilnehmerzahl (8 Teilnehmer) eine Zusammenlegung von zwei Gruppen erforderlich wurde.

Im nachfolgenden sind die einzelnen, die durchgespielt wurden, erklärt.

1. Szenariogruppe Boden + 1

1.1 Szenarien mit Material

1.1.1 Szenarien mit Gegenverkehr

Szenario 1.1.1a (1-1)

Hier startete jeweils ein Proband am Boden mit einem 4,2 kg schweren Hiltikoffer und einer in der zweiten Gerüstebene mit einer 7 kg schweren Kreissäge.

Anzumerken ist, dass die Probanden bei allen Versuchen 2 bzw. 5 m von der Aufstiegshilfe entfernt starteten um einen realistischen Verkehrsweg zu simulieren. Gemessen wurde jedoch nur die tatsächliche Auf- bzw. Abstiegszeit auf der jeweiligen Aufstiegshilfe.

Szenario 1.1.1b (1-3)

Ein Versuchsteilnehmer stieg mit dem 4,2 kg schweren Hiltikoffer in die zweite Gerüstebene, parallel dazu mussten drei weitere aus derselben mit zwei Kanthölzern und einer Handkreissäge zum Boden gelangen.

Szenario 1.1.1c (2-2)

Jeweils zwei Probanden starteten zeitgleich mit Material auf der zweiten Gerüstebene bzw. am Boden und begaben sich jeweils an den Ort der anderen. Zu transportieren waren hier zwei Kanthölzer, ein Hiltikoffer und eine Handkreissäge.

Szenario 1.1.1d (3-1)

Drei Personen begaben sich mit zwei Kanthölzern und einem Hiltikoffer in die zweite Gerüstebene, während eine weitere zeitgleich von dort aus mit einer Handkreissäge Richtung Boden unterwegs war.

1.1.2 Szenarien ohne Gegenverkehr

Szenario 1.1.2a (1)

Hier wurde die Aufstiegszeit eines Probanden gemessen, der mit einem 4,2 kg schweren Hilti Koffer in die zweite Gerüstebene gelangte.

Szenario 1.1.2b (1+1)

Bei diesem Szenario musste ein Versuchsteilnehmer mit einem Kantholz in die zweite Gerüstebene aufsteigen, wobei eine weitere Person ihm das Material hinaufreichte.

1.2 Szenarien ohne Material

1.2.1 Szenarien mit Gegenverkehr

Szenario 1.2.1a (1-1)

Hier starteten jeweils ein Proband am Boden und ein weiterer in der zweiten Gerüstebene. Die beiden wechselten, sozusagen zeitgleich, ihre Positionen, wobei das Ganze ohne Material erfolgte.

Szenario 1.2.1b (1-3)

In diesem Fall musste ein Versuchsteilnehmer ohne Material vom Boden starten und in die zweite Gerüstebene gelangen, während ihm zeitgleich drei Probanden auf dem Weg nach unten entgegenkamen.

Szenario 1.2.1d (3-1)

In Szenario 1.2.1d stiegen drei Personen vom Boden in die zweite Gerüstebene, während ihnen ein weiterer Versuchsteilnehmer von oben ihren Weg kreuzte.

1.2.2 Szenarien ohne Gegenverkehr

Szenario 1.2.2a (1)

Hier wurde die Aufstiegszeit eines Probanden in die zweite Gerüstebene gemessen.

Szenario 1.2.2b (4)

In diesem Fall wurde die Zeit gemessen, die vier Personen benötigen um vom Boden in die zweite Gerüstebene zu gelangen.

Szenario 1.2.2c (8)

Bei diesem Szenario wurden jeweils zwei der drei Gruppen in eine Gruppe zusammengefasst. Die acht Probanden mussten dann gemeinsam in die zweite Gerüstebene gelangen, während die benötigte Zeit gemessen wurde. Zu beachten ist, dass dies das einzige Szenario was, dass pro Aufstiegshilfe nur einmal durchgespielt wurde.

2. Szenariogruppe Boden + 2

2.1 Szenarien mit Material

2.1.1 Szenarien mit Gegenverkehr

Szenario 2.1.1a (1-1)

In diesem Szenario starteten ein Proband am Boden und ein weiterer in der dritten Gerüstebene. Die Versuchsteilnehmer mussten, mit einem Hiltikoffer bzw. einer Handkreissäge, zeitgleich zur Ausgangsposition des anderen gelangen.

Szenario 2.1.1b (1-3)

Hier startete ein Proband mit einem Hiltikoffer in die dritte Gerüstebene während ihm drei Personen mit zwei Kanthölzern und einer Handkreissäge aus der dritten Gerüstebene Richtung Boden entgegenkamen.

Szenario 2.1.1c (2-2)

In diesem Fall stiegen jeweils zwei Probanden vom Boden in die dritte Gerüstebene bzw. von derselben zum Boden. Dies geschah zeitgleich und mit einem Hiltikoffer, einer Handkreissäge und zwei Kanthölzern.

Szenario 2.1.1d (3-1)

In Szenario 2.1.1d kletterten drei Probanden mit zwei Kanthölzern und einer Handkreissäge vom Boden in die dritte Gerüstebene, während ein Teilnehmer aus der dritten Gerüstebene mit einem Hiltikoffer Richtung Boden unterwegs war.

2.1.2 Szenarien ohne Gegenverkehr

Szenario 2.1.2a (1)

Hier wurde die Aufstiegszeit gemessen, die ein Proband vom Boden in die dritte Gerüstebene benötigte, während er Material in den Händen hatte. Bei dem mitzuführenden Material handelte es sich wieder um den 4,2 kg schweren Hiltikoffer.

Szenario 2.1.2b (1+1)

In diesem Fall musste ein Versuchsteilnehmer mit einem Kantholz in die dritte Gerüstebene gelangen, wobei ihm eine weitere Person das Material hinaufreichen durfte.

Szenario 2.1.2c (1+1 (Z))

Bei diesem Szenario passierte, dass gleiche wie in 2.1.2b mit dem Unterschied, dass das Kantholz nicht direkt über zwei Etagen hochgereicht werden durfte. Das heißt, dass das Material in der zweiten Gerüstebene abgelegt werden musste und von dort in die dritte Gerüstebene gereicht werden musste.

2.2 Szenarien ohne Material

2.2.1 Szenarien mit Gegenverkehr

Szenario 2.2.1a (1-1)

Bei diesem Szenario startete eine Person ohne Material, während zeitgleich eine weitere ohne Material aus der dritten Gerüstebene startete. Das Ziel ist, dass sie ihre Ausgangspositionen wechselten.

Szenario 2.2.1b (1-3)

In diesem Fall musste eine Person vom Boden ausgehend in die dritte Gerüstebene gelangen, während ihm drei weitere Probanden aus der dritten Gerüstebene entgegen kamen.

Szenario 2.2.1d (3-1)

Bei diesem Szenario mussten drei Versuchsteilnehmer in die dritte Gerüstebene gelangen, wobei ein weiterer zur selben Zeit aus der dritten Gerüstebene Richtung Boden ihren Weg querte.

2.2.2 Szenarien ohne Gegenverkehr

Szenario 2.2.2a (1)

Hier wurde die Aufstiegszeit eines Versuchsteilnehmers gemessen, der vom Boden in die dritte Etage gelangen möchte. Das Ganze erfolgte ohne Material und ohne Gegenverkehr.

Szenario 2.2.2b (4)

In diesem Fall wurde dasselbe wie unter 2.2.2a gemessen, jedoch war der Versuch erst beendet, als insgesamt vier Probanden in der dritten Etage waren.

6.3.2.3 Erhobene Daten und Auswertung¹⁶⁶

In diesem Kapitel werden erhobenen Daten aus dem Versuchstag dargestellt und ausgewertet.

6.3.2.3.1 Persönliche Daten der Versuchsteilnehmer

Wie bereits erwähnt wurden zu Beginn der Untersuchungen die Buchstaben A bis D in den Gruppen verteilt und die Daten des jeweiligen Probanden erfasst. Tabelle 13 zeigt die erfassten Werte der Probanden.

Nr.	Nr. Puls-messgurt	Alter [a]	Größe [cm]	Gewicht [kg]	Raucher? [ja/nein]	Beruf	Anz. Sportliche Aktivi-tät pro Woche
A1	ZB 15	18	170	59,2	nein	Lehrling	3-4
B1	2	18	170	63	ja	Lehrling	3-4
C1	S4	35	176	85	ja	Vertriebsleiter Gerüst	1-2
D1	S12	33	192	99	nein	Angestellter	2
A2	3	18	178	80	nein	Lehrling	5-6
B2	ZB.1	18	170	65	nein	Lehrling	4-5
C2	ZB. 5	36	184	85	nein	Techniker	1
D2	ZB. 7	27	190	84	nein	Student	3
A3	ZB 3	19	173	75	nein	Lehrling	5
B3	ZB 11	18	168	73	nein	Lehrling	5
C3	ZB 6	41	187	110	ja	Sicherheitsfachkraft	1-2
D3	S 5	47	176	84	nein	Techniker	1

Tabelle 13: Daten der Versuchsteilnehmer

Abschließend wurde der Versuchsteilnehmer mit einem Pulsmessgurt sowie dazugehöriger Pulsmessuhr ausgestattet.

¹⁶⁶ Die ausgefüllten Datenerhebungsblätter sowie die Mittelwerte der einzelnen Szenarien können dem Anhang entnommen werden.

6.3.2.3.2 Auswertung der Aufstiegszeiten

Das nachfolgende Kapitel stellt einen Überblick der erfassten Daten des Versuchstages dar. Außerdem werden die Streubreiten der gemessenen Zeiten untersucht und in weiterer Folge Werte, die das Ergebnis verfälschen, ausgeschlossen. Anzumerken ist, dass das oben erwähnte Szenario 1.2.2.c aus der nachfolgenden Auswertung herausgenommen wurde, da es pro Aufstiegsvariante nur einen Wert gibt. Die gemessenen Werte zu diesem Versuch werden im Anschluss separat diskutiert. Abbildung 104 zeigt die Aufstiegszeiten der drei Versuchsteilnehmergruppen auf der Leiter bei den Szenarien, die sich über eine Etage erstreckten.

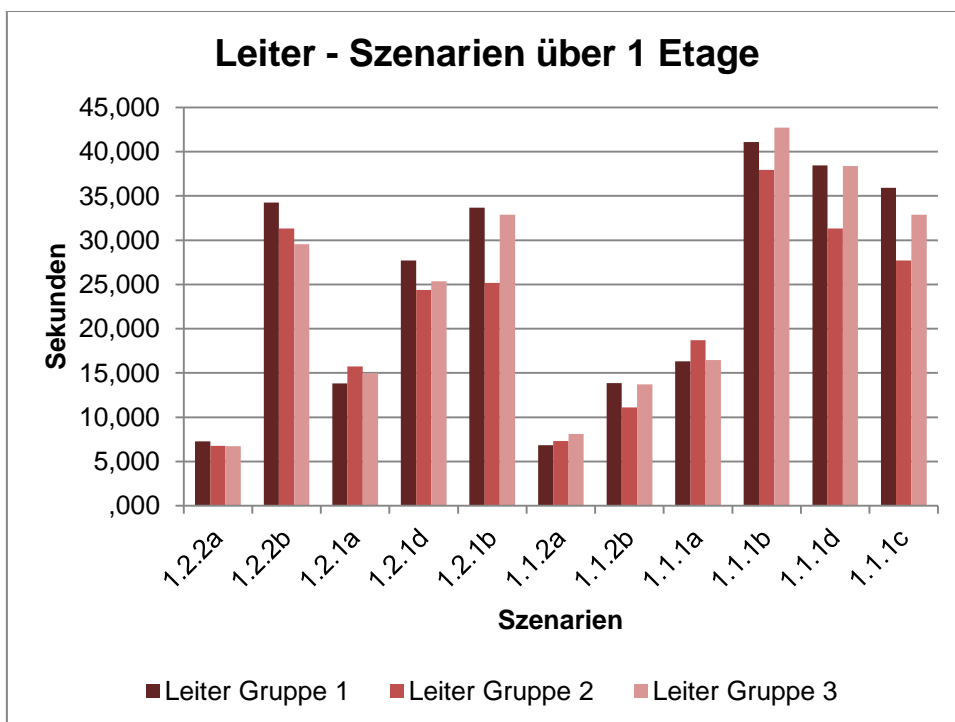


Abbildung 104: Die gemessenen Aufstiegszeiten auf der Leiter über 1 Etage (in Sekunden)

Es ist erkennbar, dass die Szenarien der ersten Etage nahezu bei allen drei Gruppen zeitgleich ausgeführt wurden. Vor allem bei den ersten Versuchen, bei denen es zu keinem Gegenverkehr oder Materialtransport kam, sind die Werte nahezu ident, da es hier wenig Alternativen im Bewegungsablauf gibt. Größere Streuungen sind in den letzten Szenarien ersichtlich, da es hier zu Gegenverkehr und Materialtransport kam, wodurch diese Szenarien mit kleinen Unterschieden ausführbar sind. Im Gegenzug dazu stellt Abbildung 105 die Aufstiegszeiten der Szenarien über zwei Etagen dar.

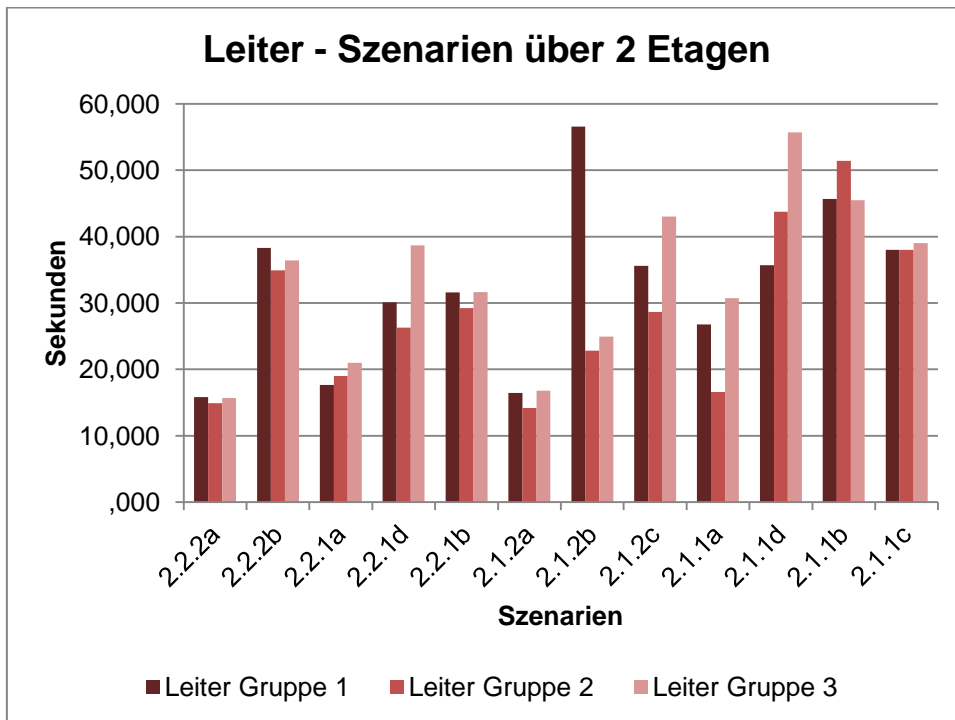


Abbildung 105: Die gemessenen Aufstiegszeiten auf der Leiter über 2 Etagen (in Sekunden)

Auffällig ist, dass die Gruppe 1 beim Szenario 2.1.2b mehr als die doppelte Zeit der anderen Gruppen benötigte. Anhand des Videomaterials wurde ersichtlich, dass die Gruppe 1 bei diesem Szenario das Material in der zweiten Gerüstebene zwischengelagert hat und somit die Zeit verloren hat. Da diese Art der Ausführung aber erst ausdrücklich im Szenario 2.1.2c gefordert ist, wird dieser Versuch als nicht vergleichbar mit den anderen Gruppen und Aufstiegsmöglichkeiten gewertet und in weiterer Folge aus der Bewertung ausgeschlossen. Außerdem wird ersichtlich, dass Gruppe 3 bei jedem Szenario mehr Zeit als die anderen beiden Gruppen benötigt. Diese Tatsache kann im nachfolgenden jedoch auch bei den anderen beiden Aufstiegsmöglichkeiten festgestellt werden, wodurch sie vernachlässigbar ist.

Abbildung 106 zeigt die Aufstiegsdauern bei der im Gerüst integrierten Aufstiegshilfe über eine Etage.

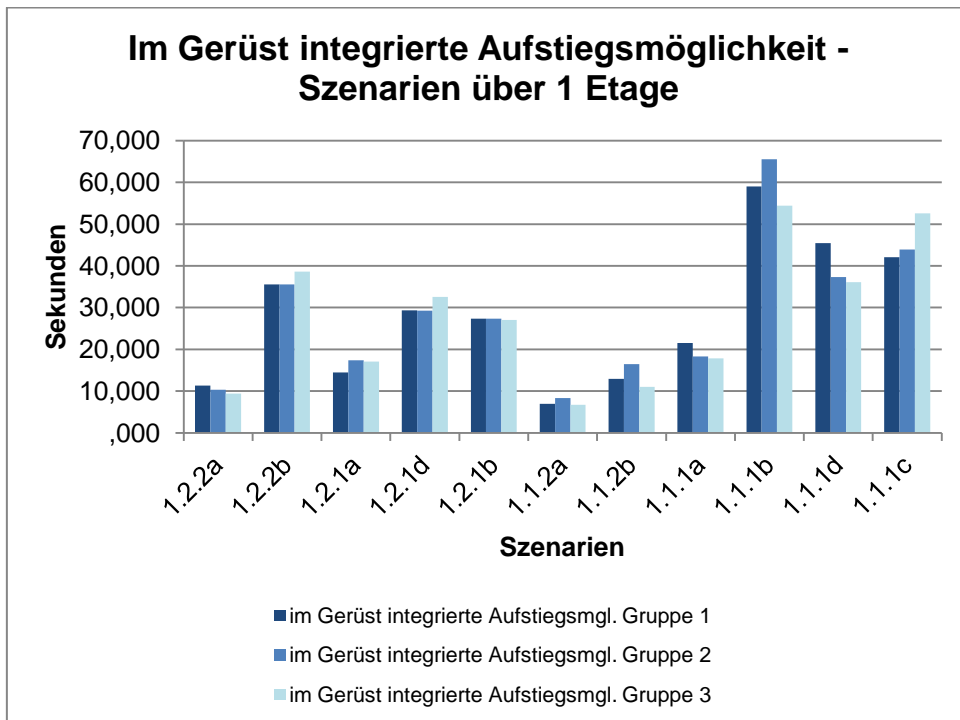


Abbildung 106: Die gemessenen Aufstiegszeiten auf der im Gerüst integrierten Aufstiegsmöglichkeit über 1 Etage (in Sekunden)

Abbildung 106 zeigt, dass die Aufstiegszeiten der drei Gruppen nahezu ident sind. Im Vergleich dazu stellt Abbildung 107 die Aufstiegszeiten über zwei Etagen dar.

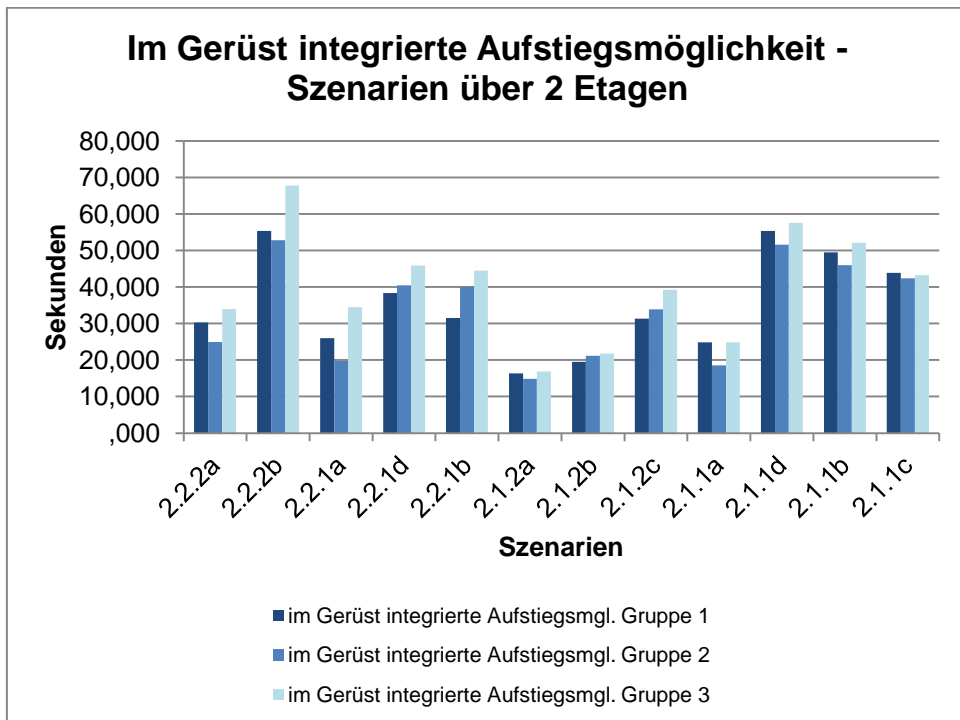


Abbildung 107: Die gemessenen Aufstiegszeiten auf der im Gerüst integrierten Aufstiegsmöglichkeit über 2 Etagen (in Sekunden)

Auch bei den Szenarien in Abbildung 107 wird kenntlich, dass es bei keinem der Szenarien zu großen Abweichungen kommt. Jedoch ist ersichtlich, dass bei der im Gerüst integrierten Aufstiegsmöglichkeit die ersten sechs Szenarien nicht so zeitgleich sind, wie bei der Leiter und dem Treppenturm. Dies ist darauf zurückzuführen, dass nicht jeder Proband gleich routiniert bei der Handhabung der verschließbaren Klappe ist. Außerdem wird bei der nachträglichen Videoanalyse klar, dass Gruppe 3 das letzte Szenario 2.1.1.c falsch ausgeführt hat und deswegen aus der Wertung ausgeschlossen werden muss.

Abbildung 108 und Abbildung 109 stellen die Aufstiegszeiten der drei Gruppen am Treppenturm über eine Etage und über zwei Etagen dar.

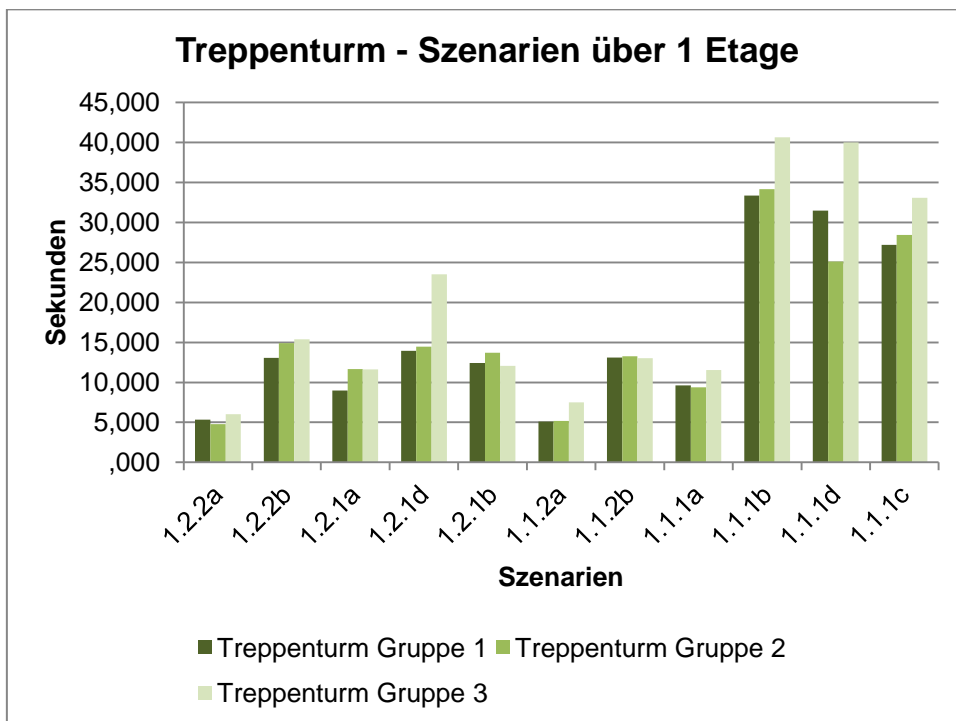


Abbildung 108: Die gemessenen Aufstiegszeiten auf dem Treppenturm über 1 Etage (in Sekunden)

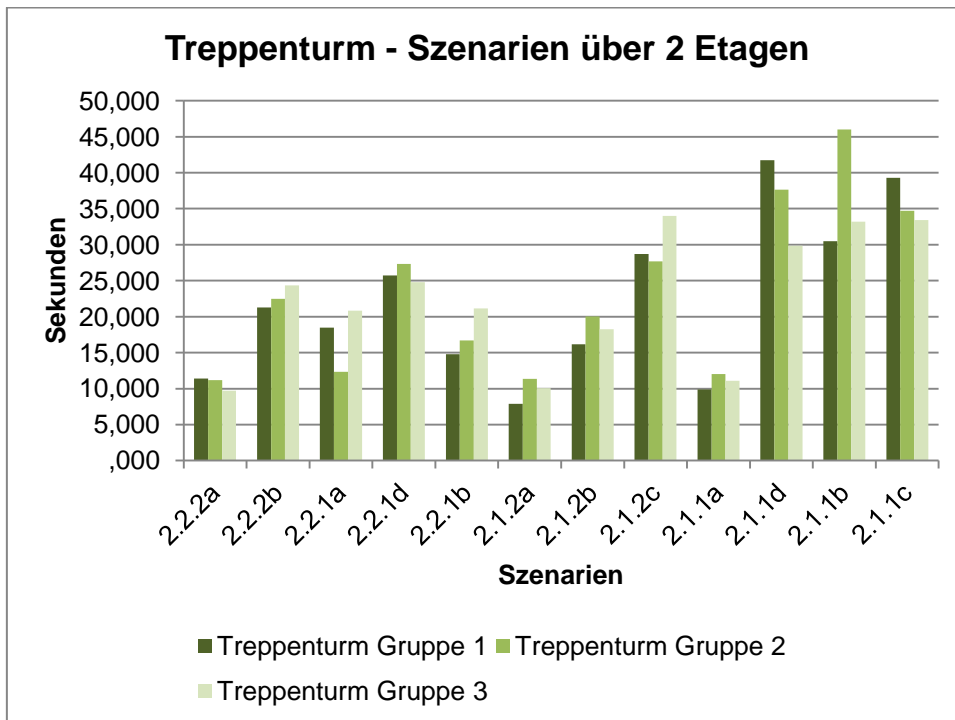


Abbildung 109: Die gemessenen Aufstiegszeiten auf dem Treppenturm über 2 Etagen (in Sekunden)

Wenn man sich die beiden Abbildungen genauer ansieht, fällt auf, dass vor allem bei Szenario 1.2.1d, 1.1.1d und 2.1.1b erhöhte Streubreiten erkennbar sind. Alle drei Ausreißer sind Szenarien, bei denen drei Probanden gegen einen Probanden laufen. Das heißt, es ist darauf zurückzuführen, dass manche Gruppen die Möglichkeit des zeitgleichen Betretens des Stiegenlaufes genutzt haben und manche nicht. Außerdem wurde bei der Videoanalyse festgestellt, dass Gruppe 3 das Szenario 2.1.1c falsch ausgeführt hat, weshalb ihre gemessene Zeit bei diesem Szenario für die Mittelwertberechnung vernachlässigt wird.

Nach Analyse der erfassten Daten wurde das Szenario 2.1.1c der Gruppe 3 beim Treppenturm und bei der im Gerüst integrierten Aufstiegsmöglichkeit sowie das Szenario 2.1.2b der Gruppe 1 auf der Leiter für die Mittelwertberechnung nicht berücksichtigt. Aus den übrigen Zeiten der 3 Gruppen wurden Durchschnittswerte je Aufstiegsmöglichkeit ermittelt. Abbildung 110 gibt einen Überblick über die Aufstiegszeiten im Mittel.

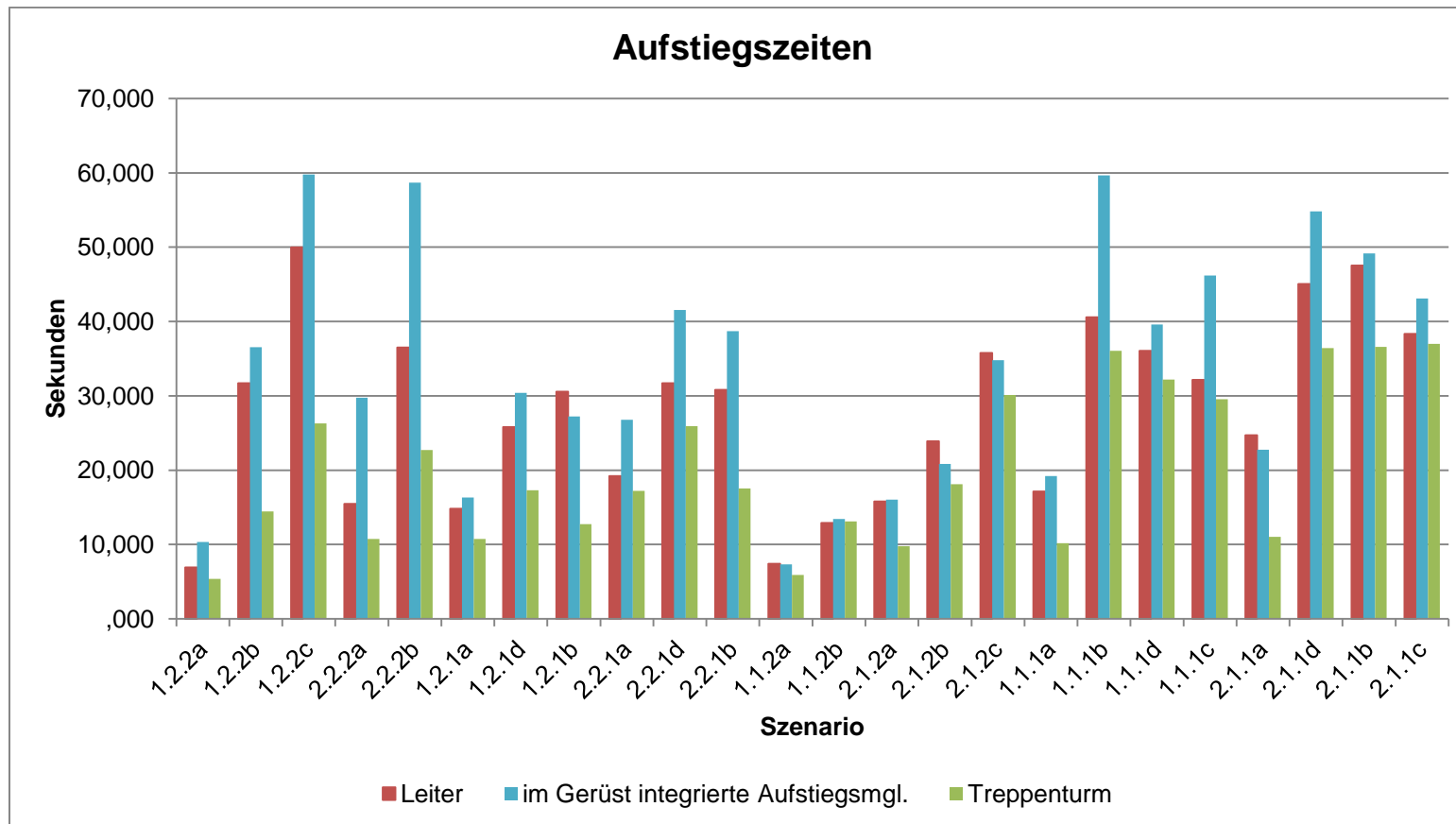


Abbildung 110: Aufstiegszeiten je Szenario je Aufstiegsmöglichkeit im Mittel

Anhand von Abbildung 110 kann gesagt werden, dass die Aufstiegszeit auf dem Treppenturm nahezu immer am kürzesten ist. Einzige Ausnahme ist Szenario 1.1.2b, bei dem ein Proband in die zweite Gerüstebene gelangen muss und ein weiterer ihm eine Staffel nachreicht. Hier ist der Aufstieg inklusive Materialtransport auf der Leiter um 1,81 % schneller, als auf dem Treppenturm. Dies kann damit in Zusammenhang gebracht werden, dass die Aufstandsfläche des ersten Gerüstfeldes für einen reibungslosen Versuchsablauf vergrößert wurde und es somit in diesem Bereich leichter ist, große sperrige Gegenstände nach oben zu ziehen und abzulegen. Ansonsten sieht man, dass die Aufstiegszeit auf dem Treppenturm im Mittel auf alle Szenarien um 28,35 % kürzer ist, als auf der Leiter. Bei der im Gerüst integrierten Aufstiegshilfe wird hingegen erkenntlich, dass die benötigte Zeit für den Aufstieg im Durchschnitt über alle Szenarien um 21,92 % größer als bei der Leiter ist.

Tabelle 15 zeigt die prozentuelle Differenz der Aufstiegszeiten zur Aufstiegszeit der Anlegeleiter, unterteilt in die jeweilige Aufstiegshöhe.

	Prozentuelle Differenz Treppenturm zur Leiter	Prozentuelle Differenz im Gerüst integrierte Aufstiegsmöglichkeit zur Leiter
Zweite Gerüstebene	- 27,63 %	+ 18,11 %
Dritte Gerüstebene	-26,57 %	+ 22,30 %

Tabelle 14: Prozentuelle Differenz zur Aufstiegszeit auf der Leiter

Es wird deutlich, dass die Aufstiegszeit beim Treppenturm, im Vergleich zu jener der Anlegeleiter, kaum differiert in Bezug auf die Aufstiegshöhe. Bei der im Gerüst integrierten Aufstiegshilfe ist jedoch erkenntlich, dass diese mit zunehmender Höhe etwas langsamer wird, was darauf zurückzuführen ist, dass in jedem Stockwerk eine Leiterngangtafel herunterzuklappen ist.

Die größten zeitlichen Abweichungen zwischen dem Treppenturm und der Leiter sind in Tabelle 15 dargestellt.

	Leiter [sec]	Treppenturm [sec]	Ersparnis in %
1.2.1.b	30,57	12,73	58,38 %
2.1.1.a	22,74	11,02	55,38 %
1.2.2.b	31,72	14,45	54,45 %

Tabelle 15: Die Szenarien mit der größten Zeitersparnis beim Treppenturm

Die meiste Ersparnis konnte somit bei Szenarien mit Gegenverkehr bzw. bei Szenarien, bei denen mindestens zwei Versuchsteilnehmer mitwirkten, erreicht werden.

Bei genauerer Betrachtung der Aufstiegszeiten sind einige Besonderheiten aufgefallen, die nachfolgend diskutiert werden.

Grundsätzlich hat ein einzelner Proband für den Aufstieg in die zweite Gerüstebene (Höhenüberwindung von etwa 2,40 m) durchschnittlich folgende Zeiten benötigt:

- 1. Leiter: 6,91 Sekunden
- 2. Im Gerüst int. Aufstiegsmöglichkeit: 10,35 Sekunden
- 3. Treppenturm: 5,38 Sekunden

Wenn man diese Aufstiegszeiten mit den Aufstiegszeiten der Szenarien 1.2.1d und 1.2.1b vergleicht, bei denen jeweils drei Probanden in die zweite Gerüstebene bzw. auf den Boden unterwegs sind, während ihr Weg durch einen weiteren Versuchsteilnehmer gequert wird, fällt Folgendes in Tabelle 16 auf:

	Leiter	Im G. int. Aufst.	Treppenturm
1.2.2a	6,91	10,35	5,38
1.2.1d	25,80	30,41	17,30
1.2.1b	30,57	27,24	12,73

Red arrows and text in the original image indicate ratios: 3,7-fache (1.2.1d vs 1.2.2a Leiter), 4,4-fache (1.2.1b vs 1.2.2a Leiter), 2,9-fache (1.2.1d vs 1.2.2a Im G. int. Aufst.), 2,6-fache (1.2.1b vs 1.2.2a Im G. int. Aufst.), 3,2-fache (1.2.1d vs 1.2.2a Treppenturm), 2,4-fache (1.2.1b vs 1.2.2a Treppenturm).

Tabelle 16: Vergleich von Szenario 1.2.2a zu 1.2.1d und 1.2.1b (Aufstiegszeit in Sekunden)

Es wird deutlich, dass sich die Aufstiegszeit auf Leiter verhältnismäßig mehr erhöht, sobald Gegenverkehr auftritt. Dies ist darauf zurückzuführen, dass eine Leiter immer nur von einer Person benutzt werden kann, das heißt, desto höher die Anzahl der Arbeiter, die zur selben Zeit die gleiche Aufstiegsmethode nutzen wollen, desto größer die Zeitersparnis auf dem Treppenturm gegenüber der Leiter. Erwähnenswert ist auch, dass die Aufstiegsdauer bei der im Gerüst integrierten Aufstiegshilfe im Einzelgang am höchsten ist, jedoch im Szenario 1.2.1b, bei dem 4 Probanden involviert sind, geringer als auf der Leiter ist.

Durch den Vergleich in Tabelle 17 sollen die Auswirkungen der Steigerung der Arbeiter, die zeitgleich die Aufstiegsmethode nutzen wollen, gezeigt werden.

	Leiter	Im G. int. Aufst.	Treppenturm
1.2.2a	6,91	10,35	5,38
1.2.2b	31,72	36,56	14,45
1.2.2c	49,98	59,79	26,30

Red arrows indicate the following multipliers: 4,5-fache (Leiter 1.2.2a to 1.2.2b), 3,5-fache (Im G. int. Aufst. 1.2.2a to 1.2.2b), 2,7-fache (Treppenturm 1.2.2a to 1.2.2b), 7,2-fache (Leiter 1.2.2a to 1.2.2c), 5,8-fache (Im G. int. Aufst. 1.2.2a to 1.2.2c), 4,9-fache (Treppenturm 1.2.2a to 1.2.2c).

Tabelle 17: Vergleich von Szenario 1.2.2a zu 1.2.2b und 1.2.2c (Aufstiegszeit in Sekunden)

Mittels der Gegenüberstellung in Tabelle 17 wird klar, dass sich eine Steigerung der Probanden in allen drei Fällen negativ auf die Aufstiegsdauer auswirkt. Jedoch ist erkennbar, dass die Auswirkungen bei der Leiter nahezu doppelt so groß sind wie beim Treppenturm. Die im Gerüst integrierte Aufstiegshilfe bildet in etwa die Mitte der beiden Methoden. Desto mehr Arbeiter zur selben Zeit einen vertikalen Verkehrsweg zurücklegen müssen, desto mehr Ersparnis entsteht durch den Treppenturm.

Im nächsten Schritt wurden, wie Tabelle 18 zeigt, die Szenarien 1.1.2a und 1.1.1a dem einfachen Aufstieg gegenübergestellt.

	Leiter	Im G. int. Aufst.	Treppenturm
1.2.2a	6,91	10,35	5,38
1.1.2a	7,41	7,32	5,92
1.1.1a	17,16	19,22	10,20

Red arrows indicate the following multipliers: 1,07-fache (Leiter 1.2.2a to 1.1.2a), 0,7-fache (Im G. int. Aufst. 1.2.2a to 1.1.2a), 1,1 fache (Treppenturm 1.2.2a to 1.1.2a), 2,5-fache (Leiter 1.2.2a to 1.1.1a), 1,9-fache (Im G. int. Aufst. 1.2.2a to 1.1.1a), 1,9-fache (Treppenturm 1.2.2a to 1.1.1a).

Tabelle 18: Vergleich von Szenario 1.2.2a zu 1.1.2a und 1.1.1a (Aufstiegszeit in Sekunden)

Beim Szenario 1.1.2a handelt es sich um den Aufstieg eines Probanden mit dem Hiltikoffer in die zweite Gerüstebene. Beim Szenario 1.1.1a mussten hin-

gegen 2 Versuchsteilnehmer, einer am Boden und einer in der zweiten Gerüstebene, die Positionen tauschen. Es wird kenntlich, dass die Aufstiegsdauer bei der Leiter und beim Treppenturm nur gering gesteigert wird. Auffällig war jedoch, dass die Aufstiegszeit bei der im Gerüst integrierten Aufstiegsmöglichkeit sogar verringert wurde. Nach der Videoanalyse wurde festgestellt, dass dies darauf zurückzuführen ist, dass in diesem Szenario die Leiterngangtafel fälschlicherweise bereits heruntergeklappt war. Interessant ist jedoch, dass die im Gerüst integrierte Aufstiegsmöglichkeit, sobald man die Leiterngangtafel nicht herunterklappen muss, schneller ist als die Leiter. Es wird angenommen, dass dieser Umstand auf das erhöhte Sicherheitsgefühl beim innenliegenden Aufstieg zurückzuführen ist. Das Szenario 1.1.1a bestätigt die Erkenntnis aus dem Vergleich aus Tabelle 16. Hier müssen zwei Probanden mit Material und zeitgleich, also mit Gegenverkehr, die Positionen wechseln. Hier wird wieder gezeigt, dass sich Gegenverkehr besonders negativ auf die Aufstiegsdauer bei der Leiter auswirkt.

In Tabelle 19 werden die Szenarien der dritten Gerüstebene mit Gegenverkehr, jedoch ohne Material, miteinander verglichen.

	Leiter	Im G. int. Aufst.	Treppenturm
2.2.1.a	19,21	26,76	17,22
2.2.1.d	25,80	30,41	17,30
2.2.1.b	30,57	27,24	12,73

Red arrows and multipliers in the original image indicate the following ratios (Scenario 2.2.1.a to 2.2.1.d):

- Leiter: 1,6-fache
- Im G. int. Aufst.: 1,6-fache
- Treppenturm: 1,5-fache
- From 2.2.1.d to 2.2.1.b: 1,7-fache (Leiter), 1,4-fache (Im G. int. Aufst.), 1,02-fache (Treppenturm)

Tabelle 19: Vergleich von Szenario 2.2.1a zu 2.2.1d und 2.2.1b (Aufstiegszeit in Sekunden)

Grundsätzlich kann gesagt werden, dass die Aufstiegszeit beim Szenario 2.2.1a, bei dem ein Proband am Boden und einer in der dritten Gerüstebene jeweils mit Material startet, der Treppenturm die meiste Zeitersparnis bringt. Vergleicht man diesen Aufstieg mit dem Szenario 2.2.1d, bei dem drei Versuchsteilnehmer am Boden mit Material in die dritte Gerüstebene unterwegs sind, während eine weitere Person ihren Weg mit einer Handkreissäge kreuzt, wird ersichtlich, dass der die Zeit bei allen drei Varianten um das 1-4 bis 1,6-fache gesteigert wird. Das Szenario 2.2.1b, das die Umkehrung zum 2.2.1d ist zeigt das selber bei der Leiter und bei der im Gerüst integrierten Aufstiegshilfe. Der Treppenturm hingegen erhöht sich hier im Vergleich zum Szenario 2.2.1a nur um das 1,02-fache. Es wird angenommen, dass sich dieser Umstand deswegen ergibt, weil auf dem Treppenturm ein zeitgleiches Benutzen eines Stie-

genlaufes möglich ist und insbesondere beim Abstieg sehr hohe Geschwindigkeiten erreicht werden können.

6.3.2.3.3 Auswertung der Abstiegszeiten

Da aus den gemessenen Aufstiegszeiten klar wurde, dass es zu Unterschieden führt ob drei Personen nach oben klettern und eine nach unten oder umgekehrt, wurden die Abstiegszeiten stichprobenhaft aus den Videos erfasst. Es ist jedoch zu beachten, dass die Versuchsteilnehmer nicht darüber Bescheid gewusst haben und somit nicht alle Abstiege zu werten sind. Es ist oftmals vorgekommen, dass die Probanden beim Abstieg stehengeblieben sind um sich mit anderen zu unterhalten. Diese Zeiten können natürlich nicht als Abstiegszeit gewertet werden. Bei folgenden Szenarien konnte die Abstiegszeit repräsentativ ermittelt werden:

- Szenario 1.2.2a
- Szenario 1.2.2b
- Szenario 1.2.2c
- Szenario 2.2.2a
- Szenario 2.2.2b
- Szenario 1.1.2a
- Szenario 2.1.2a

Nachfolgend werden die einzelnen Zeiten der drei Gruppen auf den drei Aufstiegsmethoden dargestellt, um eventuelle Ausreißer zu identifizieren. Hinzuzufügen ist, dass Szenario 1.2.2c hier nicht dargestellt ist, da dieses insgesamt nur dreimal durchgeführt würde, da pro Versuch je zwei Gruppen daran teilnehmen mussten. Somit ist der gemessene Wert gleichzeitig der Mittelwert für dieses Szenario.

Abbildung 111 zeigt die gemessenen Abstiegszeiten auf der Leiter der drei Versuchsteilnehmergruppen.



Abbildung 111: Die gemessenen Abstiegszeiten auf der Leiter (in Sekunden)

Anhand der Darstellung in Abbildung 111 wird gezeigt, dass die einzelnen gemessenen Werte nicht sehr weit voneinander abweichen. Jedoch muss hinzugefügt werden, dass das Szenario 2.2.2a bei Gruppe 1 nicht gewertet werden konnte, da hier ein Proband während des Abstieges stehen geblieben ist und sich mit einem weiteren Versuchsteilnehmer unterhalten hat.

In Abbildung 112 werden die erfassten Zeiten des Abstieges auf der im Gerüst integrierten Aufstiegshilfe dargestellt.

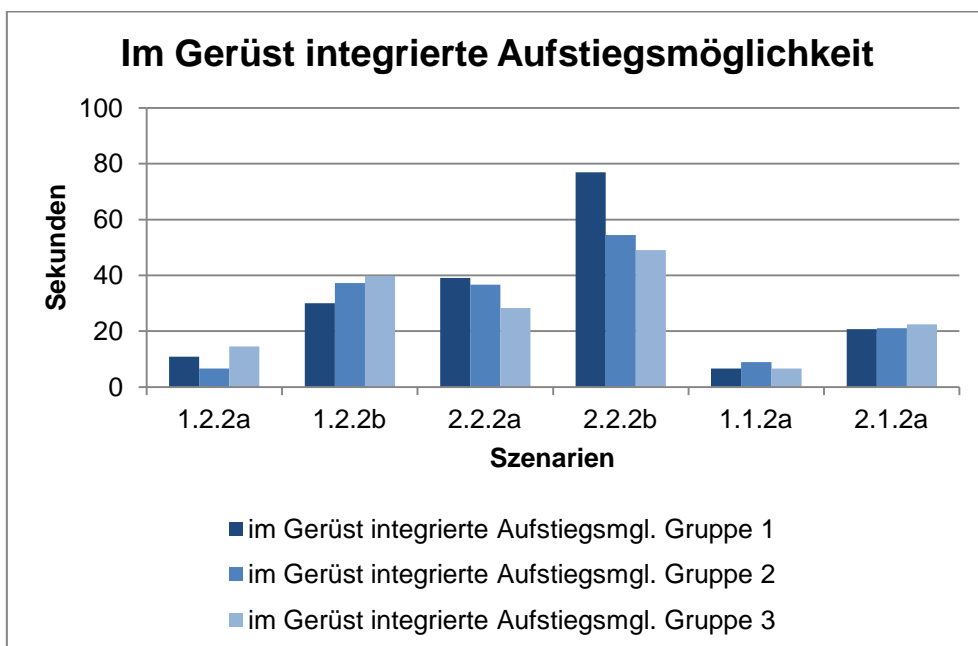


Abbildung 112: Die gemessenen Abstiegszeiten bei der im Gerüst integrierten Aufstiegshilfe (in Sekunden)

Alle drei Gruppen haben bei dieser Aufstiegshilfe ähnliche Zeiten benötigt. Einziger Ausreißer war das Szenario 2.2.2b. Hier hat Gruppe 1 wesentlich länger als die anderen gebraucht, jedoch konnten bei der nachträglichen Videoanalyse keine Besonderheiten festgestellt werden.

Abbildung 113 zeigt die Werte des Treppenturmes.

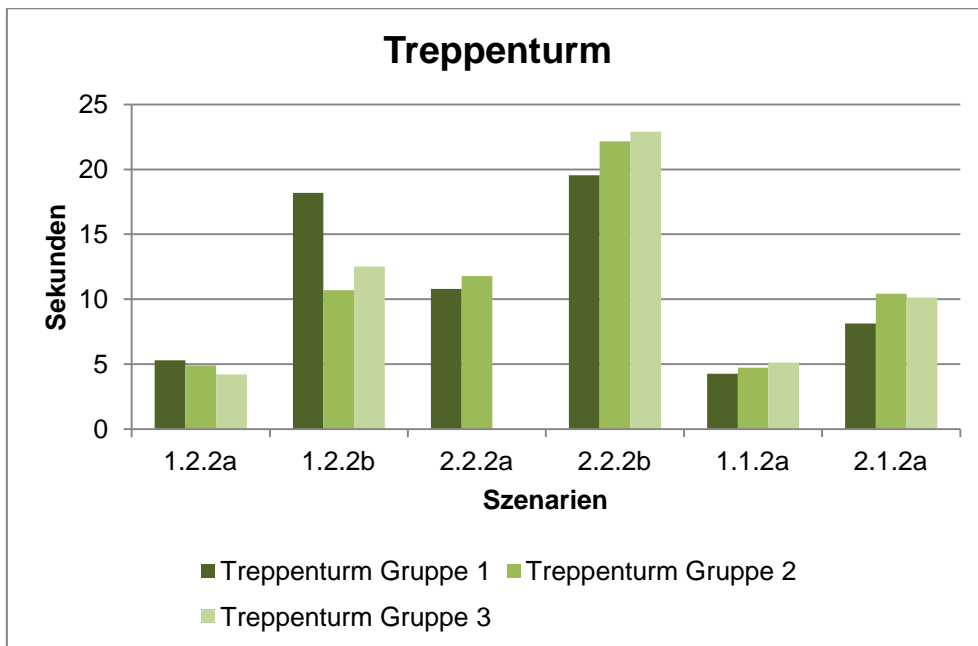


Abbildung 113: Die gemessenen Abstiegszeiten auf dem Treppenturm (in Sekunden)

Auch hier kommt es zu keinen größeren Abweichungen unter den einzelnen Gruppen. Nur bei Szenario 1.2.2b weicht Gruppe 1 etwas von den anderen beiden ab. Dies ist darauf zurückzuführen, dass zwei der vier Probanden länger in der dritten Gerüstebene stehen geblieben sind, bevor sie den Abstieg begonnen haben. Außerdem konnte auch hier das Szenario 2.2.2a der Gruppe 3 nicht gewertet werden, da ein Proband im Abstieg stehen geblieben ist um sich mit einem anderen zu unterhalten.

In Abbildung 114 werden die errechneten Mittelwerte für die einzelnen Aufstiegsmethoden je Szenario dargestellt.

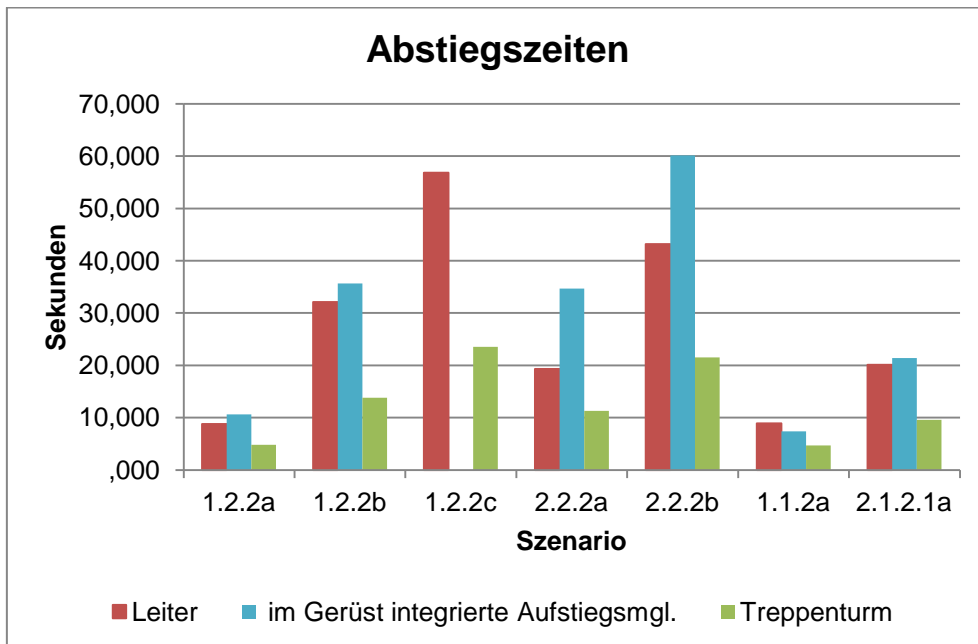


Abbildung 114: Abstiegszeiten zu den einzelnen Aufstiegsmöglichkeiten im Mittel

Es wird deutlich, dass der Treppenturm bei jedem Szenario weit unter den anderen beiden Aufstiegsmethoden liegt. Im Vergleich zur Leiter liefert der Treppenturm im Mittel 50,35 % Zeitersparnis. Bei der im Gerüst integrierten Aufstiegshilfe liegt der Zeitverlust zur Leiter bei gut 20 % und somit in etwa gleich wie bei den Abstiegszeiten. Außerdem konnte für das Szenario 1.2.2c bei der im Gerüst integrierten Aufstiegsmöglichkeit kein Wert gemessen werden, da ein Proband über die Leiter nach unten geklettert ist.

Die größten Unterschiede zwischen Leiter und Treppenturm ergaben sich mit fast 60 % Ersparnis bei den Szenarien 1.2.2b und 1.2.2c bei denen vier und acht Probanden hintereinander abgestiegen sind. Somit wird, ebenso wie beim Aufstieg, klar, dass die Zeitersparnis beim Treppenturm mit der Anzahl der Probanden steigt.

Weiters zeigt eine Analyse der Abstiegszeiten, kategorisiert in Abstieg über zwei oder drei Ebenen, die prozentuellen Differenzen wie in erkenntlich.

	Prozentuelle Differenz Treppenturm zur Leiter	Prozentuelle Differenz im Gerüst integrierte Aufstiegsmöglichkeit zur Leiter
Zweite Gerüstebene	-52,08 %	+5,07 %
Dritte Gerüstebene	-48,61 %	+36,31 %

Tabelle 20: Prozentuelle Differenz zur Abstiegszeit auf der Leiter

Tabelle 20 zeigt, dass in Bezug auf den Treppenturm keine großen Unterschiede bei der Betrachtung von einer oder zwei Etagen kenntlich sind, jedoch wird klar, dass die Abstiegszeit aus der zweiten Ebene über die im Gerüst integrierte Aufstiegshilfe wesentlich kürzer als aus der ersten Ebene ist im Vergleich zur Leiter.

6.3.2.3.4 Vergleich zwei 3-Meter Leitern zu einer 6-Meter Leiter

Es ist noch zu erwähnen, dass für den Versuchsaufbau zwei 3 m hohe Anlegeleitern verwendet wurden, da dies sicherer für die Probanden war. Um aufzuzeigen, wie sich die auf die Aufstiegszeit der Leiter auswirkt, wurden auch die Aufstiegszeiten einer langen Anlegeleiter (Vgl. Abbildung 115), die sich vom Boden durchgehend in die dritte Gerüstebene erstreckt, gemessen.



Abbildung 115: Ausziehbare Anlegeleiter

Nachfolgend stellt Tabelle 21 die gemessenen Zeiten dar.

Proband	Zeit
D1	13,33
A1	13,51
A3	12,13
B3	12,06
A2	12,61
B1	12,85
B2	13,45
D2	12,31
C1	12,89
C2	13,53
C3	11,6

Tabelle 21: Gemessene Aufstiegszeiten bei einer durchgehenden Leiter

Durch 11 Messungen konnte ein Mittelwert von 12,75 Sekunden errechnet werden. Im Vergleich dazu betrug die Aufstiegszeit über zwei kurze Leitern in die Gerüstebene 15,46 Sekunden. Das heißt, der Aufstieg wurde um 2,71 Se-

kunden verlängert. Da es jedoch, vor allem mit Material, viel zu gefährlich für die Probanden gewesen wäre, die Versuche auf der großen Leiter durchzuführen, wird dieser Unterschied als akzeptabel eingestuft.

6.3.2.3.5 Auswertung der Pulsmessungen

Während der gesamten Versuchsdauer wurde die Herzfrequenz der Probanden, durch zuvor angebrachte Pulsmessgurte erfasst. Ziel dieser Messung ist die Gegenüberstellung mit dem personenbezogenen HF_{LTP1} , dessen Bedeutung und Berechnung bereits im Kapitel 2 erwähnt wurde.

Nachfolgend ist in Tabelle 22 der errechnete HF_{LTP1} der Versuchsteilnehmer dargestellt.

Nr.	HF_{LTP1}
A1	163,35
B1	164,32
C1	154,85
D1	161,89
A2	169,67
B2	164,81
C2	155,15
D2	164,25
A3	166,78
B3	166,37
C3	155,25
D3	143,69

Tabelle 22: Errechneter HF_{LTP1} der Versuchsteilnehmer

Solange die Herzfrequenz des Probanden unter dem HF_{LTP1} liegt, wird die ATP-Produktion durch den Stoffwechsel von Fettsäure und Glukose mit Hilfe von Sauerstoff durchgeführt. Das heißt, der Versuchsteilnehmer erfährt keine Anstrengung, die seine Produktivität mit der Zeit schwächt.

Da es bei der Herzfrequenzmessung mittels Pulsmessgurt zu Kontaktstörungen und ähnlichen Beeinträchtigungen der Messung kommen kann, wurde bei der Auswertung deutlich, dass sechs der zwölf Pulsmessgurte keine brauchbaren Ergebnisse brachten. Die übrigen sechs Herzfrequenzmessungen der restlichen Versuchsteilnehmer konnten zumindest teilweise für den Vergleich der Herzfrequenz zum HF_{LTP1} herangezogen werden.

Die Interpretation der Ergebnisse ist im Nachfolgenden dargestellt, wobei die erhöhten Pulsschläge anhand des Videomaterials verschiedenen Tätigkeiten zugeordnet werden. Die einzelnen Versuchsaufgaben, wie Hinaufsteigen, Hinabsteigen und Transportieren von Materialien beim Auf- und Abstieg, werden im Zuge der Analyse den einzelnen Aufstiegsmöglichkeiten zugeordnet, um diese hinsichtlich ihrer körperlichen Beanspruchung zu bewerten. Sofern der HF_{LTP1} bei einer Tätigkeit zustande kommt, die in keinem Zusammenhang mit

einer der drei Aufstiegsmöglichkeiten steht, wird dies der Kategorie „Sonstiges“ zugeordnet.

1. Pulsmessuhrnummer 1

Diese Pulsmessuhr wurde von Proband B2 getragen, der einen errechneten HF_{LTP1} von 164,81 hat. Die gesamte Messzeit beträgt 3 Stunden 38 Minuten und 47 Sekunden, wobei 2 Stunden 53 Minuten 35 Sekunden der Messzeit während der Versuchsdurchführung waren.

Die Analyse der gemessenen Herzfrequenzen des Probanden B2 wurde festgestellt, dass dieser den HF_{LTP1} während der gesamten Versuchsdauer nicht überschritt und er somit nie in die anaerobe Energieerzeugung, die zur Ermüdung führen würde, übergegangen ist.

2. Pulsmessuhrnummer 3

Die Pulsmessuhr mit der Nummer 3 wurde von Proband A2 während der Versuche getragen, dessen errechneter HF_{LTP1} 169,67 beträgt. Die gesamte Messzeit dieses Versuchsteilnehmers beläuft sich auf 4 Stunden 18 Minuten und 16 Sekunden, wobei 2 Stunden 52 Minuten 30 Sekunden den Versuchsablauf zuzuschreiben sind. Während 0,92 % der Versuchszeit überschritt dieser Proband den HF_{LTP1} , wodurch eine Anstrengung bemerkbar ist. Die erhöhte Herzfrequenz wurde im Nachhinein anhand der Videoaufnahmen einer Tätigkeit auf einer der drei Aufstiegsmethoden oder der Kategorie „Sonstiges“ zugeordnet. In der Kategorie „Sonstiges“ führt der Proband eine Tätigkeit aus, die in keinem Zusammenhang mit einer der drei Aufstiegsysteme steht. Abbildung 116 zeigt die Verteilung der Beanspruchungsursachen von Proband A2.

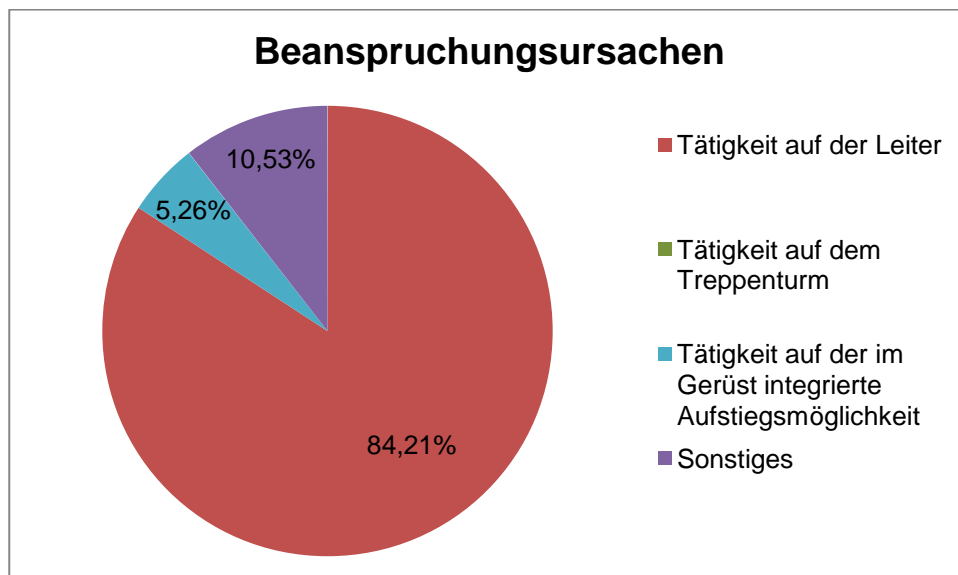


Abbildung 116: Beanspruchungsursachen von Proband A2 mit Pulsmessuhrnummer 3

Wie in Abbildung 116 dargestellt sind knapp 85 % der Beanspruchungszeiten während Versuchstages bei diesem Probanden auf die Leiter zurückzuführen. Gute 5 % stehen im Zusammenhang mit der im Gerüst integrierten Aufstiegs-

möglichkeit und gut 10 % haben mit keiner der drei Aufstiegsysteme zu tun. Auffällig ist, dass keine der Beanspruchungen auf den Treppenturm zurückzuführen ist. Somit war für diesen Probanden die Leiter eindeutig das anstrengendste Hilfsmittel für die einzelnen Szenarien.

3. Pulsmessuhrnummer 11

Proband B3 trug im Zuge des Versuchstages die Pulmessauhr mit der Nummer 11, wobei sich sein errechneter HF_{LTP1} auf 166,37 beläuft. Von diesem Versuchsteilnehmer konnten Messwerte über 2 Stunden 44 Minuten und 44 Sekunden festgehalten werden, während 1 Stunde 58 Minuten 45 Sekunden davon auf die Versuche zurückzuführen sind. Insgesamt überschreitet dieser Proband den HF_{LTP1} in 1,05 % der Versuchszeit. Abbildung 117 zeigt prozentuell worauf seine Anstrengungen zurückzuführen sind.

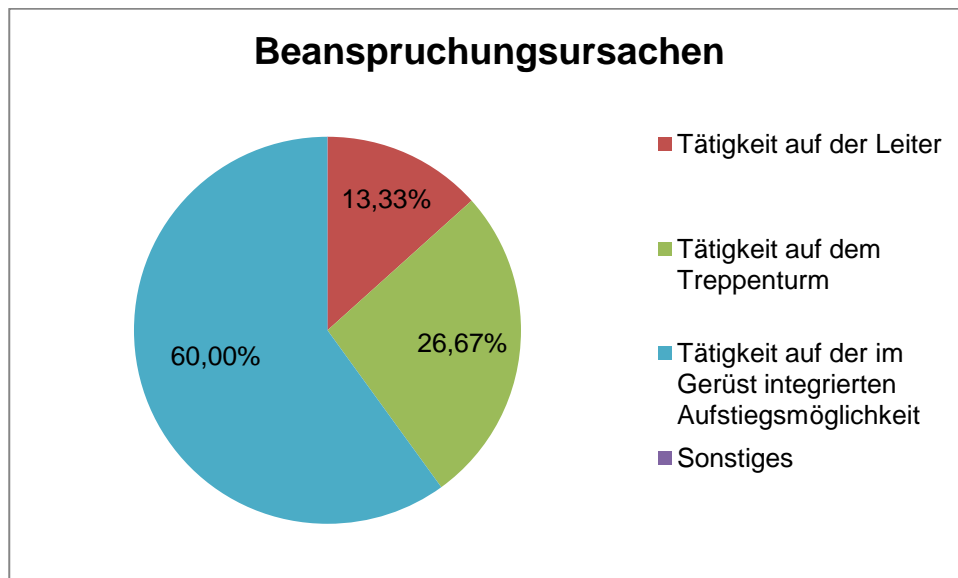


Abbildung 117: Beanspruchungsursachen von Proband B3 mit Pulsmessuhrnummer 11

Es wird erkenntlich, dass mit genau 60 % der Anstrengungszeit die größte Belastung durch die im Gerüst integrierte Aufstiegsmöglichkeit verursacht wird. An zweiter Stelle folgt der Treppenturm mit 26,67 % und 13,33 %, welche auf die Leiter zurückzuführen sind. Somit weist dieser Proband die meisten Anstrengungen während Tätigkeiten auf der im Gerüst integrierten Aufstiegsmöglichkeit auf.

4. Pulsmessuhrnummer 15

Pulsmessuhrnummer 15 wurde während des Versuchstages von Proband A1 getragen, der einen errechneten HF_{LTP1} von 163,35 hat. Die Messzeit dieser Pulmessauhr beträgt 4 Stunden 25 Minuten und 39 Sekunden, indes 2 Stunden 52 Minuten direkt auf die Durchführung der Versuche zurückzuführen sind und gewertet wurden. 0,19 % der Versuchszeit überstieg die gemessene Herzfrequenz HF_{LTP1} , wodurch eine Anstrengung des Probanden bemerkbar wurde.

Die Aufstiegsmöglichkeiten, die der Proband während dieser Zeit verwendete, ist in Abbildung 118 veranschaulicht.

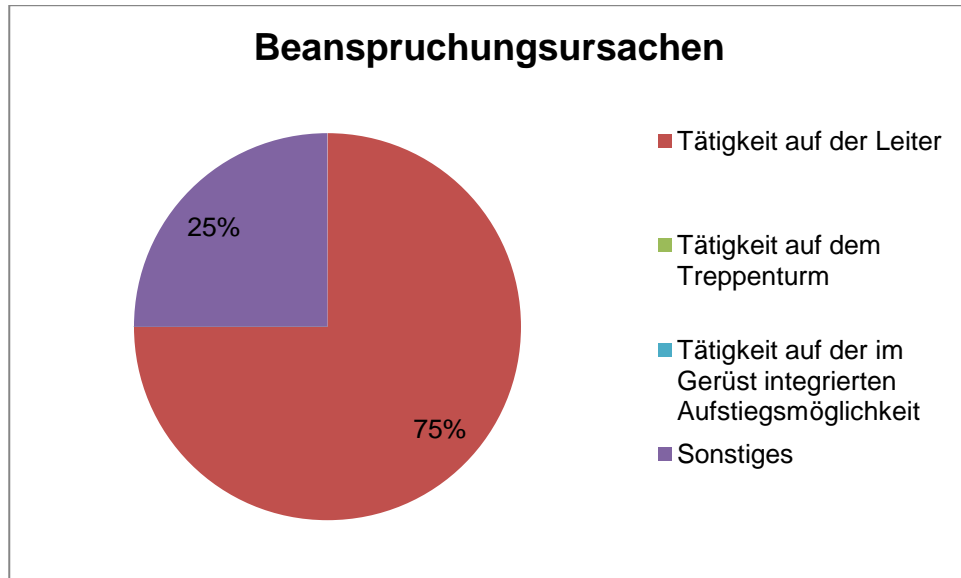


Abbildung 118: Beanspruchungsursachen von Proband A1 mit Pulsmessuhrnummer 15

Abbildung 118 zeigt, dass die Anstrengungsphasen des Probanden zu 75 % auf Tätigkeiten auf der Leiter zurückzuführen sind. Die restlichen 25 % stehen in keinem Zusammenhang mit einer der drei Aufstiegsmöglichkeiten. Außerdem wurden keine Anstrengungen auf Treppenturm oder im Gerüst integrierter Aufstiegsmöglichkeit bemerkbar.

5. Pulsmessuhrnummer S3

Die Pulsmessuhr mit der Nummer S3 wurde im Zuge des Versuchstages von Proband A3 getragen, der einen errechneten HF_{LTP1} von 166,78 aufweist. In Summe konnten über 4 Stunden 22 Minuten und 42 Sekunden Messwerte von diesem Versuchsteilnehmer erfasst werden, wobei sich 2 Stunden 52 Minuten 35 Sekunden auf die Szenariendurchführung berufen. Die Untersuchungen ergaben, dass die Herzfrequenz dieses Probanden zu 0,19 % der gemessenen Versuchszeit über dem HF_{LTP1} lag, und somit eine Anstrengung nachgewiesen wurde. In Abbildung 119 wird dargestellt, worauf die Belastungen zurückzuführen sind.

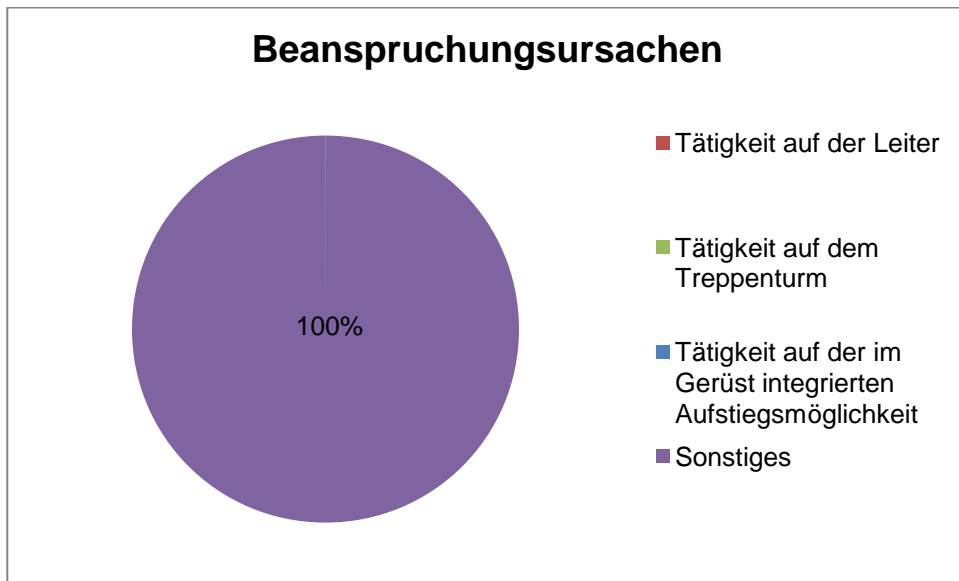


Abbildung 119: Beanspruchungsursachen von Proband A3 mit Pulsmessuhrnummer S3

Abbildung 119 zeigt, dass die Überschreitungen des HF_{LTP1} zur Gänze auf sonstige Tätigkeiten zurückzuführen sind und in keinem Zusammenhang mit einer der Aufstiegshilfen stehen. Durch Videoanalyse ergab sich, dass dieser Proband angestrengt war, sobald er eine Holzstaffel rauf oder runter reichen musste.

6. Pulsmessuhrnummer S12

Die sechste Pulsuhr wurde von Proband D1 getragen, der einen errechneten HF_{LTP1} von 161,89 hat. Insgesamt konnte Messwerte über 4 Stunden 19 Minuten 29 Sekunden bei diesem Versuchsteilnehmer festgehalten werden und 2 Stunden 51 Minuten davon direkt in Verbindung mit der Durchführung der Versuche gebracht werden. Dieser Proband hat den errechneten HF_{LTP1} in 9,21 % der Zeit überschritten. Dieser im Vergleich zu den anderen Probanden relativ hoher Prozentsatz ist darauf zurückzuführen, dass dieser Versuchsteilnehmer neben der Durchführung der Versuche auch noch an der Organisation des Versuchstages beteiligt war. Das heißt dieser Proband erklärte mehrmals den Ablauf des Versuches und musste, neben der Diplomandin, dafür sorgen, dass alle Szenarien ordnungsgemäß durchgeführt werden. Dies verursachte zusätzlichen Stress, was eine erhöhte Herzfrequenz mit sich brachte. An dieser Stelle sei erwähnt, dass ähnliche Werte auch bei Personen, die neben der auszuführenden Tätigkeit zusätzlich organisatorische Verantwortung auf der Baustelle tragen, realistisch sind. Abbildung 120 stellt dar, auf welches Arbeitsmittel sich die Anstrengungen des Probanden verteilen.

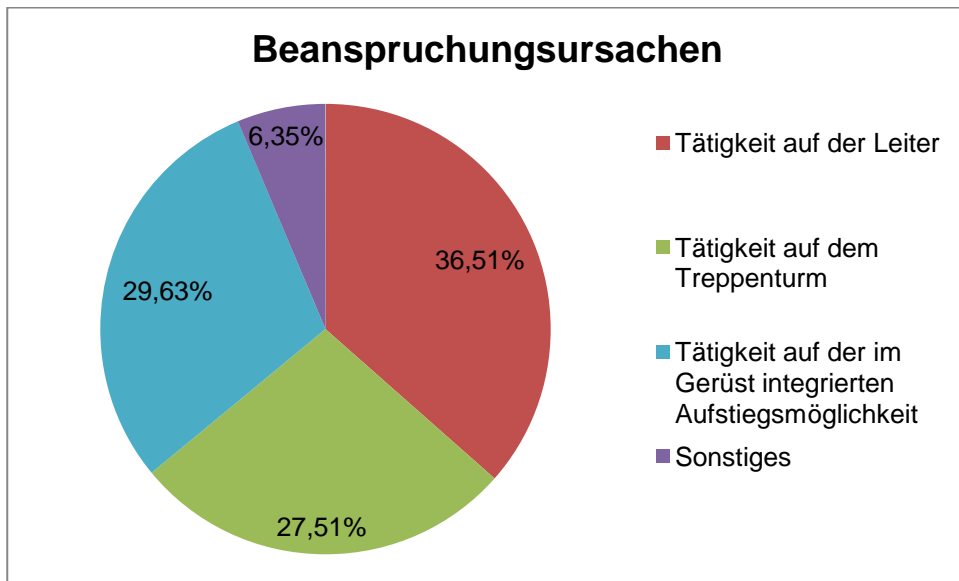


Abbildung 120: Beanspruchungsursachen von Proband D1 mit Pulsmessuhrnummer S12

Abbildung 120 zeigt, dass die Überschreitung des HF_{LTP1} bei diesem Probanden zu 36,51 % auf Tätigkeiten auf der Leiter, zu 29,63 % auf Tätigkeiten auf der im Gerüst integrierten Aufstiegsmöglichkeit und zu 27,51 % auf Tätigkeiten auf dem Treppenturm zurückzuführen sind. 6,35 % der Anstrengungen fallen in die Kategorie „Sonstiges“, bei der dieser Versuchsteilnehmer vor allem Erklärungen zu den einzelnen Versuchen abgegeben hat.

Zusammenfassend aus den sechs Auswertungen ergibt sich eine prozentuelle Verteilung der Beanspruchungsursachen über den gesamten Versuchstag, wie in Abbildung 121 dargestellt.

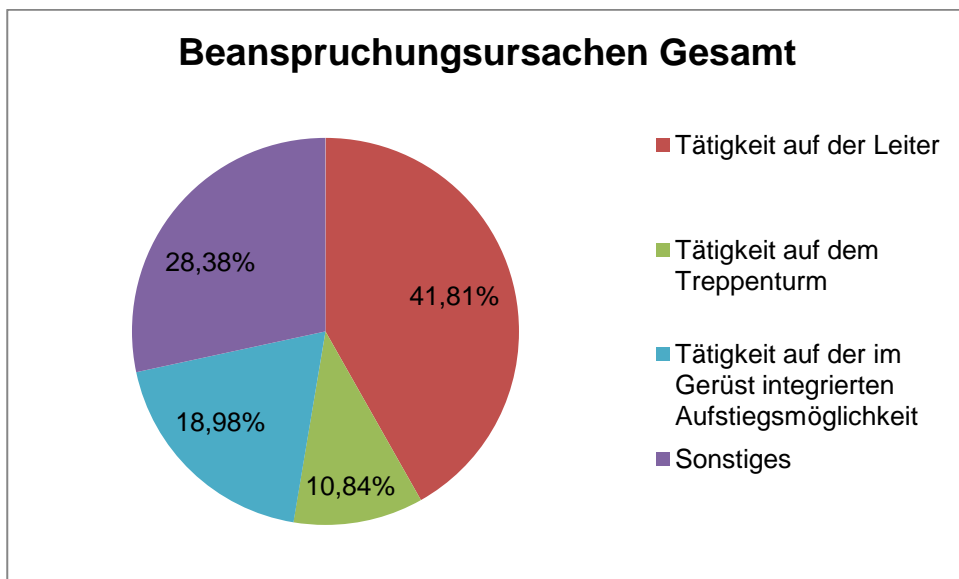


Abbildung 121: Mittelwert der Beanspruchungsursachen

Es wird gezeigt, dass die Leiter mit knapp 42 % die Hauptursache für die Überschreitung des HF_{LTP1} ist und somit die anstrengendste der drei Aufstiegsmethoden darstellt. An zweiter Stelle bei den Aufstiegsmethoden folgt die im Gerüst integrierte Aufstiegsmethode mit 18,98 % und zuletzt der Treppenturm mit 10,84 %. Auffällig ist jedoch noch, dass die Kategorie „Sonstiges“ die zweit größte Kategorie ist. Das ist darauf zurückzuführen, dass die Probanden häufig lange Holzstaffeln hinauf und hinunter reichen mussten, was wiederum bei fast jedem Versuchsteilnehmer zu Anstrengungen geführt hat.

6.3.2.3.6 Wetterdaten

Um eventuelle Auswirkungen der äußeren Einflüsse auf die Herzschlagfrequenz der Probanden nachzuweisen, wurden in einem stündlichen Intervall die Wetterdaten gemessen und in Tabelle 23 protokolliert.

Uhrzeit	Windgeschwindigkeit [m/s]	Temperatur [°C]	Luftfeuchtigkeit [%]
09:00	2,3	18,2	80,6
10:00	1	17,7	79,6
11:00	1,4	15,1	77,5
13:00	1,3	19,2	77,4
14:00	1,1	17,8	80,5

Tabelle 23: Stündlich gemessene Wetterdaten am Versuchstag

Da jedoch keine besonderen Unterschiede im Verlauf des Tages festgehalten wurden, kann hier keine Aussage getroffen werden.

6.3.3 Conclusio aus den Versuchsaufbauten zur Messung der Auf-/Abstiegszeiten

Durch die Versuchsaufbauten, sowohl am Lehrlings-Praxistag als auch am Versuchstag, konnten Erkenntnisse über die Aufstiegshilfen gewonnen werden, die so auf Baustellen nicht erfassbar gewesen wären.

Bewertend kann gesagt werden, dass der Treppenturm sowohl in zeitlicher als auch in belastungstechnischer Hinsicht wesentliche Vorteile gegenüber Anlegeleitern und im Gerüst integrierten Aufstiegsmöglichkeiten bietet. Dies spiegelt sich in jedem der durchgeführten Szenarien wieder und hat somit allgemein Gültigkeit. Wenn man die Auf- und Abstiegszeiten je Aufstiegshöhe, im Vergleich zu jener der Anlegeleiter betrachtet, werden hier beim Treppenturm keine Besonderheiten bemerkbar. Die Auf- und Abstiegszeiten werden bei der im Gerüst integrierten Aufstiegshilfe jedoch mit zunehmendem Geschoß, höher, was wiederum auf die Leiterngangtafel, je Geschoß zurückzuführen ist.

Außerdem konnten im Zuge des Lehrlings-Praxistages zusätzliche Auf- und Abbauzeiten der Aufstiegshilfen erfasst werden, die mit den Ergebnissen der Baustellenbeobachtung und Befragung verglichen werden können, um zu einem Gesamtergebnis zu kommen.

Die Werte, die im Zuge des Versuchsaufbaues erfasst wurden dienen somit in weiterer Folge zur Bewertung der Aufstiegshilfen, die im nächsten Kapitel durchgeführt wird.

6.4 Conclusio zur Beobachtung

Durch die Beobachtung in den drei verschiedenen Bereichen, konnten realitätsnahe Werte zur späteren Bewertung der Aufstiegshilfen erfasst werden.

Vor allem die gemessenen Aufbauzeiten werden für die weitere Berechnung herangezogen, da die diesbezüglichen Ergebnisse des Fragebogens sehr weit streuen.

Weiters wurde im Zuge der Baustellenbeobachtung die Auf- und Abstiegshäufigkeiten erfasst, aus denen wiederum ein Mittelwert 6 Auf- und Abstiegen gebildet wurde, der für die weitere Berechnung verwendet wird. An dieser Stelle sei jedoch erwähnt, dass es sich hierbei nur um einen Richtwert handelt.

Ferner wurden im Zuge der Simulation der Verkehrswege Auf- und Abstiegszeiten, die in weiterer Folge durch die Gewichtung mittels Mittellohnpreis in die monatlichen Kosten der Aufstiegshilfen einfließen.

Im Übrigen konnte in den Versuchsaufbauten festgestellt werden, dass der Aufstieg über eine im Gerüst integrierte Aufstiegshilfe schneller als über eine Leiter ist, sofern die Leiterngangtafel nicht heruntergeklappt werden muss. Dies ist auf das erhöhte Sicherheitsgefühl bei der im Gerüst integrierten Aufstiegshilfe zurückzuführen.

Zudem konnte aus der Simulation erfasst werden, dass die meiste zeitliche Ersparnis des Treppenturmes im Vergleich zur Anlegeleiter bei Szenarien mit Gegenverkehr oder mindestens zwei Versuchsteilnehmer zurückzuführen ist.

7 Bewertung der Aufstiegsmöglichkeiten

Im Anschluss an die vorangegangenen Kapitel, die zur Erfassung der Daten und Informationen zu den einzelnen Aufstiegsmöglichkeiten dienten, sollen diese nun anhand von zwei Werkzeugen aus der Verfahrenswahl bewertet werden.

7.1 Kritische Auf- und Abstiegszahl

Als Erstes sei hier die kritische Auf- und Abstiegszahl, die auf der kritischen Leistungsmenge (Vgl. Kapitel 2.5.3.1.1) basiert, genannt.

Wie bereits in den Grundlagen dieser Arbeit gezeigt wurde, können gewisse Parameter der ursprünglichen Formel zur Bestimmung der kritischen Leistungsmenge ausgetauscht bzw. ergänzt werden, wodurch sich eine Formel zur Berechnung der kritischen Auf- und Abstiegszahl ergibt:

$$K_x = f_x + v_x * m + v_y * m \quad (9)$$

mit:

$f_x = \text{Anschaffungskosten bzw. Mietkosten} * \text{Dauer} + \text{Aufbauzeit} * \text{MLP}$

$v_x = \text{Aufstiegszeit} * \text{MLP} * m$

$v_y = \text{Abstiegszeit} * \text{MLP}$

$m = \text{Anzahl der Auf- bzw. Abstiege}$

Um die Kosten miteinander vergleichen zu können wurde hier in folgende Höhenkategorien unterschieden:

- Zweite Gerüstebene (Höhe ca. 2,40 m)
- Dritte Gerüstebene (Höhe ca. 4,40 m).

7.1.1 Bestimmung der Parameter

Im Nachfolgenden werden die Werte der Parameter, die in weiterer Folge zur Berechnung herangezogen werden, vorgestellt.

- **Bestimmung des Parameters f_x**

Der Parameter f_x entspricht den Anschaffungskosten oder Mietkosten der jeweiligen Aufstiegsmöglichkeit zuzüglich der Kosten für die Aufbauzeit.

Bei einem sicherheitskonformen Aufstellwinkel zwischen 3:1 und 4:1 und einer Überstandhöhe von 1 m, wird für den Aufstieg in die erste Ebene eine Leiter von 4 m und in die zweite Ebene eine 6 m hohe Leiter benötigt. Die verwendeten Anschaffungskosten für die Anlegeleitern sind ungefähre Preisangaben eines bekannten österreichischen Bauunternehmens, das an dieser Stelle ge-

heim gehalten wird. Die nachfolgenden Preise werden für die weitere Berechnung genutzt:

- Holzanlegeleiter 4m € 68,-
- Aluanlegeleiter 4m € 97,-
- Holzanlegeleiter 6m € 120,-
- Aluanlegeleiter 6m € 182,-

An dieser Stelle sei erwähnt, dass für den Vergleich die Preise der Aluminiumanlegeleiter herangezogen werden, da auch diese im Zuge des Versuchstages, an dem die Aufstiegszeiten erfasst wurden, verwendet wurde.

Außerdem wird für die Leiter keine Aufbauzeit kalkuliert, da diese im Gegenzug zu den anderen Aufstiegshilfen verschwindend klein ist.

Kategorienvertretend wird für den Treppenturm die „PERI UP Rosett Flex Gerüsttreppe 75“ mit Belag UDI in gegenläufiger Ausführung und für die im Gerüst integrierte Aufstiegsmöglichkeit das Arbeits- und Schutzgerüst „PERI UP T72“ mit vorlaufendem Geländer und Belag UDS herangezogen. Auch diese beiden Arbeitsmittel wurden beim Versuchstag in Guntramsdorf verwendet, wodurch die Aufstiegszeiten mit den Kosten, die von der Firma PERI bekanntgegeben wurden¹⁶⁷, zusammenpassen.

Die Kosten der Anlegeleiter werden zum Einsatzstart des Arbeitsmittels zur Gänze angesetzt, da es sich aufgrund der niedrigen Anschaffungskosten um ein geringwertiges Wirtschaftsgut handelt, das sofort abgeschrieben wird. Jedoch hat eine Anlegeleiter eine wesentlich kürzere Lebensdauer, weshalb alle 14 Monate¹⁶⁸ der Anschaffungswert dazugerechnet wird. Anders verhält es sich beim Treppenturm und der im Gerüst integrierten Aufstiegsmöglichkeit, bei denen angesichts der hohen Anschaffungskosten monatlich die Abschreibung und Verzinsung sowie Reparatur laut ÖBGL angesetzt wird.

Nach Rücksprache mit den PERI-Technikern wurde für den Treppenturm der Treppenturm schwer¹⁶⁹ mit der Nummer U.1.07 gewählt, wodurch sich eine monatliche Abschreibung und Verzinsung von 3,2 % und eine Reparatur von 1,4 % ergibt. Für Arbeits- und Schutzgerüst „PERI UP T72“ mit vorlaufendem Geländer und Belag UDS wurde das System-Stahlrohrgerüst¹⁷⁰ mit der Nummer U.2.02 herangezogen, wobei hierfür ein monatlicher Satz für Abschreibung und Verzinsung von 2,3 % und 1,4 % Reparatur gilt.

¹⁶⁷ Die Preise der Firma Peri werden auf Wunsch der Firma nicht quantitativ veröffentlicht.

¹⁶⁸ Dies entspricht der Lebensdauer einer Anlegeleiter zufolge der Befragung.

¹⁶⁹ FACHVERBAND DER BAUINDUSTRIE DER WIRTSCHAFTSKAMMER ÖSTERREICH UNTER MITWIRKUNG ZAHLREICHER FACHLEUTE DER BAUINDUSTRIE: U.1 Stützen und Rüstungen. In: Österreichische Baugeräteliste 2009. Technisch-wirtschaftliche Baumaschinendaten. S. U23.

¹⁷⁰ FACHVERBAND DER BAUINDUSTRIE DER WIRTSCHAFTSKAMMER ÖSTERREICH UNTER MITWIRKUNG ZAHLREICHER FACHLEUTE DER BAUINDUSTRIE: U.2 Gerüste. In: Österreichische Baugeräteliste 2009. Technisch-wirtschaftliche Baumaschinendaten. S. U28.

Für die Aufstellzeiten wurden die Werte aus dem Lehrlings-Praxistag und den Baustellenbeobachtungen entnommen, da hier die gleichen Arbeitsmittel verwendet wurden. In Tabelle 24 und Tabelle 25 sind die gemessenen Aufstiegszeiten sowie die Anzahl der Arbeiter, die für die weitere Berechnung verwendet wurden, dargestellt.

Zweite Gerüstebene	PERI UP Rosett Flex Gerüsttreppe 75“ mit Belag UDI	Arbeits- und Schutzgerüst „PERI UP T72“ mit vorlaufendem Geländer und Belag UDS
Aufbauzeit	21 min 17 sec	7 min
Anzahl Arbeiter	6	4

Tabelle 24: Aufbauzeiten für eine Höhe von 2,40 m¹⁷¹

Dritte Gerüstebene	PERI UP Rosett Flex Gerüsttreppe 75“ mit Belag UDI	Arbeits- und Schutzgerüst „PERI UP T72“ mit vorlaufendem Geländer und Belag UDS
Aufbauzeit	1 h 15 min ¹⁷²	13 min
Anzahl Arbeiter	2	4

Tabelle 25: Aufbauzeiten für eine Höhe von 4,40 m¹⁷³

Somit ergibt sich der Parameter f_x für den Treppenturm und die im Gerüst integrierte Aufstiegsmöglichkeit durch die monatliche Abschreibung und Verzinsung addiert mit den monatlichen Reparaturkosten multipliziert mit der Anzahl der Vorhaltemonate und wiederum addiert durch die Aufbauzeit mal der der Anzahl der Arbeiter multipliziert mit dem Mittellohnpreis. An dieser Stelle sei erwähnt, dass die Berechnung mit einem Mittellohnpreis von 35 €/Std¹⁷⁴ erfolgt.

- **Bestimmung des Parameters v_x**

Der Parameter v_x spiegelt die Aufstiegszeit, die im Zuge des Versuchsaufbaus ermittelt wird, wieder.

Da am Versuchstag in Guntramsdorf 24 Szenarien, 12 über eine Etage und 12 über zwei Etagen, durchgeführt wurden, ergeben sich die Aufstiegszeiten in prozentueller Differenz zur Leiter.

¹⁷¹ Vgl. Kapitel 6.3.1.1.

¹⁷² Der gemessene Wert aus der Beobachtung beträgt 1 Stunde und 41 für drei Etagen und somit vier Gerüstebenen, weshalb dieser Wert um ein Viertel abgemindert angenommen wird.

¹⁷³ Vgl. Kapitel 6.3.1.1 sowie Kapitel 6.1.3.

¹⁷⁴ Eine beispielhafte Berechnung des Mittellohnpreises von 36,20 € ist dem Anhang beigefügt. Vereinfacht wird für die Berechnung ein Wert von 35 € angenommen. Die Berechnung basiert auf KROPNIK, A.: Mittellohnpreis Kalkulation. Übungs- und Schulungsheft. Broschüre. S. 1ff.

Als Ausgangszeit für die Berechnung wurde zum einen das Szenario 1.2.2a, bei dem ein Proband ohne Material und ohne Gegenverkehr über die Leiter in die zweite Gerüstebene steigt und 6,91 Sekunden dafür benötigt, verwendet. Für den Aufstieg über zwei Etagen wurde hingegen das Szenario 2.2.2a herangezogen, bei dem eine Person ohne Material und ohne Gegenverkehr über die Anlegeleiter in die dritte Gerüstebene gelangt. Hierfür wurden im Durchschnitt 15,46 Sekunden benötigt. Im nächsten Schritt wurden die prozentuellen Differenzen aller Szenarien zur Aufstiegszeit der Anlegeleiter gebildet und je Etage gemittelt. Für die erste und zweite Etage ergeben sich folgende Werte, wie in Tabelle 26 erkenntlich.

	Prozentuelle Differenz Treppenturm zur Leiter	Prozentuelle Differenz im Gerüst integrierte Aufstiegsmöglichkeit zur Leiter
Zweite Gerüstebene	- 27,63 %	+ 18,11 %
Dritte Gerüstebene	- 26,57 %	+ 22,30 %

Tabelle 26: Prozentuelle Differenz zur Aufstiegszeit auf der Leiter

Somit ist der Parameter v_x in der ersten Gerüstebene bei der Anlegeleiter 6,91 Sekunden und wird beim Treppenturm um 27,63 % abgemindert und bei der im Gerüst integrierten Aufstiegsmöglichkeit um 18,11 % erhöht.

Im Vergleich dazu beläuft sich die Aufstiegszeit auf einer Anlegeleiter über zwei Etagen auf 15,46 Sekunden, wobei der Aufstieg über den Treppenturm um 26,57 % schneller und über die im Gerüst integrierte Aufstiegsmöglichkeit um 22,30 % langsamer angenommen wird.

- **Bestimmung des Parameters v_y**

Im Gegenzug zu v_x , stellt v_y die Abstiegszeit dar. Hier wird ebenso die Abstiegszeit des einfachsten Szenarios, ohne Gegenverkehr und ohne Material, auf der Anlegeleiter als Ausgangswert verwendet und durch den Mittelwert der prozentuellen Differenzen auf- oder abgemindert. Tabelle 27 stellt die prozentuelle Differenz je Etage und Aufstiegshilfe dar.

	Prozentuelle Differenz Treppenturm zur Leiter	Prozentuelle Differenz im Gerüst integrierte Aufstiegsmöglichkeit zur Leiter
Zweite Gerüstebene	-52,08 %	+5,07 %
Dritte Gerüstebene	-48,61 %	+36,31 %

Tabelle 27: Prozentuelle Differenz zur Abstiegszeit auf der Leiter

Für die Berechnungen wird v_y der Leiter, für die erste Etage, mit 8,78 Sekunden und für die zweite Etage mit 15,46 Sekunden angesetzt. Beim Treppenturm werden diese Werte je mit 52,08 % und 48,61 % abgemindert. In Bezug auf die im Gerüst integrierte Aufstiegsmöglichkeit werden die Zeiten jedoch um 5,07 % und 36,31 % erhöht.

- **Bestimmung des Parameters m**

Der Parameter m setzt sich aus der durchschnittlichen Anzahl an Auf- und Abstiegen eines Arbeiters und der Anzahl der Arbeiter zusammen. An dieser Stelle sei erwähnt, dass sich die durchschnittliche Anzahl an Auf- und Abstiegen als Mittelwert aus der Baustellenbeobachtung (Vgl. Kapitel 6.1) ergeben hat und als fixer Wert eingesetzt wird. Laut den Untersuchungen ergeben sich durchschnittlich sechs Auf- und sechs Abstiege je Bauarbeiter an einem Tag. Je nach Anzahl der Arbeiter variiert somit die Auf- und Abstiegszahl auf einer Baustelle, wodurch der Parameter m den variablen Teil der Formel darstellt.

7.1.2 Berechnung und Analyse der kritischen Auf- und Abstiegszahl¹⁷⁵

Setzt man nun die Parameter, wie oben erklärt, in die Formel ein, ergeben sich je nach Anzahl der Arbeiter und somit je nach Anzahl der Auf- und Abstiege unterschiedliche Kosten für die Aufstiegsmöglichkeiten.

Grundsätzlich werden die Kosten der Aluminiumanlegeleiter, des Treppenturmes „PERI UP Rosett Flex Gerüsttreppe 75“ mit Belag UDI und des Arbeits- und Schutzgerüsts „PERI UP T72“ mit vorlaufendem Geländer und Belag UDS verglichen, wobei diese in fünf Vergleichskategorien¹⁷⁶ analysiert werden:

- **Variante 1:** Höhenüberwindung von ca. 2,40 m / alle drei Aufstiegsmöglichkeiten werden gekauft
- **Variante 2:** Höhenüberwindung von ca. 2,40 m / Leitern werden gekauft und Treppentürme und in das Gerüst integrierte Aufstiegsmöglichkeiten angemietet
- **Variante 3:** Höhenüberwindung von ca. 4,40 m / alle drei Aufstiegsmöglichkeiten werden gekauft
- **Variante 4:** Höhenüberwindung von ca. 4,40 m / Leitern werden gekauft und Treppentürme und in das Gerüst integrierte Aufstiegsmöglichkeiten angemietet
- **Variante 5:** Basierend auf Variante 3 und 4 wird, in Anlehnung auf das Ergebnis der Befragung¹⁷⁷, die Verteilung von Eigentum und Miete berücksichtigt.

Weiters sei an dieser Stelle erwähnt, dass der Treppenturm, laut den Befragungen¹⁷⁸, eine Lebensdauer von etwa 69 Monate hat während die im Gerüst integrierte Aufstiegshilfe ca. 70 Monate einsatzfähig ist. Aus diesem Grund bilden 70 Monate den zeitlichen Rahmen für die Berechnung.

¹⁷⁵ Die Berechnungen wurden im Microsoft Excel durchgeführt und können dem digitalen Anhang entnommen werden.

¹⁷⁶ Im Regelfall werden Anlegeleitern aufgrund der geringen Anschaffungskosten nicht angemietet, weshalb sie hier nur mit der Kaufoption untersucht wird.

¹⁷⁷ Vgl.: Kapitel 5.2 Ergebnisse der Befragung

¹⁷⁸ Vgl. Kapitel 5.2 Ergebnisse der Befragung.

7.1.2.1 Variante 1

Prinzipiell werden die Kosten in monatlichen Zyklen betrachtet, da für die Berechnung der monatliche Satz der Abschreibung und Verzinsung bzw. Reparatur sowie die monatliche Miete angesetzt werden.

Bei einer Arbeitnehmerzahl von zehn Arbeitern, wobei jeder Arbeiter, wie vorher definiert, sechs Auf- und Abstiege täglich tätigt, ergibt sich eine Gesamtanzahl von Auf- und Abstiegen von je 60 pro Tag. Der dazugehörige Kostenverlauf ist in Abbildung 122 dargestellt.

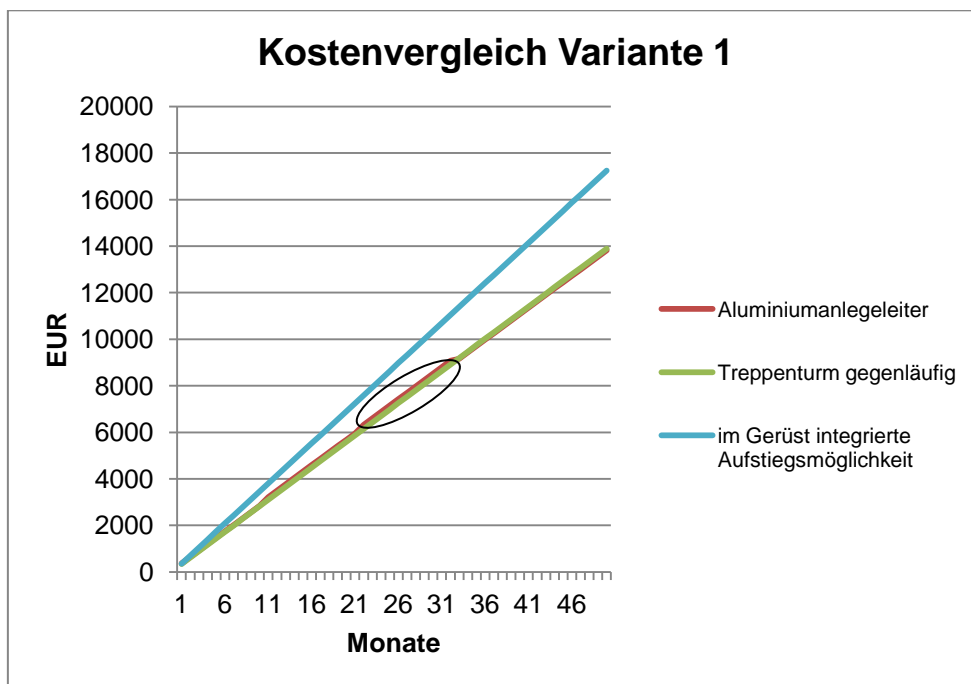


Abbildung 122: Kostenvergleich Variante 1 im Monatsintervall (60 Auf- und Abstiege pro Tag)

Es wird ersichtlich, dass der Treppenturm bis zum 33. Monat die günstigere Variante ist, wobei er dann von der Aluminiumanlegeleiter unterboten wird. Weiters kann gesagt werden, dass die beiden Kostenkurven sehr eng verlaufen.

Betrachtet man die Kosten jedoch in einem kleineren Abstand, nämlich im Viertelmonatsschritt, ergibt sich Abbildung 123.

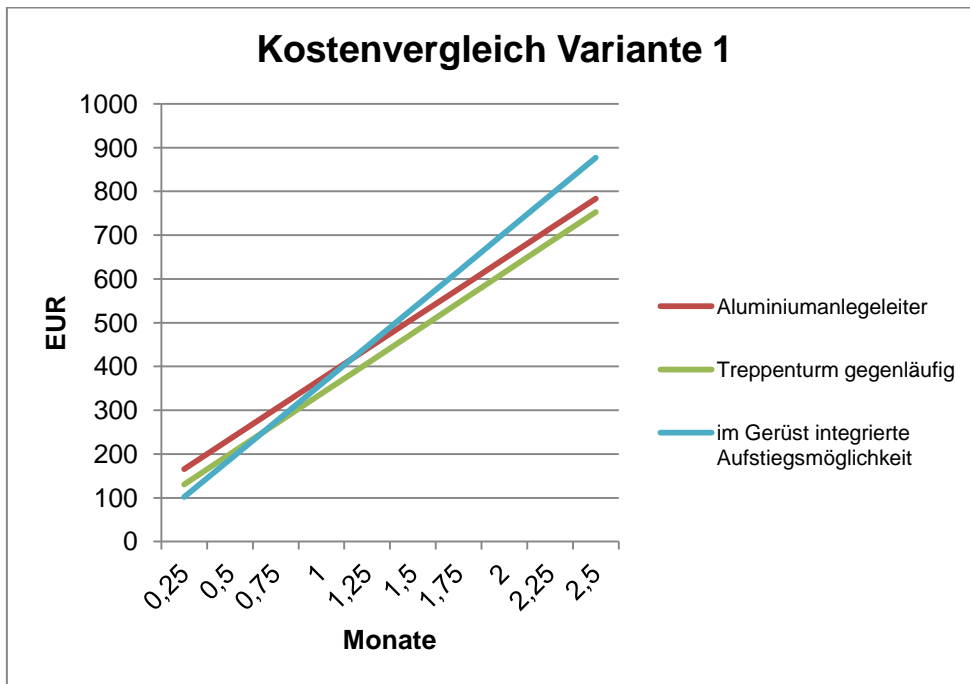


Abbildung 123: Kostenvergleich Variante 1 im Wochenintervall (54 Auf- und Abstiege pro Tag)

Bei genauerer Betrachtung der ersten Wochen wird ersichtlich, dass die im Gerüst integrierte Aufstiegsmöglichkeit zu Beginn am günstigsten ist und erst nach 0,75 Monaten vom Treppenturm unterboten wird. Ähnlich ist es bei der Anlegeleiter, die jedoch erst nach 1,25 Monaten teurer, als die Anlegeleiter wird.

Befinden sich bei dieser Variante hingegen 11 Arbeiter auf der Baustelle, die die Aufstiegshilfen benutzen und somit gesamt 66 Auf- und Abstiege pro Tag verursachen, entwickeln sich Kostenverläufe wie in Abbildung 124.

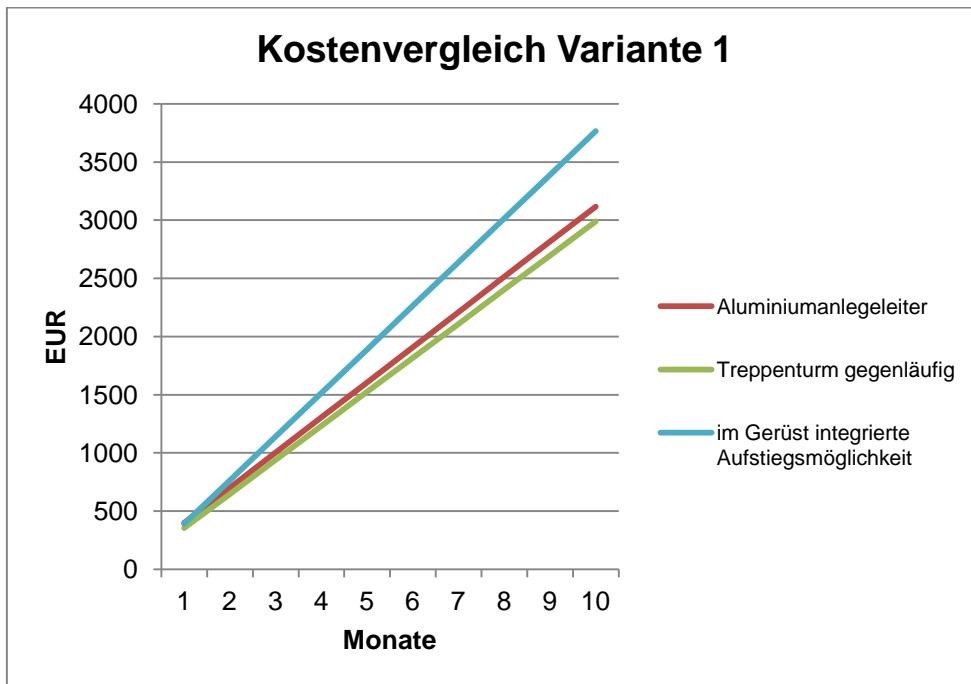


Abbildung 124: Kostenvergleich Variante 1 im Monatsintervall (60 Auf- und Abstiege pro Tag)

Durch Abbildung 124 wird kenntlich, dass der Treppenturm bei einer Aufstiegszahl von 60 Auf- und Abstiegen pro Tag zu jeder Zeit günstiger als die Anlegeleiter ist.

Betrachtet man jedoch Abbildung 125 wird deutlich, dass auch hier die im Gerüst integrierte Aufstiegshilfe zu Beginn die günstigste Alternative ist.

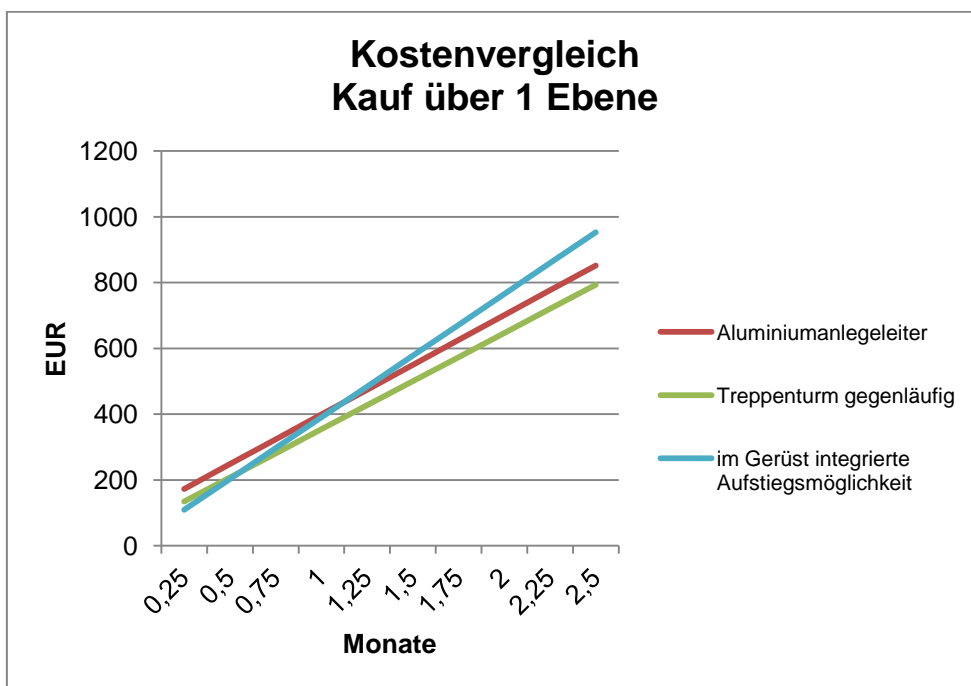


Abbildung 125: Kostenvergleich Variante 1 im Wochenintervall (66 Auf- und Abstiege pro Tag)

Die Kosten der im Gerüst integrierten Aufstiegsmöglichkeit werden hingegen mit der Zeit zunehmend höher, da die Anzahl der Auf- und Abstiege immer größer wird.

Zusammenfassend kann formuliert werden, dass sich der Einsatz eines Treppenturmes bei einer Aufstiegshöhe von 2,40 m und einer Arbeiterzahl von 11 Personen und somit 66 Auf- und Abstiegen pro Tag rechnet.

7.1.2.2 Variante 2

In diesem Fall werden der Treppenturm und die im Gerüst integrierte Aufstiegsmöglichkeit angemietet, während die Leiter gekauft wird. Bis zu einer Arbeitnehmerzahl von sieben Personen und einer damit verbundenen Auf- und Abstiegszahl von 42, rechnet sich früher oder später die Anlegeleiter. Abbildung 126 stellt den Kostenverlauf bei sieben Arbeitern dar.

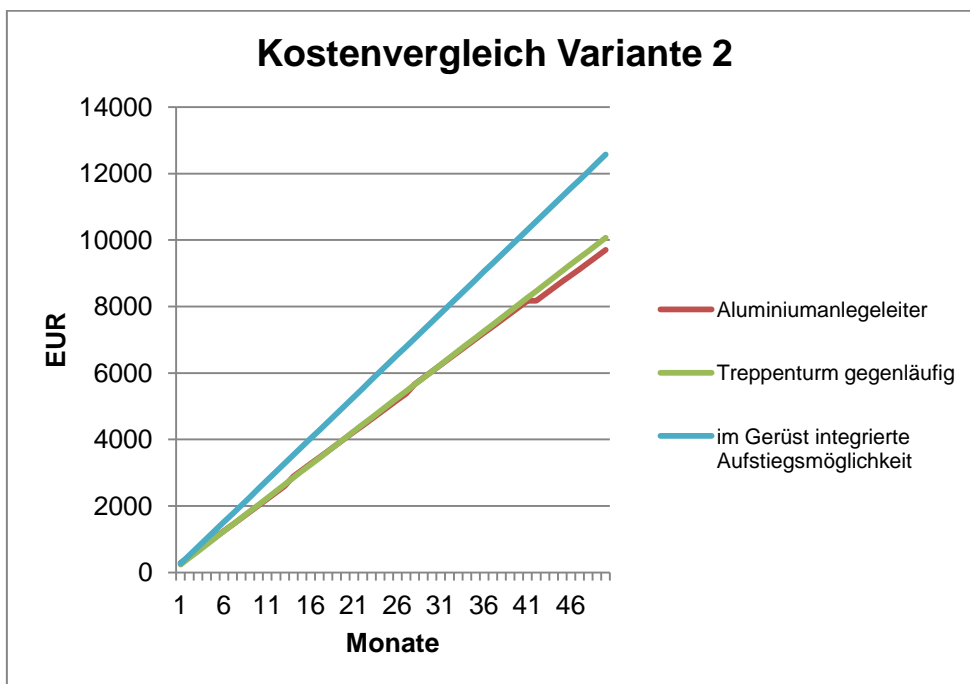


Abbildung 126: Kostenvergleich Variante 2 im Monatsintervall (42 Auf- und Abstiege pro Tag)

Abbildung 126 zeigt, dass die Kostenverläufe der Anlegeleiter und des Treppenturmes bei 42 Auf- und Abstiegen sehr nahe verlaufen, wobei die Anlegeleiter den Treppenturm in den späteren Monaten öfters unterbietet, bis sie schließlich ab dem 30. Monat endgültig günstiger ist. Diese Auf- und Abstiegszahl ist jedoch der Grenzfall. Ab 8 Arbeitern und somit einer gesamten Auf- und Abstiegsmenge von 48, ist der Treppenturm, egal nach welcher Zeitspanne, preiswerter als die Anlegeleiter. Der Kostenverlauf für eine Auf- und Abstiegszahl von 48 pro Tag ist in Abbildung 127 dargestellt.

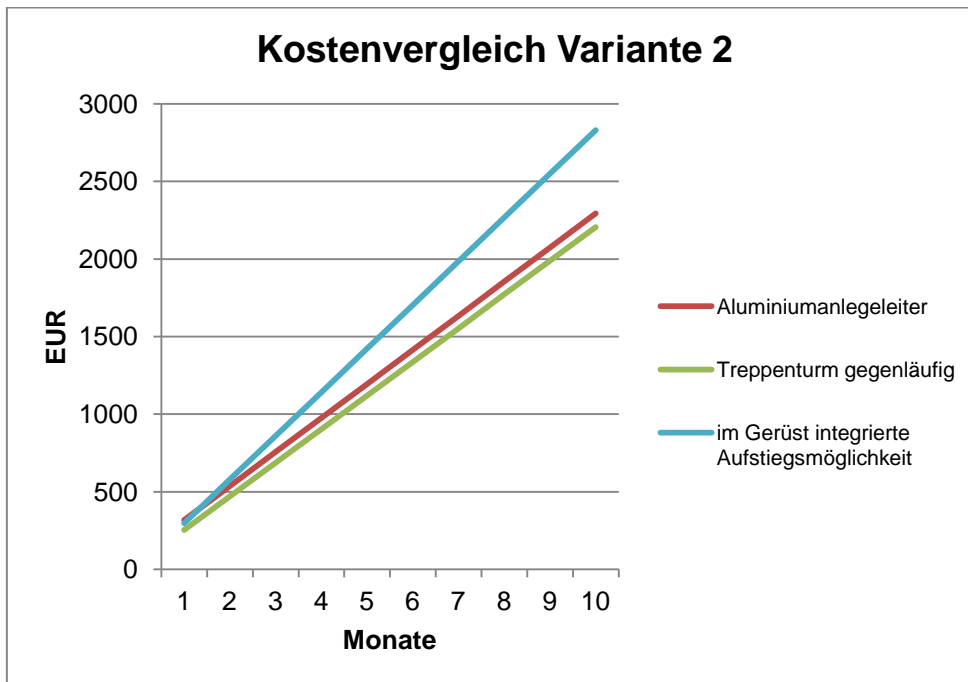


Abbildung 127: Kostenvergleich Variante 2 im Monatsintervall (48 Auf- und Abstiege pro Tag)

Weiters ist auch hier die im Gerüst integrierte Aufstiegsmöglichkeit zu Beginn die preiswertere Wahl, jedoch wird sie nach einer Woche vom Treppenturm abgelöst, wobei auch die Anlegeleiter nach 1,5 Monaten günstiger, als die im Gerüst integrierte Aufstiegsmöglichkeit, wird.

Schlussendlich ist zu sagen, dass für die zweite Variante ab acht Arbeitern und einer damit verbundenen Auf- und Abstiegszahl von 48 pro Tag, abgesehen von der ersten Woche, der Treppenturm die finanziell gesehen wirtschaftlichste Aufstiegshilfe ist.

7.1.2.3 Variante 3

Bei dieser Variante gilt es eine Höhe von ca. 4,40 m mit den drei Aufstiegsmöglichkeiten zu überwinden.

Bei bis zu sechs Arbeitern auf der Baustelle rechnet sich, abgesehen von der ersten Woche, die Anlegeleiter. Eine Arbeitnehmerzahl von 7 Personen und die damit verbundenen 42 Auf- und Abstiege stellen den Grenzfall für diese Variante, wie in Abbildung 128 erkenntlich, dar.

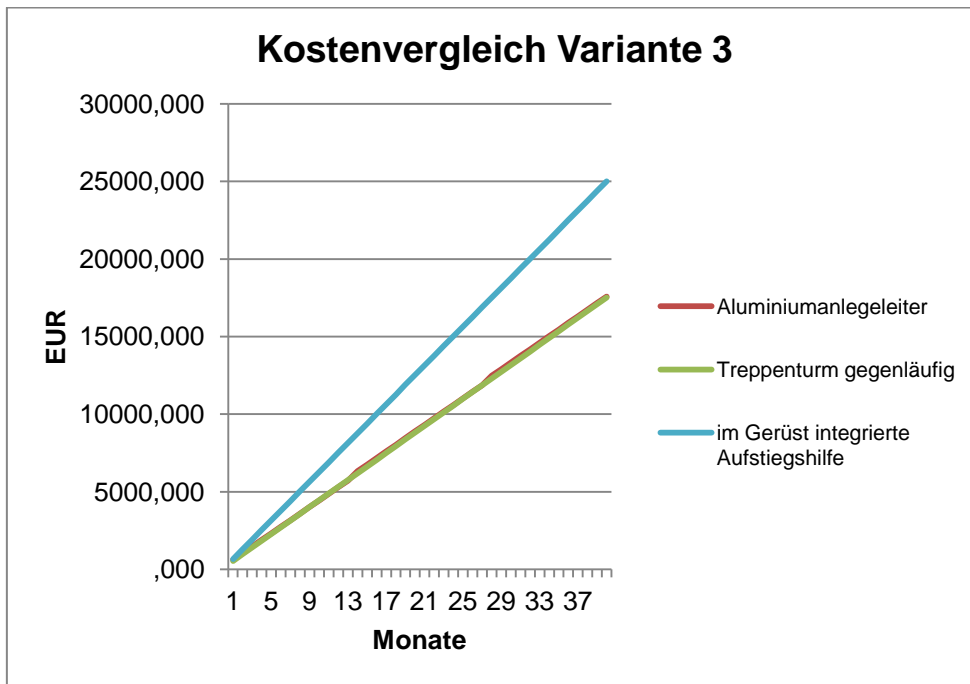


Abbildung 128: Kostenvergleich Variante 3 im Monatsintervall (42 Auf- und Abstiege pro Tag)

Durch Abbildung 128 wird gezeigt, dass die Kostenverläufe der Anlegeleiter und des Treppenturmes nahezu ident sind, wodurch es schwierig ist, die günstigere Variante zu bestimmen. Betrachtet man jedoch die Kosten genauer, wird kenntlich, dass die Anlegeleiter in den Monaten 10-13 und ab dem 42. Monat die günstigere Aufstiegshilfe ist.

Im Vergleich dazu zeigt Abbildung 129, dass auch hier die im Gerüst integrierte Aufstiegshilfe innerhalb der ersten Woche die geringsten Kosten verursacht, wobei sie dann vom Treppenturm und in weiterer Folge nach einem Monat von der Leiter abgelöst wird.

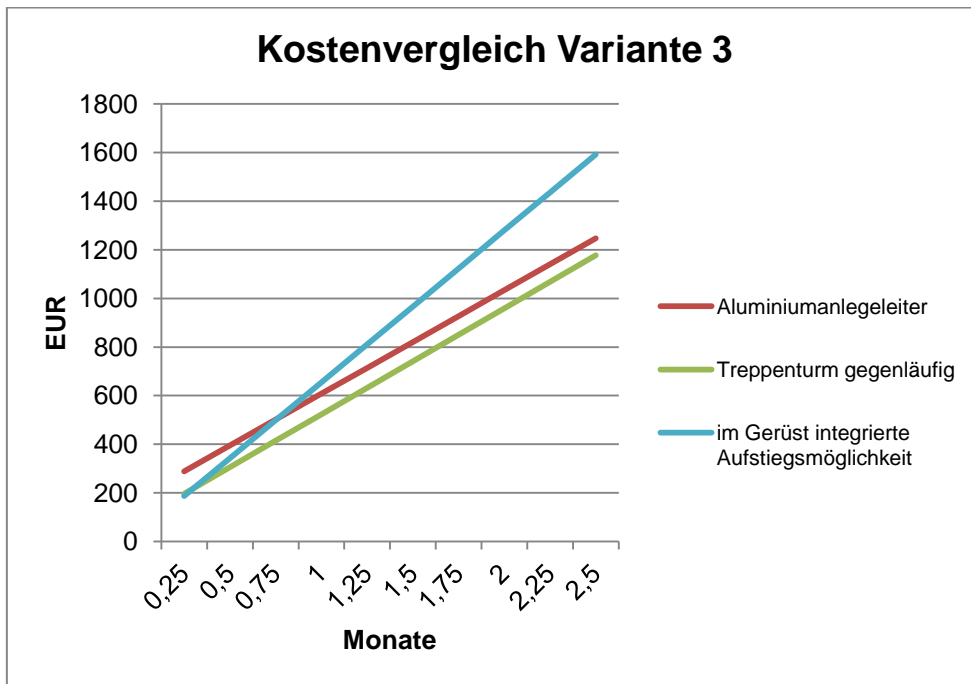


Abbildung 129: Kostenvergleich Variante 3 im Wochenintervall (42 Auf- und Abstiege pro Tag)

Für Variante 3 gilt ab einer Arbeitnehmerzahl von 8 Personen, was wiederum eine Auf- und Abstiegszahl von 48 mit sich bringt, eine wirtschaftliche Überlegenheit des Treppenturmes hinsichtlich der Anlegeleiter, wie in Abbildung 130 dargestellt.

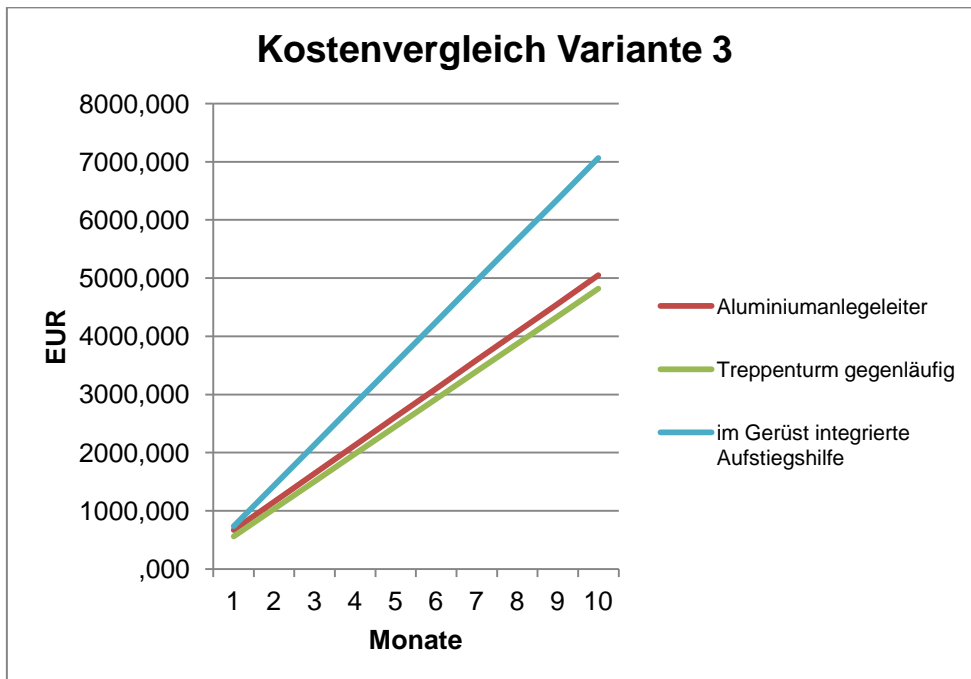


Abbildung 130: Kostenvergleich Variante 3 im Monatsintervall (48 Auf- und Abstiege pro Tag)

Weiters ist die im Gerüst integrierte Aufstiegsmöglichkeit in der ersten Woche die günstigste Variante (Vgl. Abbildung 131), jedoch steigen ihre Kosten im Vergleich zu den anderen Aufstiegsmöglichkeiten weitaus schneller an.

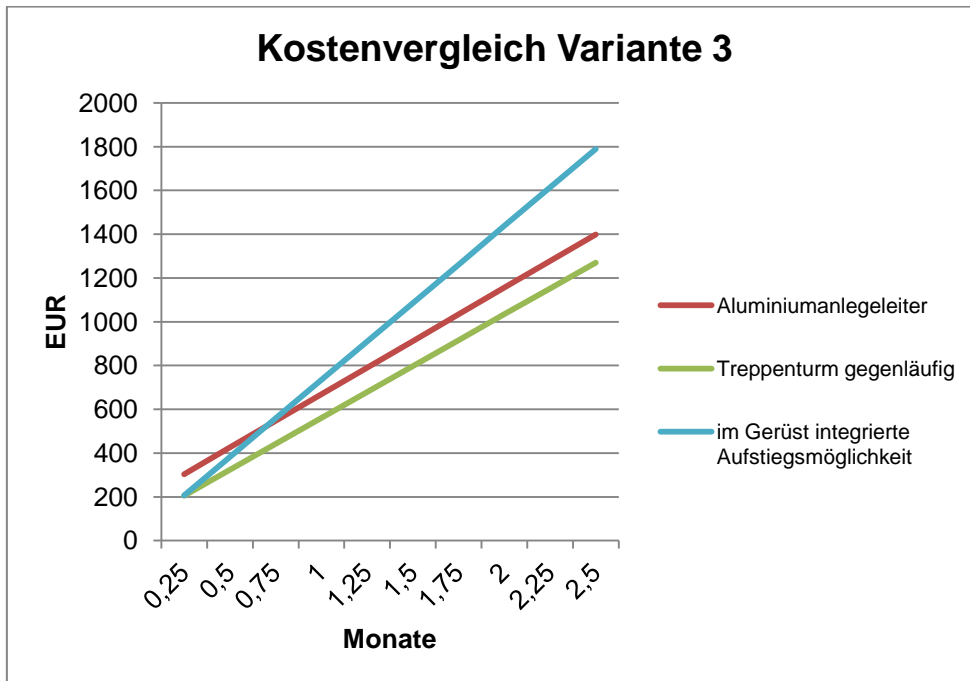


Abbildung 131: Kostenvergleich Variante 3 im Wochenintervall (48 Auf- und Abstiege pro Tag)

Abschließend kann festgestellt werden, dass sich die Kostenverläufe des Treppenturmes und der Anlegeleiter bereits ab vier Arbeitern und somit 24 Auf- und Abstiegen nicht mehr stark, zumindest in den ersten Monaten, unterscheiden und der Treppenturm der Anlegeleiter ab 48 Auf- und Abstiegen pro Tag endgültig überlegen ist. Weiters ist auch hier ersichtlich, dass die im Gerüst integrierte Aufstiegsmöglichkeit anfänglich günstig erscheint, aber mit der Zeit teurer wird.

7.1.2.4 Variante 4

Für Variante 4 stellt eine Anzahl von fünf Arbeitern, die 30 Auf- und Abstiegen täglich verursachen, einen Grenzfall dar. In Abbildung 132 ist die im Gerüst integrierte Aufstiegshilfe in der ersten Woche die günstigste Variante, während sie in der zweiten Woche vom Treppenturm und nach 1,25 Monaten von der Anlegeleiter überboten wird.

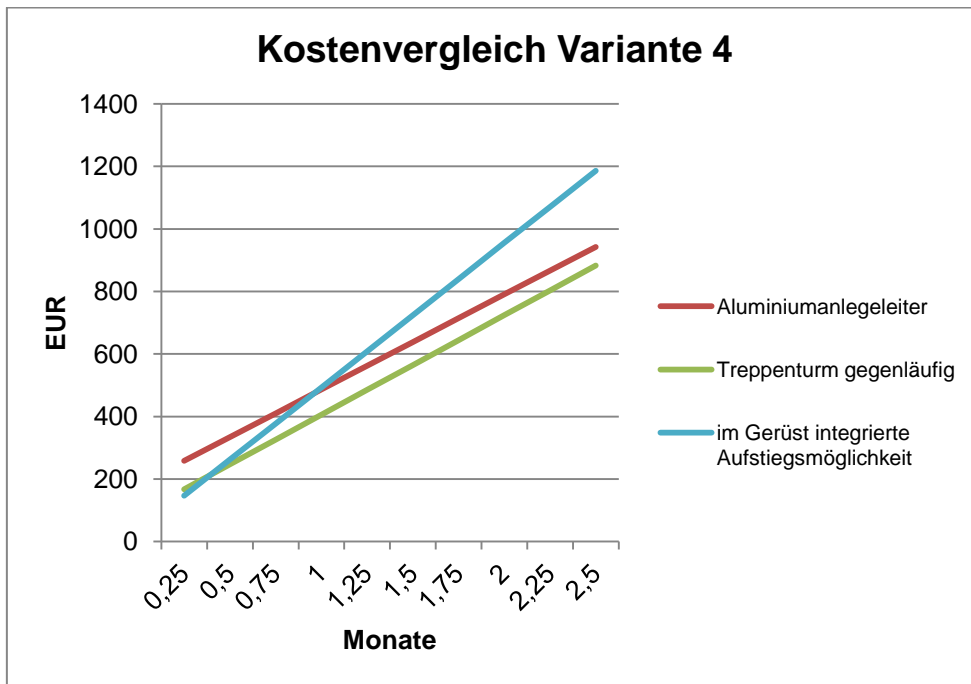


Abbildung 132: Kostenvergleich Variante 4 im Wochenintervall (30 Auf- und Abstiege pro Tag)

Gleichzeitig zeigt Abbildung 133, dass sich die Kostenfunktionen der Anlegeleiter und des Treppenturmes mehrmals schneiden.

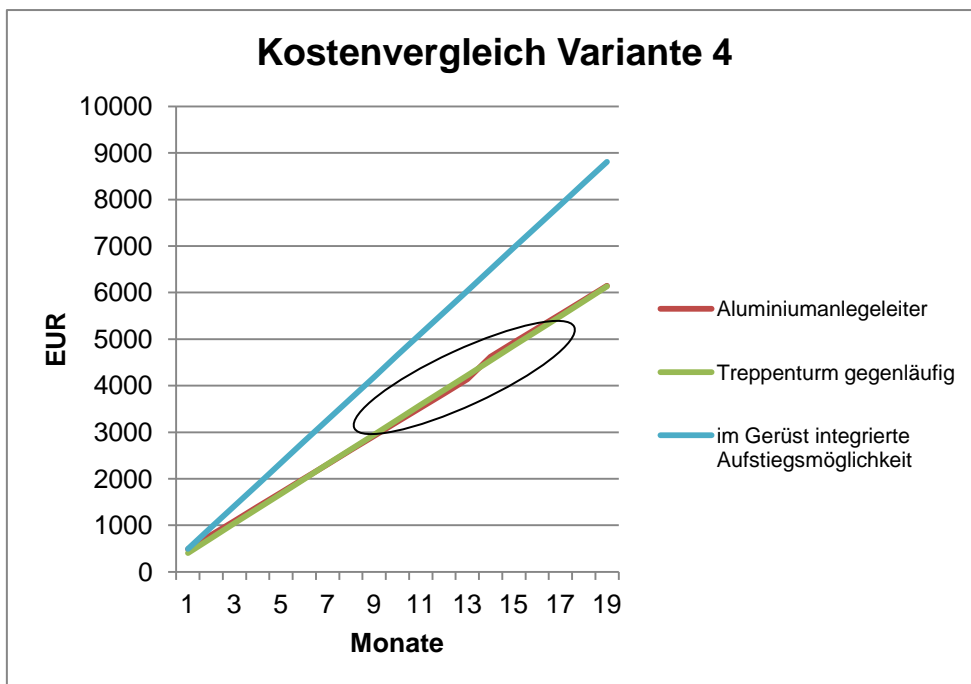


Abbildung 133: Kostenvergleich Variante 4 im Monatsintervall (30 Auf- und Abstiege pro Tag)

Auf Grund der häufigen Schnittpunkte der beiden Funktionen, ist es schwierig den finanziell günstigeren für diese Anzahl der Auf- und Abstiege zu bestimmen. Anders verhält sich die Funktion bei sechs Arbeitern verbunden mit 36 Auf- und Abstiegen pro Tag. Wie Abbildung 134 zeigt, ist zwar auch hier die im Gerüst integrierte Aufstiegshilfe in der ersten Woche die günstigste Variante, jedoch ist danach der Treppenturm in finanzieller Hinsicht die wirtschaftlichste Aufstiegshilfe, wie in Abbildung 135 dargestellt.

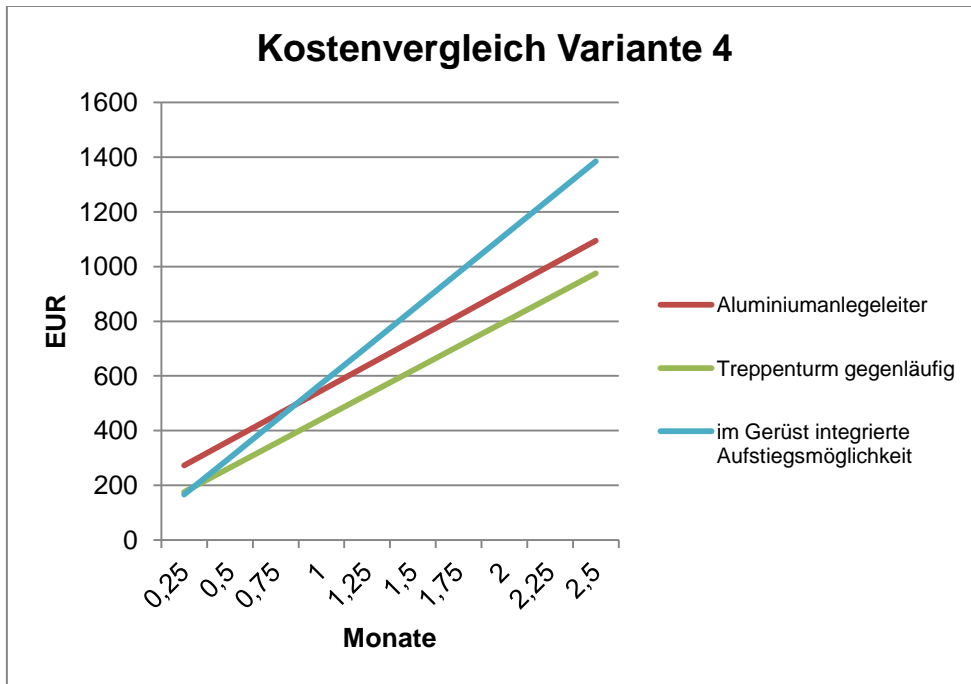


Abbildung 134: Kostenvergleich Variante 4 im Wochenintervall (36 Auf- und Abstiege pro Tag)

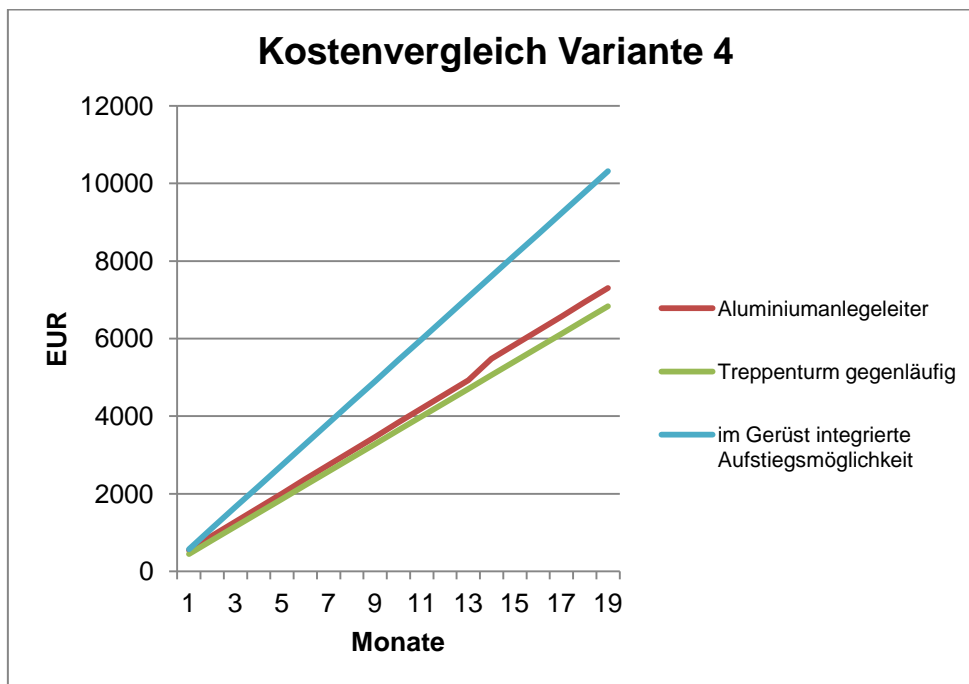


Abbildung 135: Kostenvergleich Variante 4 im Monatsintervall (36 Auf- und Abstiege pro Tag)

Zusammenfassend ist zu sagen, dass auch bei dieser Variante die im Gerüst integrierte Aufstiegshilfe in der ersten Woche die geringsten Kosten verursacht, jedoch danach deutlich zunimmt im Vergleich zu den anderen Aufstiegshilfen. Weiters ist bei einem angemieteten Treppenturm eine Auf- und Abstiegszahl von 36 nötig, damit dieser einer Aluminiumanlegeleiter finanziell überlegen ist.

7.1.2.5 Variante 5

Variante 5 berücksichtigt die prozentuelle Verteilung von Eigentum und Miete laut der Befragung und stellt somit die realitätsnaheste Variante dar. Bei ihr werden die Aufstiegshilfen bei einer Höhe von etwa 4,40 m untersucht, wobei der Treppenturm zu 60 % angemietet und zu 40 % angekauft wird. Im Gegensatz dazu befindet sich die im Gerüst integrierte Aufstiegshilfe zu 47 % im Besitz des Unternehmens und wird zu 53 % gemietet während die Anlegeleiter zu 100 % angekauft wird.¹⁷⁹

Bei 36 Auf- und Abstiegen pro Tag entwickeln sich die Kostenverläufe, wie in Abbildung 136 ersichtlich.

¹⁷⁹ Diese Prozentverteilung beruht auf den Ergebnissen der Befragung im Kapitel 5.2.

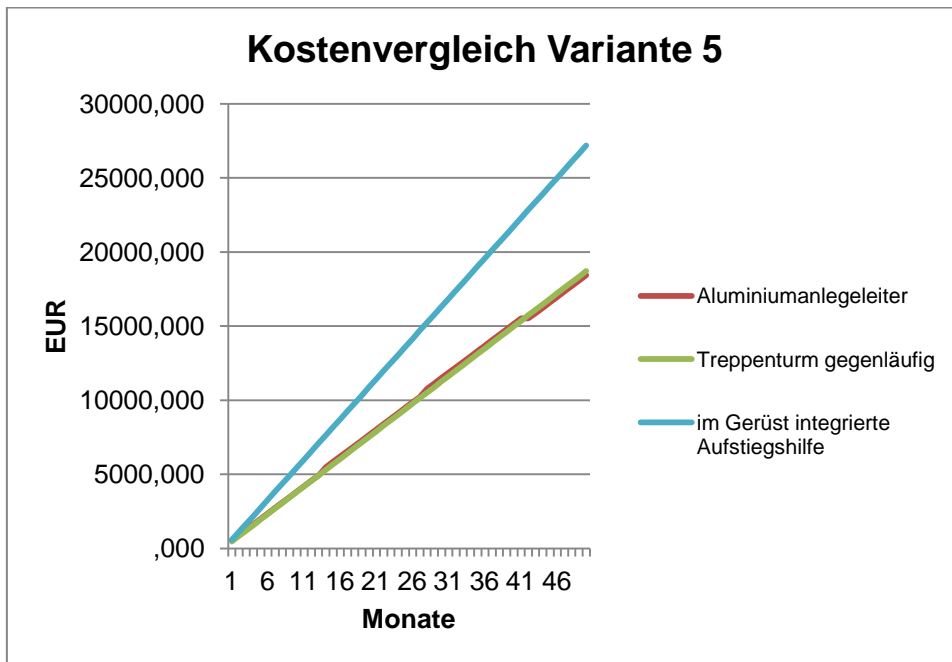


Abbildung 136: Kostenvergleich Variante 5 im Monatsintervall (36 Auf- und Abstiege pro Tag)

Es wird gezeigt, dass sich die Kostenverläufe der Anlegeleiter und des Treppenturmes mehrmals schneiden, während die Anlegeleiter ab dem 42. Monat endgültig die günstigere Alternative ist.

Abbildung 137 zeigt, dass auch bei Variante 5 die im Gerüst integrierte Aufstiegsmöglichkeit zunächst die günstigste ist, aber auf lange Sicht gesehen am teuersten wird.

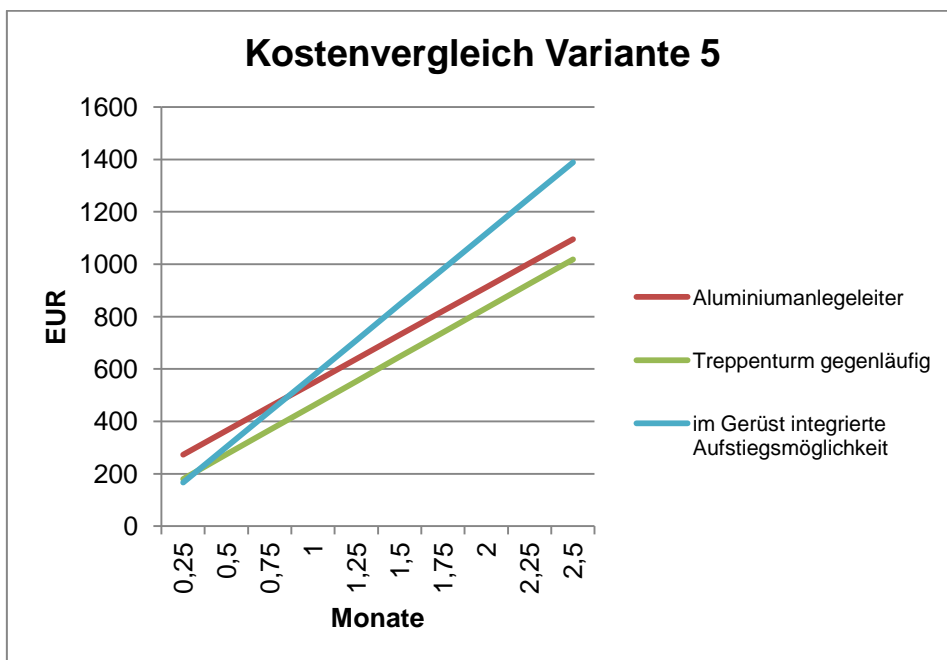


Abbildung 137: Kostenvergleich Variante 5 im Wochenintervall (36 Auf- und Abstiege pro Tag)

In Abbildung 138 ist hingegen der Kostenverlauf für eine Aufstiegszahl von 42 Auf- und Abstiege dargestellt.

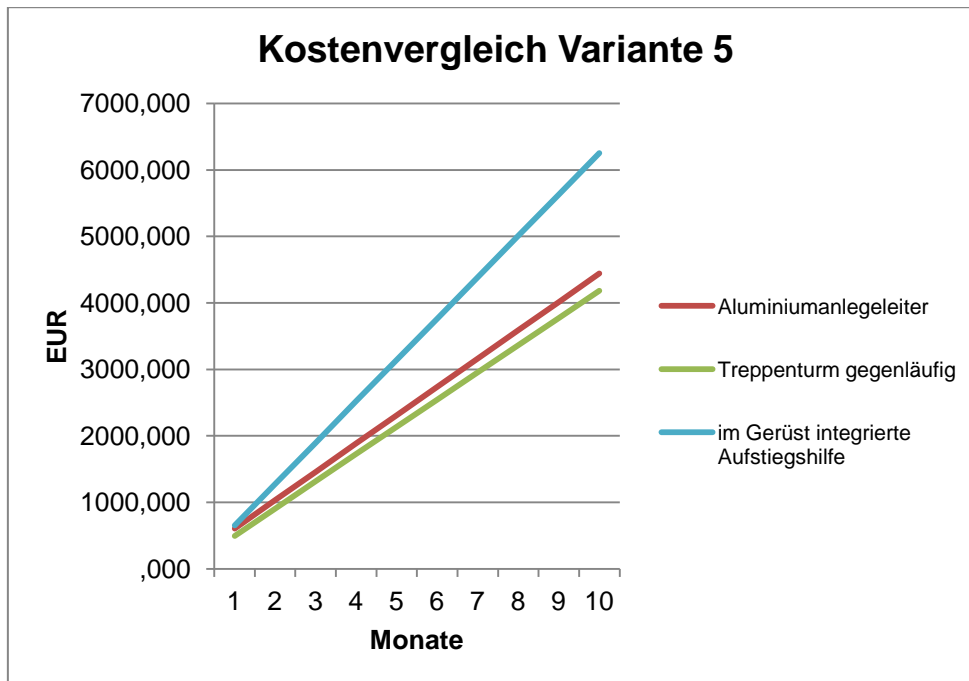


Abbildung 138: Kostenvergleich Variante 5 im Monatsintervall (42 Auf- und Abstiege pro Tag)

Es wird deutlich, dass der Treppenturm bei 42 Auf- und Abstiegen die günstigste Aufstiegshilfe für Variante 5 ist.

Betrachtet man dieses Ergebnis mit Variante 3 und 4, bei denen 36 und 48 Auf- und Abstiege dafür sorgten, dass sich der Treppenturm rechnet, bilden 42 Auf- und Abstiege den Mittelwert.

7.1.3 Conclusio aus der Berechnung und Analyse der kritischen Auf- und Abstiegszahl

Die Analyse zeigt, dass es durch die Betrachtung über eine zu kurze Zeitspanne zu einem falschen Ergebnis hinsichtlich der wirtschaftlichsten Aufstiegshilfe kommen kann.

Prinzipiell weist die im Gerüst integrierte Aufstiegshilfe in allen vier Varianten in der Anfangszeit die geringsten Kosten auf, entwickelt sich aber mit zunehmender Einsatzdauer und damit verbundener steigender Auf- und Abstiegszahl, zur finanziell unwirtschaftlichsten Aufstiegsmöglichkeit, weshalb sie nicht als finanziell günstigste Aufstiegshilfe eingestuft wird.

Außerdem kommt es bei manchen Auf- und Abstiegsanzahlen zu sehr ähnlichen Kostenverläufen des Treppenturmes und der Anlegeleiter, die sich auch geringfügig schneiden, was eine Bewertung bei dieser Aufstiegszahl äußerst schwierig oder erst nach sehr langer Einsatzdauer möglich macht.

Abschließend ist zu sagen, dass sich ein Treppenturm, bei einer Aufstiegshöhe von etwa 2,40 m, beim Kauf ab 66 Auf- und Abstieg und als Mietinventar bei 48 Auf- Abstiegen gegenüber den anderen Aufstiegshilfen rechnet. Bei zwei Gerüstetagen, die etwa 4,40 m hoch sind, werden beim Kauf 48 und bei der Miete 36 Auf- und Abstiege nötig, damit der Treppenturm am günstigsten ist. Weiters wurde anhand von Variante 5, die mit der prozentualen Verteilung von Miete und Eigentum der Realität sehr nahe kommt, gezeigt, dass hierfür der Mittelwert an Auf- und Abstiegen aus der jeweiligen Kauf- und Mietvariante nötig wird.

7.1.4 Sensitivitätsanalyse Mittellohnpreis

Da der Mittellohnpreis sehr stark variieren kann und die Berechnung mit einem angenommenen Mittellohnpreis durchgeführt wurde und insbesondere in vielen Ländern andere Preise üblich sind, Anlegleitern, Treppentürme und im Gerüst integrierte Aufstiegshilfen jedoch weltweit eingesetzt werden, werden an dieser Stelle noch die Auswirkungen eines veränderten Mittellohnpreises untersucht.

Variiert wird in +-10 € Schritten, ausgehend von dem für die Berechnung verwendeten Mittellohnpreis von 35 €/Std, wobei die jeweilige Auf- und Abstiegszahlgrenze ermittelt wird, bei der sich der Treppenturm rechnet.

- **Minderung des Mittellohnpreises auf 25 €**

Bei gleichbleibender Auf- und Abstiegszahl, die bei einem Aufstieg über ca. 2,40 m nötig war, damit sich der Treppenturm beim Kauf gegenüber den anderen Aufstiegshilfen rechnet, entwickelt sich die Kostenkurve, bei Abminderung des Mittellohnpreises von 35 € auf 25 €/Std, wie in Abbildung 139 erkenntlich.

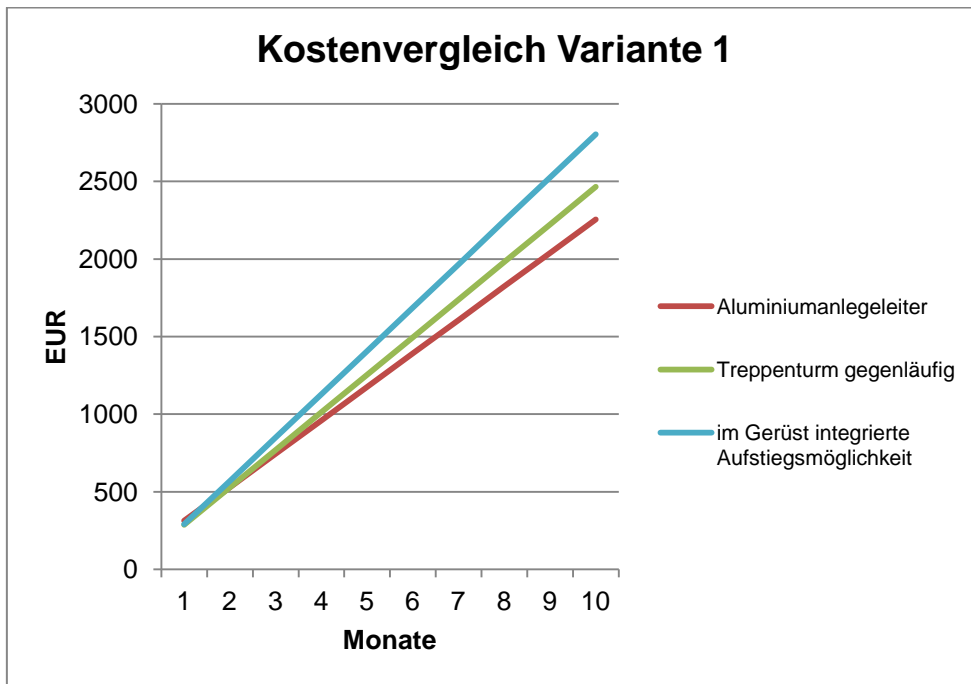


Abbildung 139: Kostenvergleich Variante 1 (66 Auf- und Abstiege pro Tag) bei einem Mittelohnpreis von 25 €

Damit sich der Treppenturm bei dieser Variante weiterhin rechnet, wird eine Auf- und Abstiegszahl von 90 pro Tag nötig. Dieser Kostenverlauf ist in Abbildung 140 dargestellt.

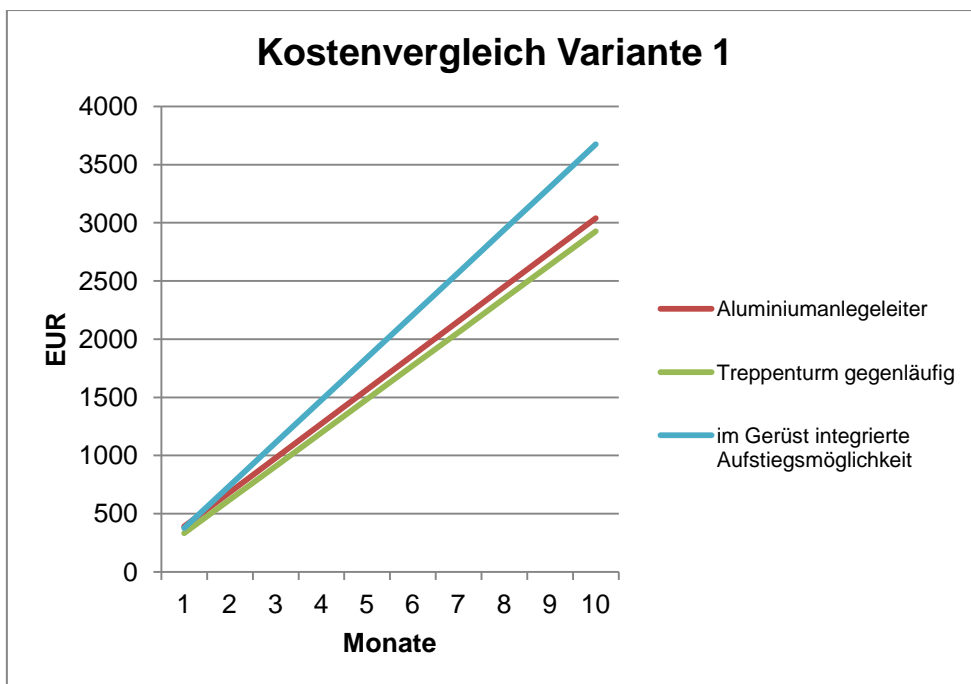


Abbildung 140: Kostenvergleich Variante 1 (90 Auf- und Abstiege pro Tag) bei einem Mittelohnpreis von 25 €

Somit ist auch hier die Wirtschaftlichkeit des Treppenturmes bei 15 Arbeitern, die 90 Auf- Abstiege pro Tag ausführen, nachgewiesen.

In Bezug auf die Mietvariante über eine Etage, rechnete sich der Treppenturm bisher ab 48 Auf- und Abstiegen. Abbildung 141 zeigt, dass dies bei einem verminderten Mittellohnpreis auf 25 €, nicht mehr der Fall ist.

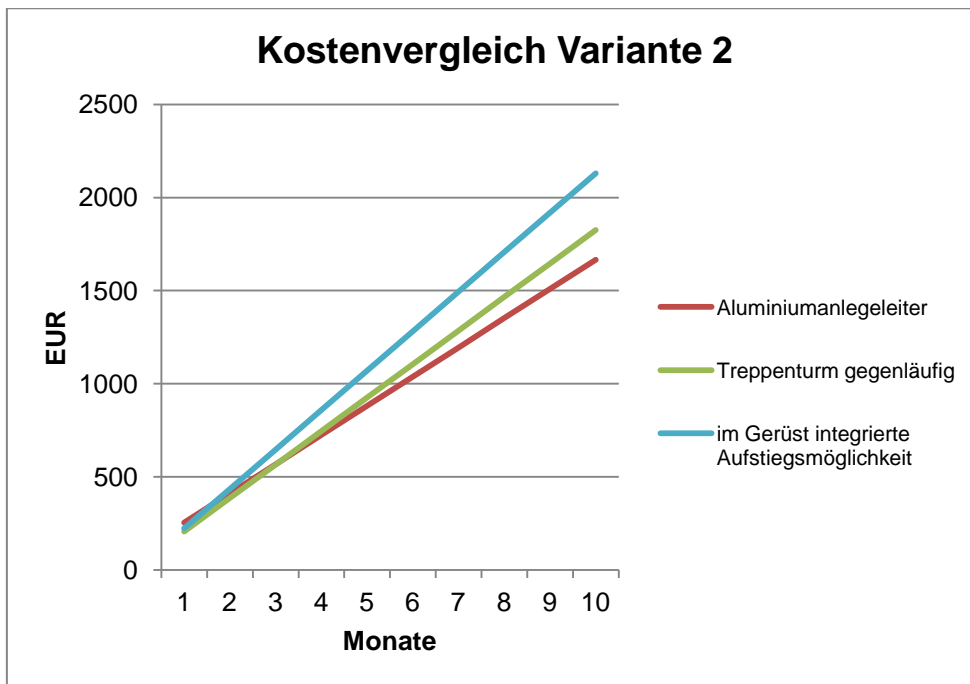


Abbildung 141: Kostenvergleich Variante 2 (48 Auf- und Abstiege pro Tag) bei einem Mittellohnpreis von 25 €

Bei einem Mittellohnpreis von 25 € ist ein Treppenturm ab 66 Auf- und Abstiegen finanziell sinnvoller als eine Anlegeleiter oder eine in das Gerüst integrierte Aufstiegshilfe. (Vgl. Abbildung 142)

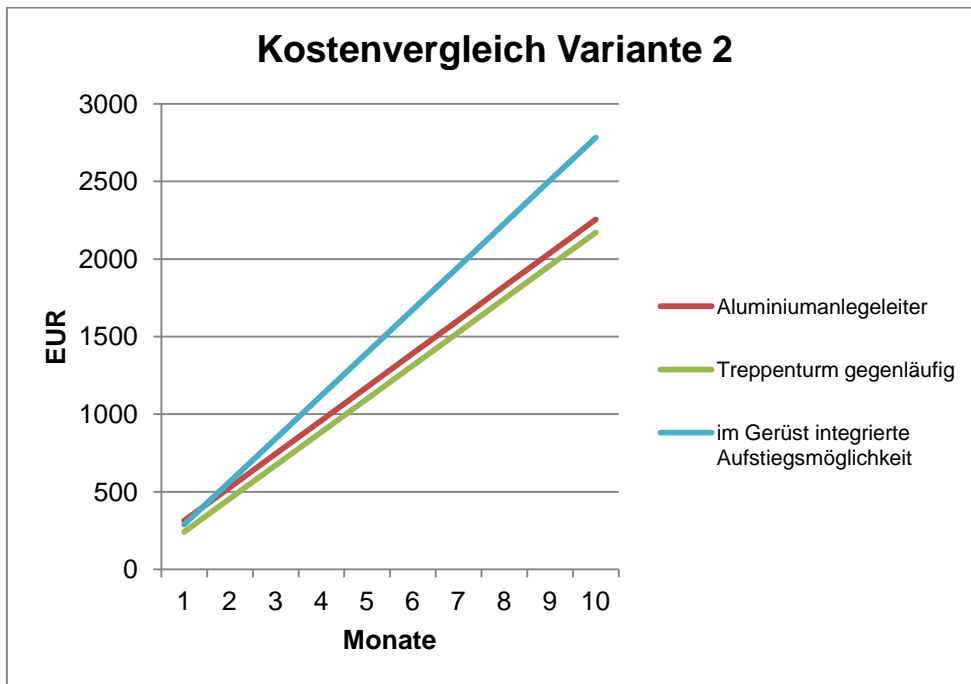


Abbildung 142: Kostenvergleich Variante 2 (66 Auf- und Abstiege pro Tag) bei einem Mittellohnpreis von 25 €

Bei Variante 3 waren bisher 48 Aufstiege nötig, um den Treppenturm - wirtschaftlich gesehen - einer Anlegeleiter oder einer im Gerüst integrierten Aufstiegshilfe vorzuziehen. Bei einem Mittellohnpreis von 25 € entwickelt sich die Kostenkurve, jedoch wie in Abbildung 143 abgebildet.

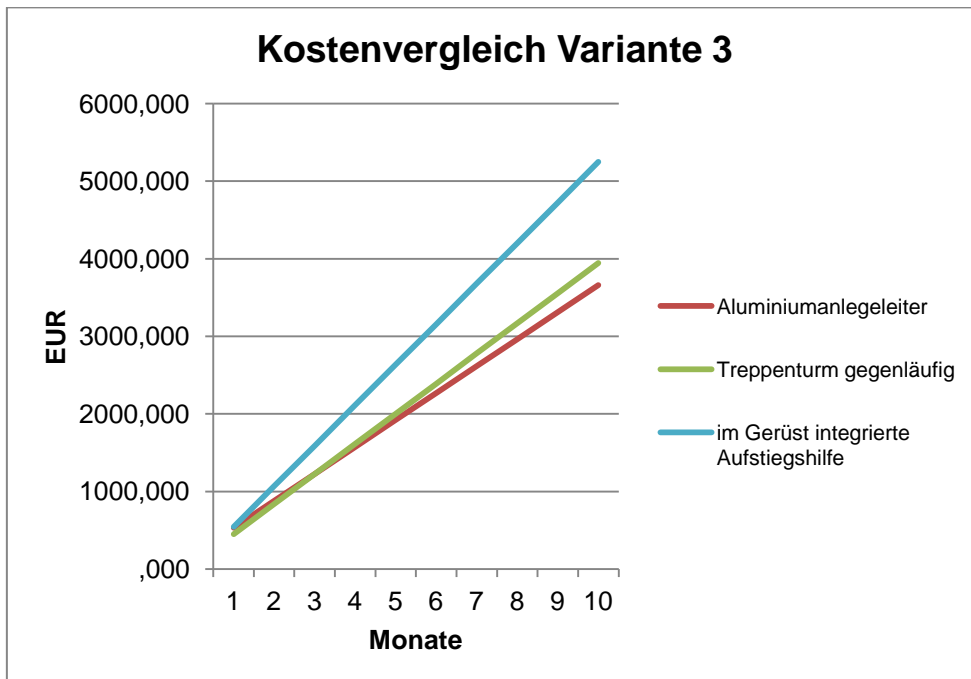


Abbildung 143: Kostenvergleich Variante 3 (48 Auf- und Abstiege pro Tag) bei einem Mittellohnpreis von 25 €

In Abbildung 144 wird deutlich, dass sich ein Treppenturm rechnet, sobald die Auf- und Abstiegszahl pro Tag 66 beträgt.

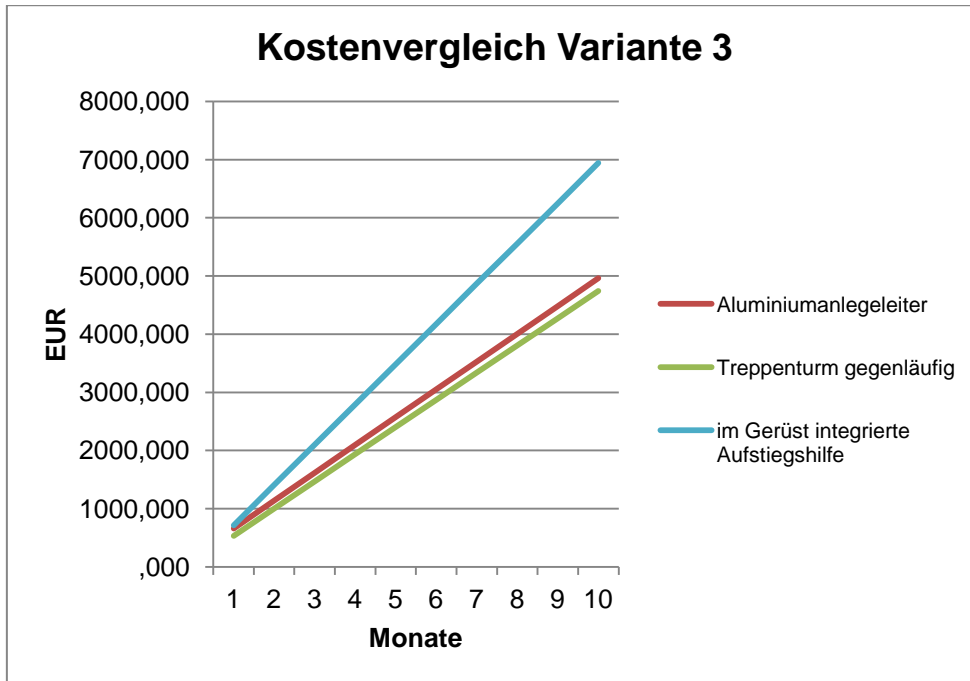


Abbildung 144: Kostenvergleich Variante 3 (66 Auf- und Abstiege pro Tag) bei einem Mittelohnpreis von 25 €

Bei der vierten Variante, waren bisher 36 Auf- und Abstiege nötig. Abbildung 145 zeigt den Kostenverlauf bei einem Mittelohnpreis von 25 €.

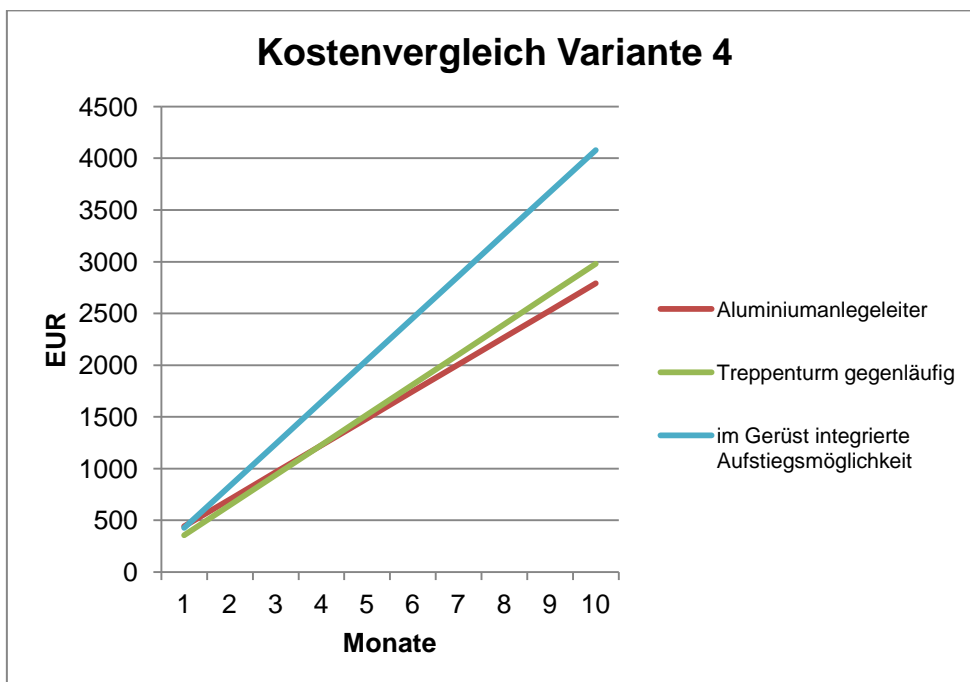


Abbildung 145: Kostenvergleich Variante 4 (36 Auf- und Abstiege pro Tag) bei einem Mittelohnpreis von 25 €

Abbildung 146 zeigt, dass bei einem verringerten Mittellohnpreis von 25 € insgesamt 48 Auf- und Abstiege pro Tag durchzuführen sind, damit der Treppenturm die finanziell günstigste Aufstiegshilfe ist.

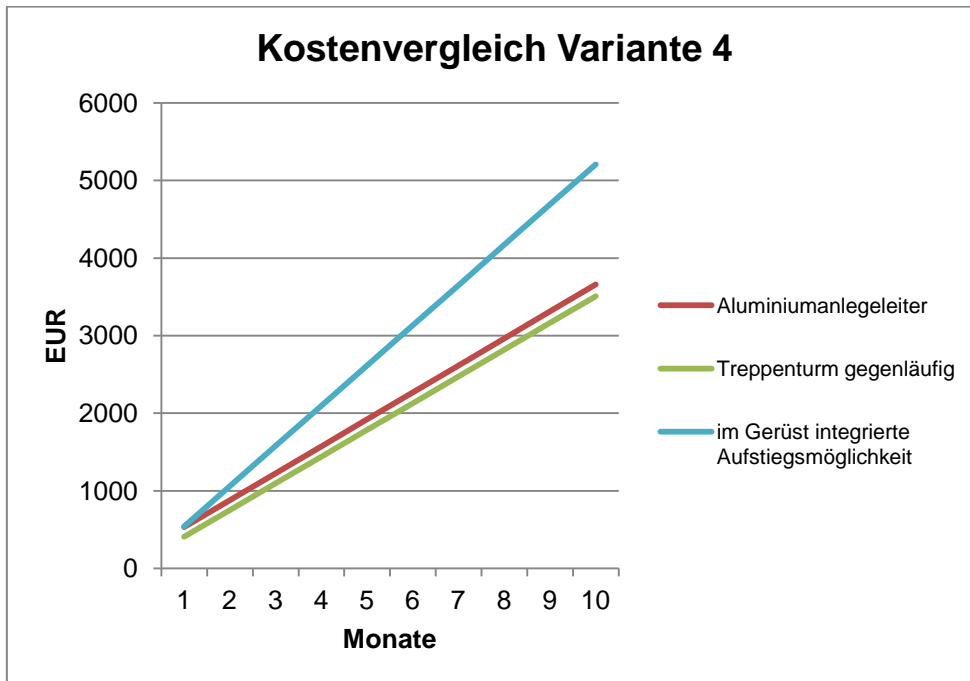


Abbildung 146: Kostenvergleich Variante 4 (48 Auf- und Abstiege pro Tag) bei einem Mittellohnpreis von 25 €

Bei Variante 5, bei der die prozentuelle Verteilung von Miete und Eigentum berücksichtigt wird, waren bei einem Mittellohnpreis von 35 €/Std bislang 36 Auf- und Abstiege notwendig.

Abbildung 147 zeigt die Entwicklung der Kostenverläufe bei einer Abminderung des Mittellohnpreises um 10 €.

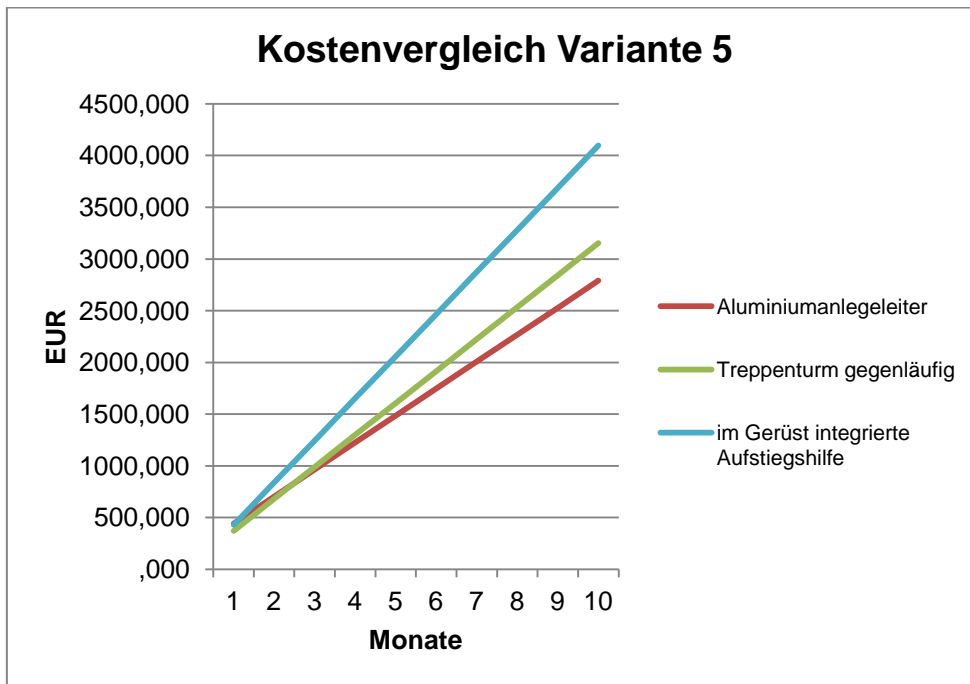


Abbildung 147: Kostenvergleich Variante 5 (36 Auf- und Abstiege pro Tag) bei einem Mittelohnpreis von 25 €

Es wird erkenntlich, dass die Anlegeleiter ab dem dritten Monat günstiger als der Treppenturm ist. Abbildung 148 zeigt den Kostenverlauf bei 54 Auf- und Abstiegen pro Tag.

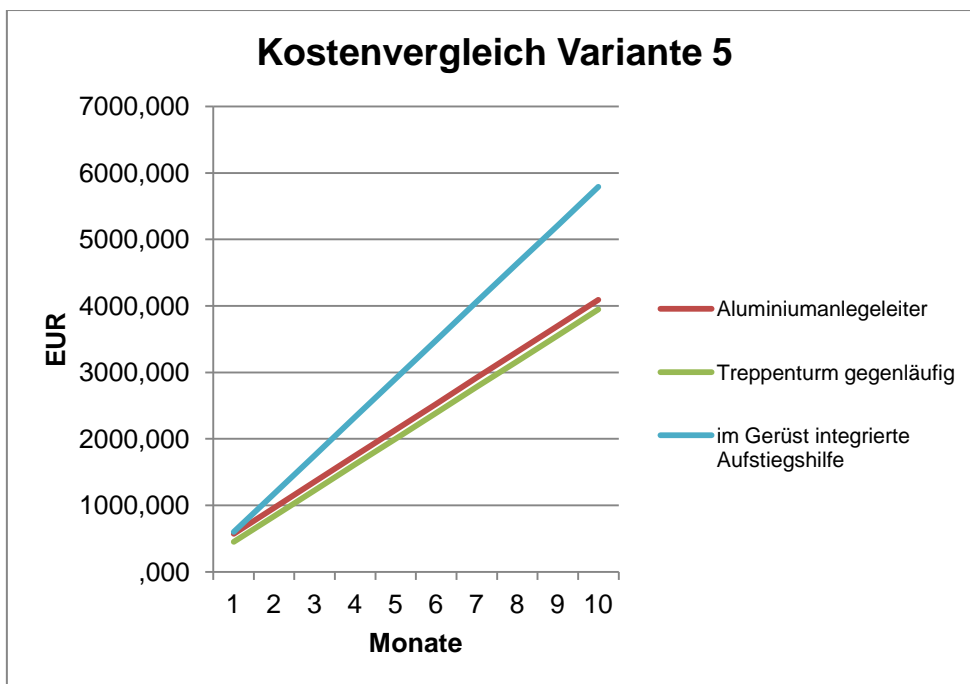


Abbildung 148: Kostenvergleich Variante 5 (54 Auf- und Abstiege pro Tag) bei einem Mittelohnpreis von 25 €

Es wird gezeigt, dass sich der Treppenturm ab einer täglichen Auf- und Abstiegzahl von 54 rechnet.

- **Steigerung des Mittelohnpreises auf 45 €**

Im nächsten Schritt wird eine Steigerung des Mittelohnpreises um 10 € auf 45 € simuliert.

Bei Variante 1 entwickeln sich die Kostenkurven, bei 66 Auf- und Abstiegen, die bisher nötig waren, damit sich der Treppenturm rechnet, durch die Erhöhung des Mittelohnpreises auseinander, wie in Abbildung 149 dargestellt.

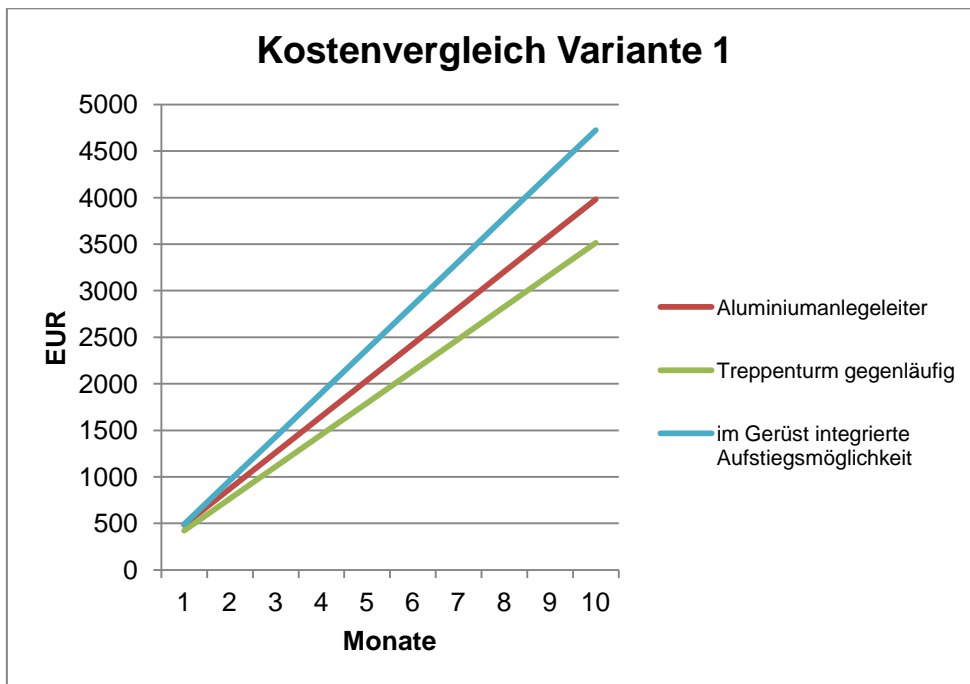


Abbildung 149: Kostenvergleich Variante 1 (66 Auf- und Abstiege pro Tag) bei einem Mittelohnpreis von 45 €

Anhand der Variation der Arbeitnehmerzahl wird deutlich, dass sich diese Variante bei einem Mittelohnpreis von 45 €, bereits ab 48 Auf- und Abstiegen für den Treppenturm rechnet. (Vgl. Abbildung 150)

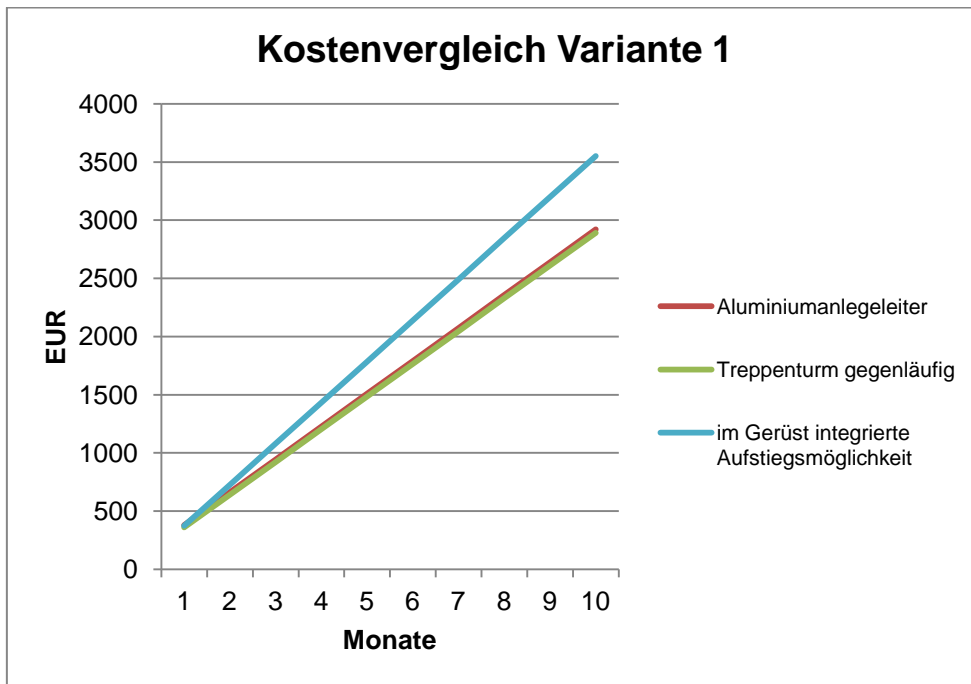


Abbildung 150: Kostenvergleich Variante 1 (48 Auf- und Abstiege pro Tag) bei einem Mittellohnpreis von 45 €

Betrachtet man Variante 2, bei der eine Auf- und Abstiegszahl von 48 pro Tag nötig war, um den Treppenturm finanziell rentabel zu machen, wird in Abbildung 151 erkenntlich, dass eine Erhöhung des Mittellohnpreises dem positiv nachhilft.

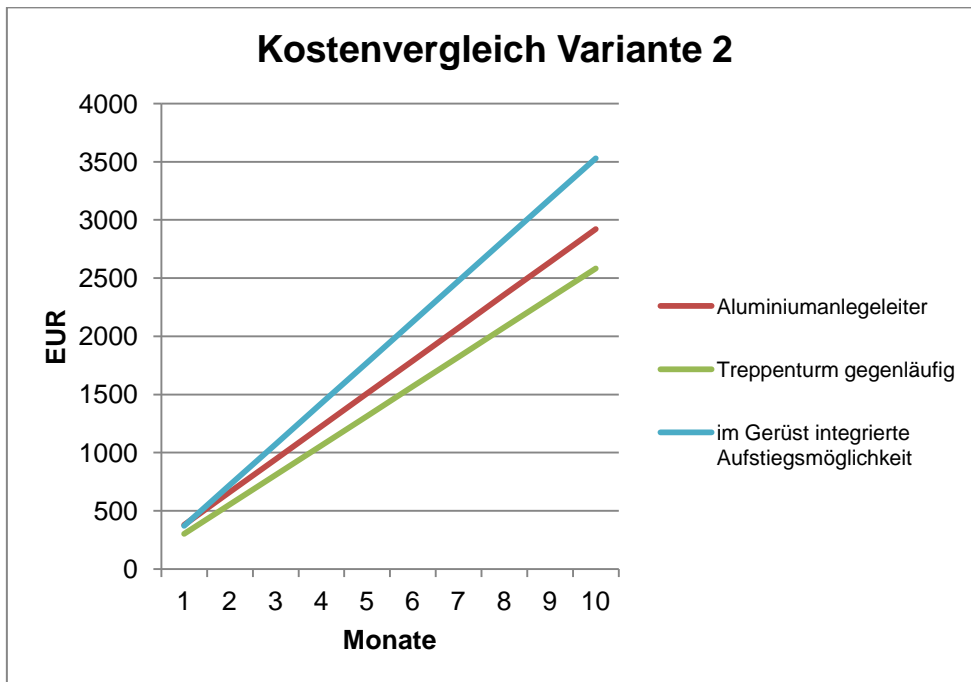


Abbildung 151: Kostenvergleich Variante 2 (48 Auf- und Abstiege pro Tag) bei einem Mittellohnpreis von 45 €

Bei einer Erhöhung des Mittelohnpreises auf 45 €, ist der Treppenturm bei 36 Auf- und Abstiegen pro Tag die finanziell günstigste Lösung. Abbildung 152 zeigt die dazugehörige Kostenkurve.

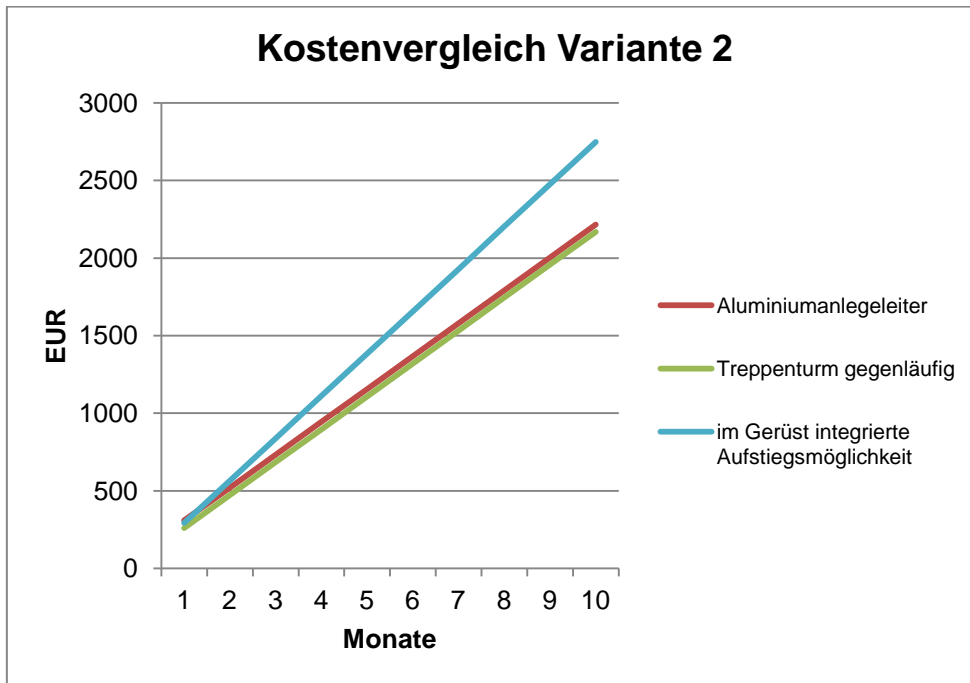


Abbildung 152: Kostenvergleich Variante 2 (36 Auf- und Abstiege pro Tag) bei einem Mittelohnpreis von 45 €

Bei einem in Österreich üblichen Mittelohnpreis von 35 €/Std waren für Variante 3 48 Auf- und Abstiege pro Tag nötig, bis ein Treppenturm finanzielle Vorteile gegenüber einer Anlegeleiter bietet. Mit der Erhöhung des Mittelohnpreises auf 45 € entwickelt sich die Kostenkurve, wie in Abbildung 153 dargestellt.

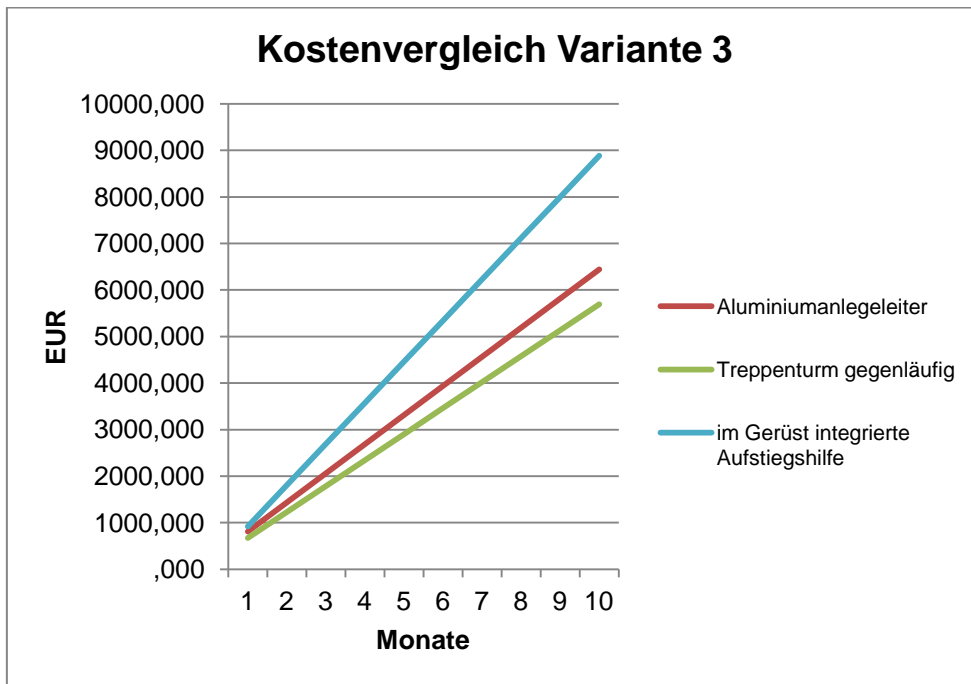


Abbildung 153: Kostenvergleich Variante 3 (48 Auf- und Abstiege pro Tag) bei einem Mittelohnpreis von 45 €

Abbildung 154 zeigt, dass die finanzielle Rentabilität des Treppenturmes, bei einem Mittelohn von 45 €, für Variante 3 bereits ab 36 Auf- und Abstiegen gegeben ist.

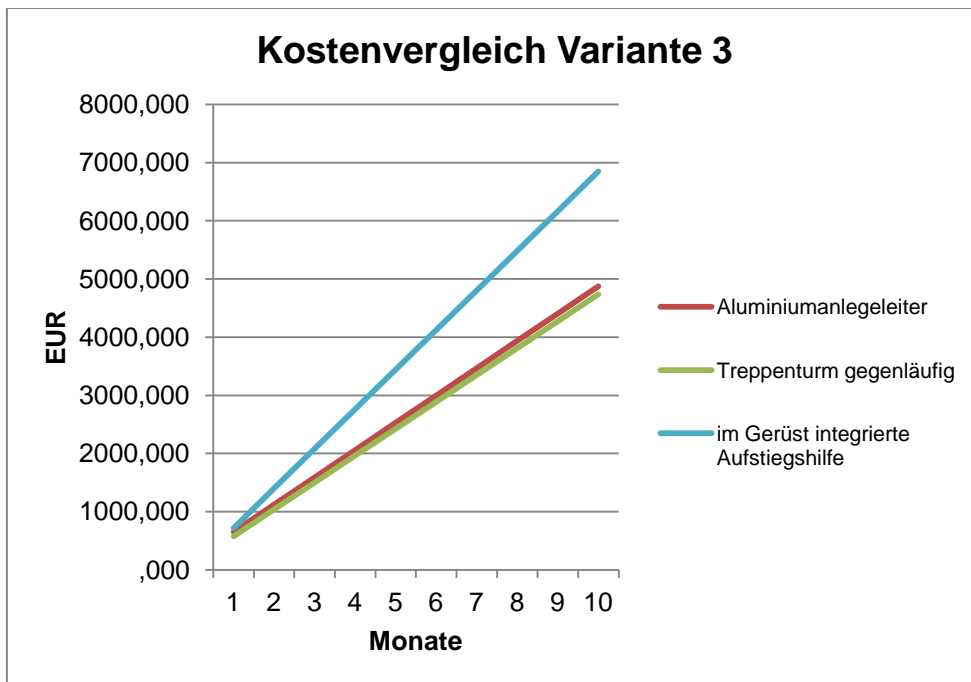


Abbildung 154: Kostenvergleich Variante 3 (36 Auf- und Abstiege pro Tag) bei einem Mittelohnpreis von 45 €

Bei Variante 4, bei der der Treppenturm und die im Gerüst integrierte Aufstiegshilfe angemietet werden, und eine Höhe von etwa 4,40 Metern überwunden wird, waren bisher 36 Auf- und Abstiege nötig, damit der Treppenturm günstiger als die anderen Aufstiegshilfen ist. Abbildung 155 zeigt, dass auch hier eine Erhöhung des Mittelohnpreises dazu führt, dass sich die Kostenkurven positiv für den Treppenturm voneinander entfernen.

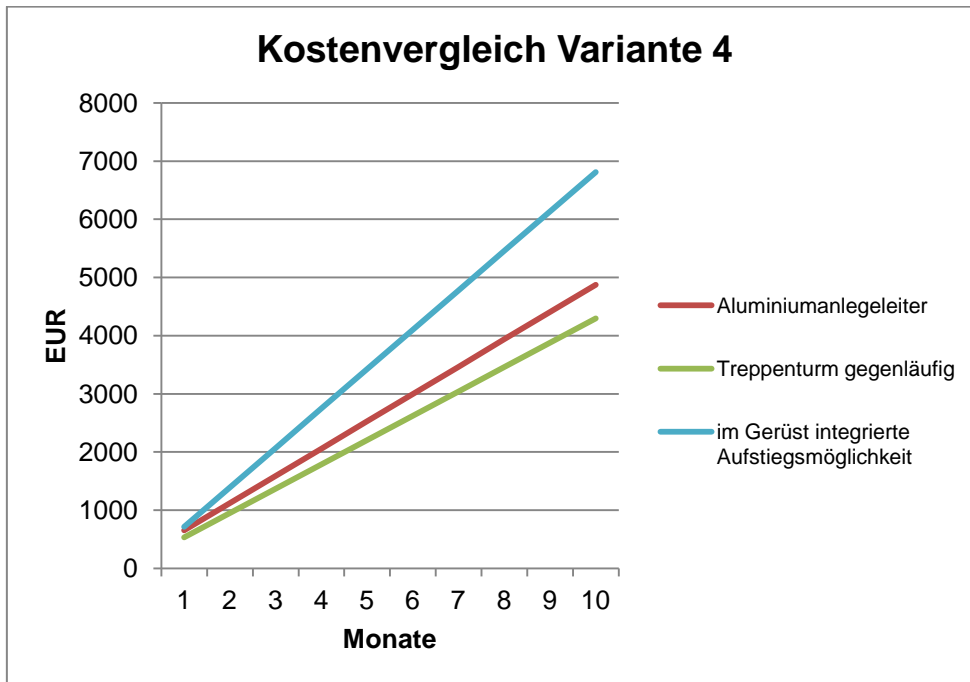


Abbildung 155: Kostenvergleich Variante 4 (36 Auf- und Abstiege pro Tag) bei einem Mittelohnpreis von 45 €

Abbildung 156 zeigt, dass der Treppenturm bei einer Mittelohnpreiserhöhung um 10 € bereits ab 30 Auf- und Abstiegen günstiger als die anderen Aufstiegshilfen ist.

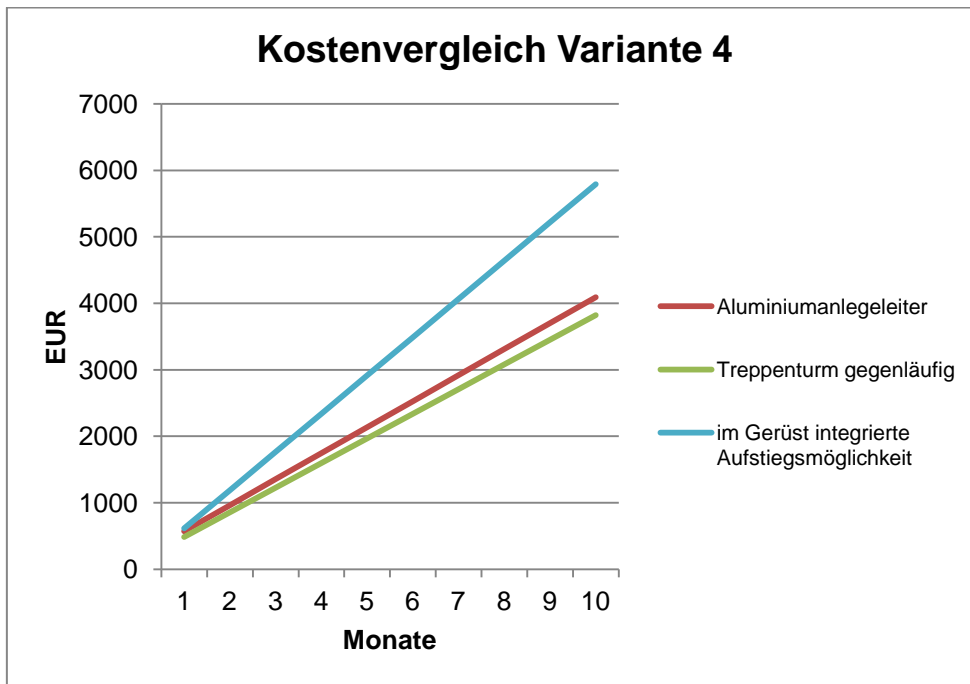


Abbildung 156: Kostenvergleich Variante 4 (30 Auf- und Abstiege pro Tag) bei einem Mittelohnpreis von 45 €

Bislang waren für Variante 5 36 Auf- und Abstiege pro Tag nötig, damit sich der Treppenturm rechnet. Durch die Erhöhung des Mittelohnpreises auf 45 € entwickelt sich der Kostenverlauf, wie in Abbildung 157 erkenntlich.

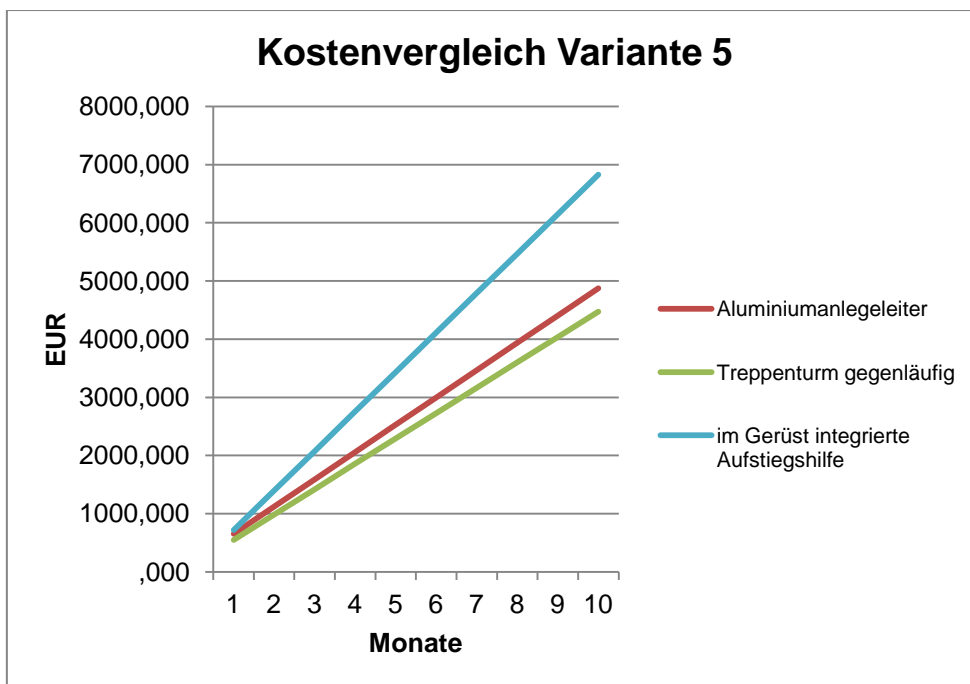


Abbildung 157: Kostenvergleich Variante 5 (36 Auf- und Abstiege pro Tag) bei einem Mittelohnpreis von 45 €

Durch die Erhöhung des Mittelohnpreises kann die Auf- und Abstiegszahl auf 30 reduziert werden, während der Treppenturm nach wie vor die günstigste Aufstiegshilfe ist. Die Kostenverläufe sind in Abbildung 158 dargestellt.

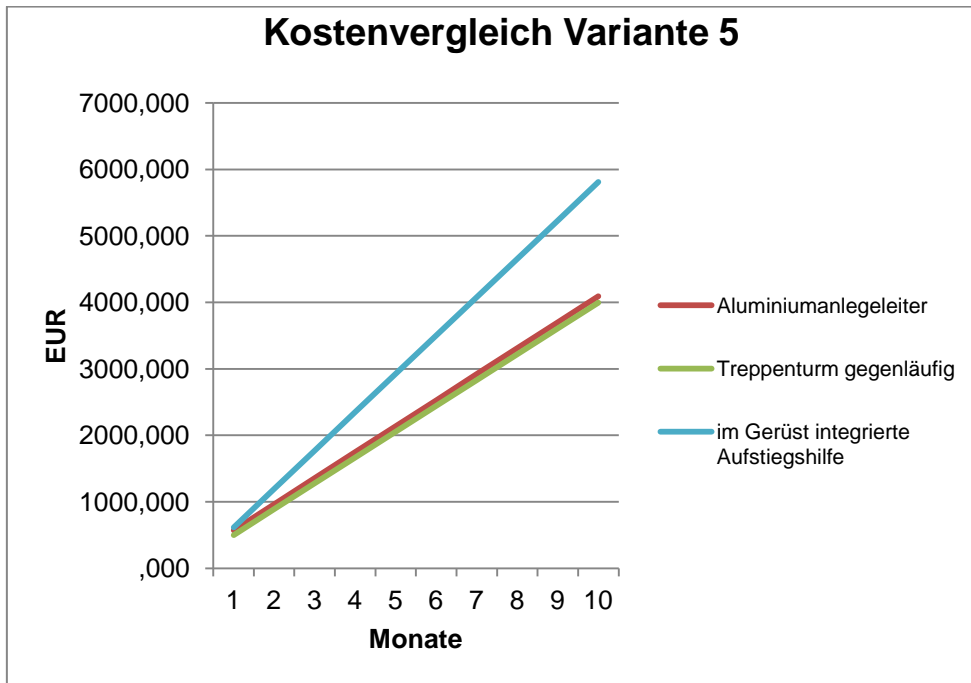


Abbildung 158: Kostenvergleich Variante 5 (30 Auf- und Abstiege pro Tag) bei einem Mittelohnpreis von 45 €

Zusammenfassend sind in Tabelle 28 die tägliche Auf- und Abstiegszahlen, ab denen der Treppenturm die günstigste Aufstiegshilfe ist, in Abhängigkeit des Mittelohnpreises dargestellt.

	MLP 25 €/Std	MLP 35 €/Std	MLP 45 €/Std
Variante 1	90	66	48
Variante 2	66	48	36
Variante 3	66	48	36
Variante 4	48	36	30
Variante 5	54	36	30

Tabelle 28: Darstellung der Auf- und Abstiegszahlen, damit sich Treppenturm rechnet

Weiters sind die Differenzen der Auf- und Abstiegszahlen, die durch die Änderung des Mittelohnpreises entstehen, ausgedrückt in Prozent, in Tabelle 29 dargestellt. Die Berechnung geht jeweils von einem Mittelohnpreis in der Höhe von 35 €/Std aus.

	Abminderung um 10 €	Steigerung um 10 €
Variante 1	36 %	-27 %
Variante 2	38 %	-25 %
Variante 3	38 %	-25 %
Variante 4	33 %	-17 %
Variante 5	50 %	-17 %

Tabelle 29: Prozentuelle Differenz der Aufstiegszahlen zum MLP von 35 €/Std

Im Mittel steigt die tägliche Auf- und Abstiegszahl um 39 %, sobald sich der Mittellohnpreis um 10 € verringert. Auffallend an Tabelle 29 ist, dass die Steigerung bei Variante 5 bei 50 % und somit weitaus höher als bei den anderen Varianten, liegt. Eine Erhöhung des Mittellohnpreises bewirkt hingegen eine durchschnittliche Abminderung von 22 % der Auf- und Abstiegszahlen.

7.1.5 Erweiterte Formel der kritischen Auf- und Abstiegszahl

Wie bereits im Kapitel 3 dieser Arbeit gezeigt, wirken sich Arbeitsunfälle nicht nur belastend auf den Arbeiter selbst, sondern auch negativ in finanzieller Hinsicht aus. Aus diesem Grund wird an dieser Stelle eine Erweiterung der kritischen Auf- und Abstiegszahl durch die täglichen Unfallkosten der jeweiligen Aufstiegshilfe vorgestellt. Als Referenz zur Ermittlung der täglichen Unfallkosten werden die Unfallkosten der AUVA¹⁸⁰ und die Arbeitnehmerzahlen der BUAK¹⁸¹ aus dem Jahr 2011 herangezogen. Die ursprüngliche Formel zur Berechnung der kritischen Auf- und Abstiegszahl wird durch den Parameter u_{tgl} , wie in Formel (10) dargestellt, erweitert.

$$K_x = f_x + v_x * m + v_y * m + u_{tgl} \quad (10)$$

mit:

$$f_x = \text{Anschaffungskosten bzw. Mietkosten} * \text{Dauer} + \text{Aufbauzeit} * \text{MLP}$$

$$v_x = \text{Aufstiegszeit} * \text{MLP} * m$$

$$v_y = \text{Abstiegszeit} * \text{MLP}$$

$$m = \text{Anzahl der Aufstiege}$$

$$u_{tgl} = \text{Unfallkosten pro Tag}$$

Wie bereits oben erwähnt ergeben sich die täglichen Unfallkosten aus der Unfallstatistik der AUVA und der Arbeitnehmerzahlen der BUAK, wobei die ge-

¹⁸⁰ Die Unfallstatistiken der AUVA können dem digitalen Anhang entnommen werden.

¹⁸¹ Die Arbeitnehmerzahlen der BUAK können dem Anhang entnommen werden.

naue Ermittlung anhand eines Flussdiagrammes im Nachfolgenden dargestellt ist.

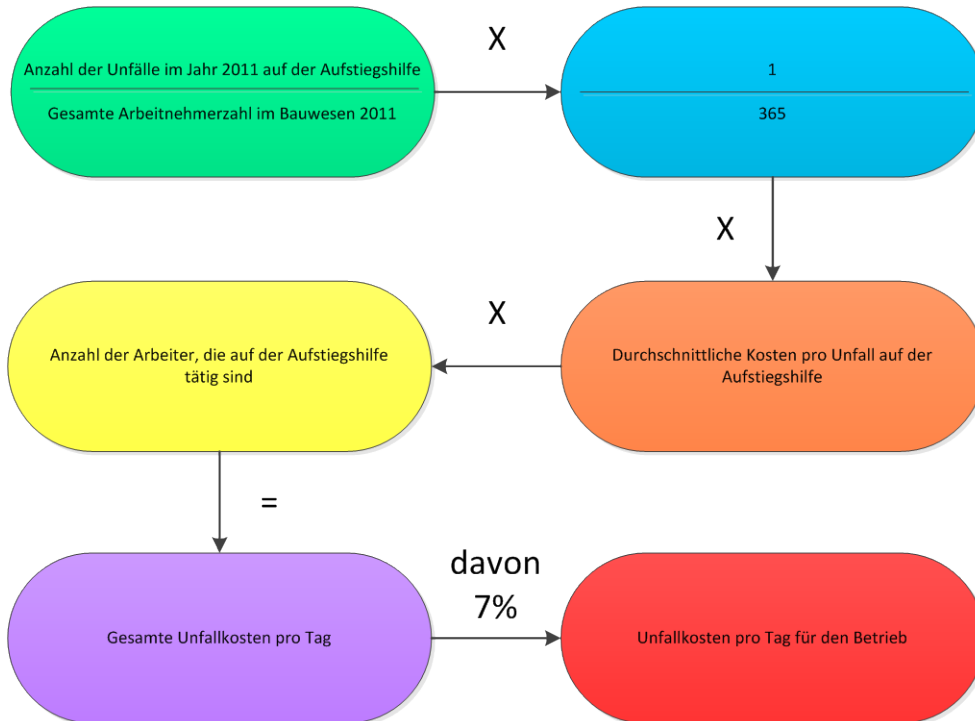


Abbildung 159: Flussdiagramm zur Ermittlung der Unfallkosten pro Tag

Durch Division der gesamten Anzahl der Unfälle auf der jeweiligen Aufstiegshilfe durch die gesamte Arbeitnehmerzahl im betreffenden Jahr wird eine Unfallquote für die Aufstiegshilfe pro Arbeitnehmer ermittelt. Durch Multiplikation mit dem Faktor $\frac{1}{365}$ wird diese Quote auf einen Tag umgerechnet. Weiters erfolgt eine Multiplikation mit den durchschnittlich anfallenden Kosten für einen Unfall auf der Aufstiegshilfe und Multiplikation mit der Zahl der Arbeiter, die auf der Aufstiegshilfe tätig sind. Dies führt zu den Unfallkosten die im Schnitt täglich anfallen, wenn die Aufstiegshilfe genutzt wird. Da 7 % der Unfallkosten auf den Betrieb fallen, erfolgt noch eine Prozentrechnung, bis schlussendlich die täglich anfallenden Kosten für den Betrieb ermittelt sind.

Die Auswirkungen der Berücksichtigung der täglichen Unfallkosten wird anhand des Kostenverlaufes der 1. Variante, also bei einer Aufstiegshöhe von 2,40 m und dem Ankauf aller drei Aufstiegshilfen, untersucht.

Bislang, ohne Einbeziehung der Unfallkosten, waren, wie in Abbildung 160 erkenntlich, 66 Auf- und Abstiege pro Tag notwendig, damit der Treppenturm günstiger als die anderen Aufstiegshilfen ist.

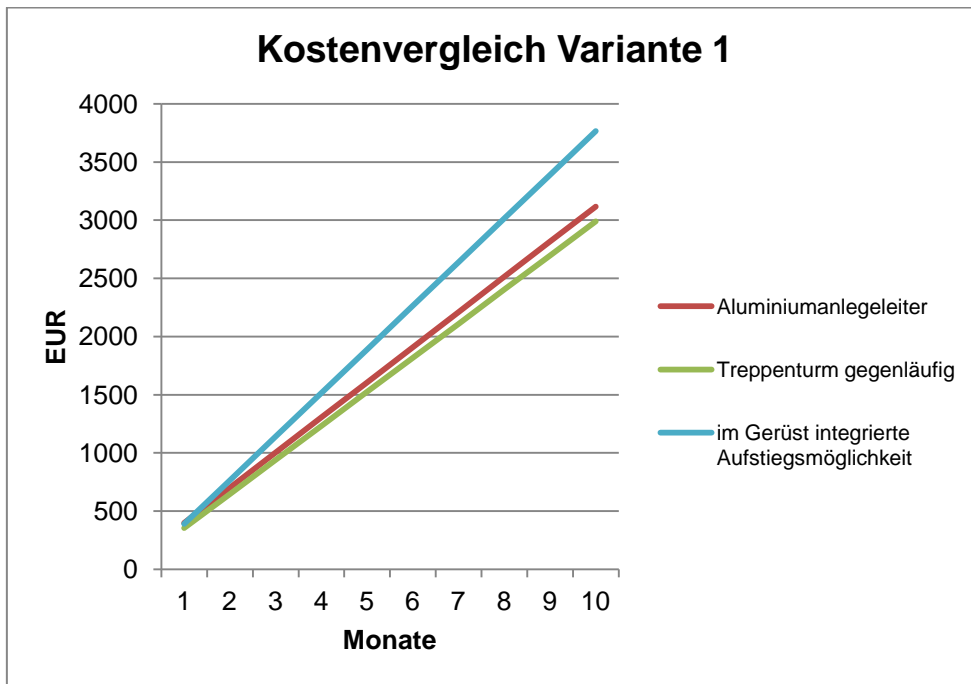


Abbildung 160: Kostenvergleich Variante 1 (66 Auf- und Abstiege pro Tag) – ohne Unfallkosten

Bei gleichbleibender Aufstiegszahl, jedoch unter Berücksichtigung der täglichen Unfallkosten, entwickelt sich der Kostenverlauf, wie in Abbildung 161 dargestellt.

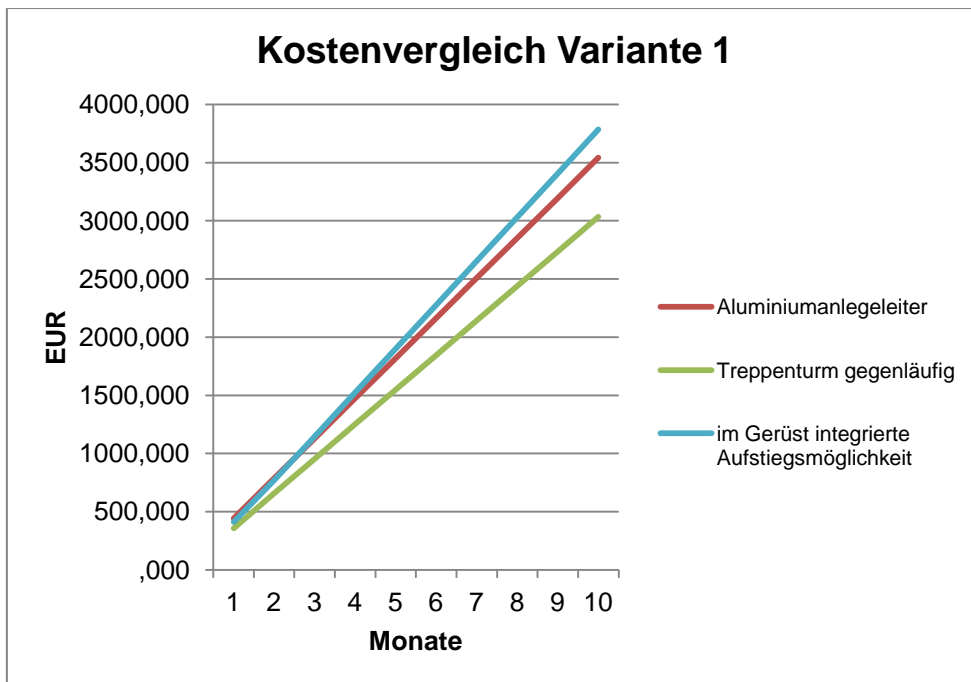


Abbildung 161: Kostenvergleich Variante 1 (66 Auf- und Abstiege pro Tag) – inklusive Unfallkosten

Es wird gezeigt, dass die Kosten des Treppenturmes und der im Gerüst integrierten Aufstiegsmöglichkeit gering ansteigen, während die der Anlegeleiter auffallend zunehmen.

Unter Einbindung der Unfallkosten wird anhand von Abbildung 162 gezeigt, dass sich der Treppenturm bereits ab 48 Auf- und Absteigen rechnet.

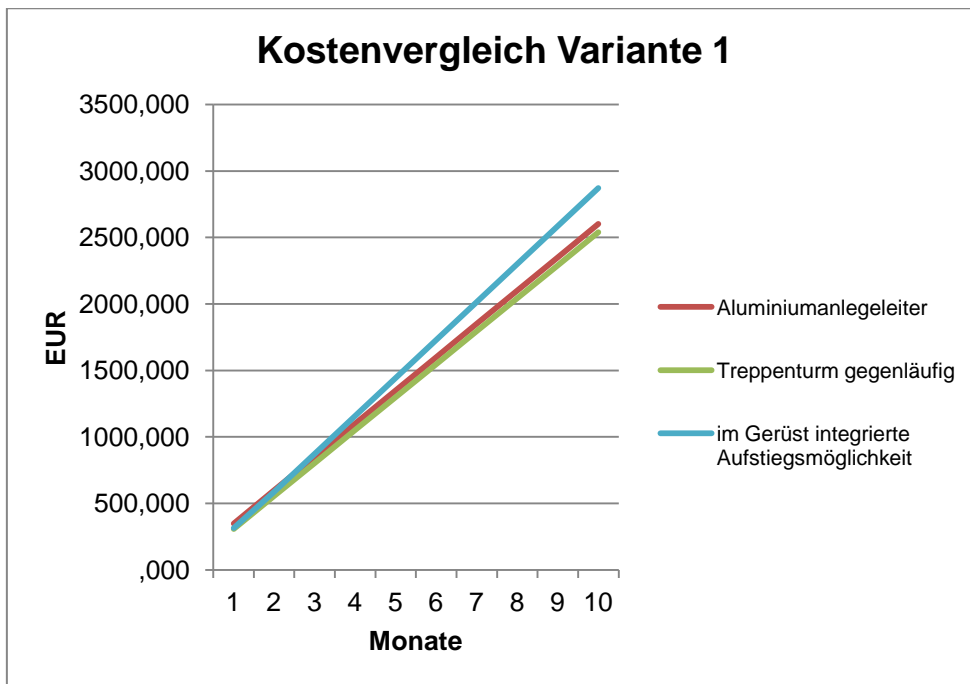


Abbildung 162: Kostenvergleich Variante 1 (48 Auf- und Abstiege pro Tag) – inklusive Unfallkosten

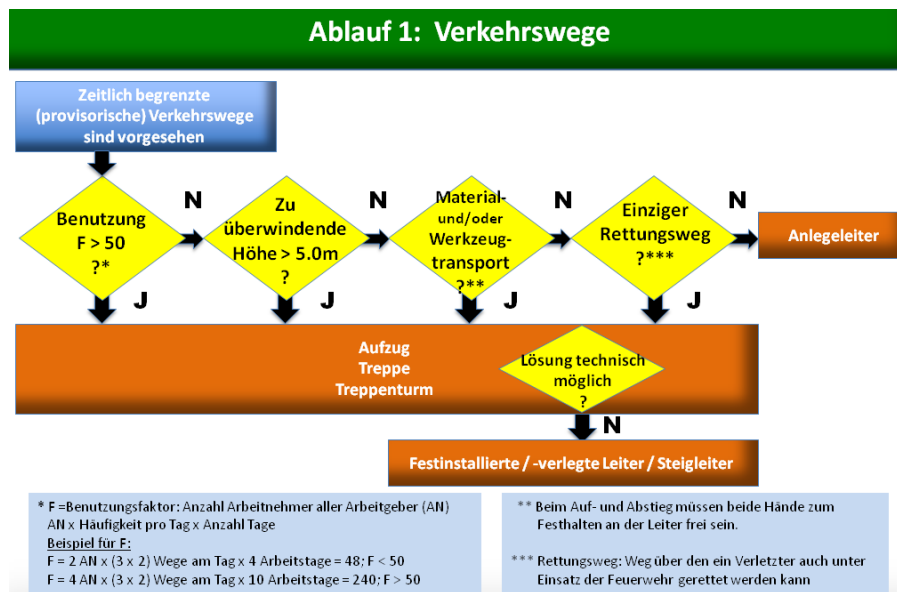
Somit wird die kritische Auf- und Abstiegszahl, bei Berücksichtigung der Auf- und Abstiegszahlen um knapp 30 % gesenkt.

7.1.6 Vergleich zu aktueller Studie

Als aktuellen Bezug zur Wahl der Aufstiegshilfe in Abhängigkeit der Auf- und Abstiegszahlen, sei an dieser Stelle die Entscheidungsmatrix von EGG¹⁸² erwähnt.

Im Zuge seiner Entscheidungsmatrix, die in Abbildung 163 ersichtlich ist, soll durch die Beantwortung von einfachen Fragen zur Baustelle erkenntlich werden, welche Aufstiegsmöglichkeit am besten geeignet ist.

¹⁸² Die Präsentation vom 6.6.2013 von Herrn Egg ist dem Anhang beigelegt.

Abbildung 163: Entscheidungsmatrix für Verkehrswege¹⁸³

Vorweg ist zu erwähnen, dass diese Fragen und die Grenzwerte in Zusammenarbeit von Experten der BG Bau Deutschland, der SUVA, der AUYA und dem italienischen Arbeitsinspektorat entstanden sind.

Durch die Meinungen der Experten ist man zu dem Entschluss gekommen, dass ab 50 Benutzungen der Aufstiegsmethode ein Aufzug, eine Treppe oder ein Treppenturm eingesetzt werden muss. Dieser Faktor ist ein Erfahrungswert, der in Anbetracht der Häufigkeit und Auswirkungen von Unfällen auf Leitern angenommen wurde und berechnet sich aus der Anzahl der Arbeiter, Anzahl der Auf- und Abstiege und den Arbeitstagen.

Außerdem ist es ein grundlegendes Ziel der Sicherheitsfachkräfte im Bauwesen, dass in Zukunft Leitern nur noch dann verwendet werden, wenn für den Auf- und Abstieg beide Hände frei sind, da der Transport von Material und Werkzeug häufig zu Unfällen führt.

Vergleicht man den Faktor F nun mit der berechneten Kritischen Auf- und Abstiegszahl bei einem Mittellohnpreis von 35 €/Std (Vgl. Tabelle 33), wird ersichtlich, dass die Werte nicht sehr stark von 50 Auf- und Abstiegen, die dem Faktor F entsprechen, abweichen. Jedoch sei an dieser Stelle angemerkt, dass die Berechneten Auf- und Abstiegszahlen dieser Arbeit nicht für die Auf- und Abstiege zusammen stehen. Das heißt um eine Bewegungsanzahl zu erhalten müsste dieser Wert mit zwei multipliziert werden, wodurch der Faktor fast doppelt so hoch wie der der aktuellen Studie wäre. Außerdem ist der Treppenturm bei der errechnete Auf- und Abstiegszahl dieser Arbeit bereits ab dem ersten Tag die wirtschaftlichste Aufstiegsmöglichkeit wohingegen der Faktor F von der Anzahl der Tage abhängig ist.

¹⁸³ Entnommen aus: Präsentation von Herrn Egg vom 6.6.2013 (im digitalen Anhang beigelegt).

7.2 Nutzwertanalyse

Wie bereits in den Grundlagen dieser Arbeit erwähnt, erweist sich die Nutzwertanalyse als optimales Werkzeug zur Bewertung der Aufstiegsmöglichkeiten. Hierzu werden die Ergebnisse der Befragungen mittels Interviewleitfaden, Onlinebefragung und ausgesendeten Polier/Bauleiter Fragebogen herangezogen.

Im Nachfolgenden werden die durchgeführten Schritte der Nutzwertanalyse beschrieben.

7.2.1 Schritt 1 und 2: Kriterienauswahl und Relevanzfaktor

Da die Nutzwertanalyse auf der Gewichtung der Auswahlkriterien aus den Befragungen beruht, erfolgen Schritt 1 und 2 der Nutzwertanalyse in einem Arbeitsschritt.

Wie bereits im Kapitel 5.2.4 erwähnt wurden die nachstehend Kriterien, die in Tabelle 30 dargestellt sind, am häufigsten genannt und decken bereits über 80 % der Antworten der 50 Befragten ab.

Kriterium	Prozentuelle Gewichtung
Sicherheit	37,56 %
Platzbedarf	12,68%
Flexibilität	11,71 %
Kosten	9,76 %
Einsatzdauer	6,34 %
Auf- und Abstiegs geschwindigkeit	6,34 %
Summe	84,39 %

Tabelle 30: Die wichtigsten Kriterien aus der Befragung

Die prozentuelle Antwortverteilung wird gleichzeitig als prozentuelle Gewichtung des Kriteriums herangezogen

Die übrigen 15,61 % werden zu gleichen Teilen auf zusätzlich Kriterien verteilt, die ebenso essentiell für die Wahl der Aufstiegshilfe sind und durch die Antworten der Befragten oder die Versuchsaufbauten bzw. Baustellenbeobachtungen bewertet werden können. Tabelle 31 stellt diese Kriterien mit der dazugehörigen Gewichtung für die Nutzwertanalyse dar.

Kapitalbindung	3,12 %
Lebensdauer	3,12 %
Montagezeit	3,12 %
Wiederverwendung	3,12 %
Produktivitätsverluste	3,12 %

Tabelle 31: Ergänzende Kriterien

Somit besteht die Nutzwertanalyse zur Bewertung der drei Aufstiegsmöglichkeiten aus 11 Kriterien, deren Gewichtung sich in Summe zu 100 % ergibt.

7.2.2 Schritt 3: Bewertungsfaktor

Die oben genannten Kriterien werden anhand der im Zuge dieser Arbeit gesammelten Informationen zu den einzelnen Aufstiegsmöglichkeiten beurteilt.

Die Benotung erfolgt nach Schulnotensystem auf einer Skala von 1 bis 5.

7.2.2.1 Sicherheit¹⁸⁴

Das wichtigste Kriterium aller Befragten zur Wahl ihrer Aufstiegsmöglichkeit ist die Sicherheit der Bauarbeiter. Zuzufolge der Auswertung der Befragungen wird dieser Faktor mit 37,56 % gewichtet.

Zur Bewertung werden die Unfallstatistiken der AUVA, die in Kapitel 4.1.1 ausgewertet wurden, herangezogen.

Mit 3.446 Unfällen, wird die Anlegeleiter in Punkto Sicherheit mit 1 Punkt benotet. Im Vergleich dazu weisen die im Gerüst integrierten Aufstiegshilfe und der Treppenturm mit 1.291 und 1.157 weitaus weniger Unfälle auf und werden deswegen in Bezug auf die Sicherheit mit 5 Punkten bewertet.

7.2.2.2 Platzbedarf

Der Platzbedarf wurde von den Probanden mit 12,68 % gewichtet.

Da der Treppenturm verglichen zur Anlegeleiter wesentlich mehr Platz auf der Baustelle benötigt, wird dieser hier mit 1 Punkt bemessen. Zwei Punkte mehr und somit 3 Punkte werden der im Gerüst integrierten Aufstiegshilfe zugeschrieben, da im Normalfall das Gerüst für andere Arbeiten bereits auf der Baustelle benötigt wird und nur durch Leiterngangtafeln ergänzt werden muss.

¹⁸⁴ An dieser Stelle sei erwähnt, dass es sich hierbei um absolute Zahlen handelt, die nicht in Abhängigkeit der Einsatzhäufigkeit stehen.

Die Anlegeleiter wird an dieser Stelle mit fünf Punkten bewertet, da sie den geringsten Platz benötigt.

7.2.2.3 Flexibilität

Mit 11,71 % wurde die Flexibilität als zweit wichtigster Faktor zur Aufstiegswahl genannt.

Da eine Anlegeleiter in kürzester Zeit auf- und abgebaut ist bzw. an einen anderen Ort versetzt werden kann, hat sie in Bezug auf die Flexibilität die höchste Punktezahl. Jedoch ist die maximale Höhe einer einteiligen Anlegeleiter, die ohne zusätzliche Befestigungsmaßnahmen ausgestattet ist, auf 8 m beschränkt. Somit erhält die Anlegeleiter in dieser Kategorie 4 Punkte. Prinzipiell wird ein Treppenturm als unflexibel eingestuft, da er im Vergleich zur Leiter eine lange Aufstelldauer und mehr Platz benötigt. Jedoch kann ein Treppenturm unter Kraneinsatz als Ganzes versetzt werden, wodurch er ein kleines Maß an Flexibilität zurück gewinnt und mit 2 Punkten benotet wird. Die im Gerüst integrierte Aufstiegsmöglichkeit ist, wie der Name schon sagt, in das Gerüst integriert und ist somit an den Standort des Gerüsts gebunden, weshalb es in Bezug auf Flexibilität mit 1 Punkt bewertet wird.

7.2.2.4 Kosten¹⁸⁵

Ein weiterer wichtiger Punkt für die Befragten waren die Kosten der Aufstiegsmethoden. Dieses Kriterium deckte 9,76 %.

Da die drei Aufstiegsmethoden unterschiedliche Lebensdauern aufweisen, bezieht sich der Kostenpunkt auf die jährlich anfallenden Kosten, die sich aus den Austauschkosten und Instandhaltungskosten, wie in Abbildung 164 erkenntlich, zusammensetzen. Die Datengrundlage dieser Kosten ist die Onlineumfrage, die in Kapitel 5.2 ausgewertet wurde.

¹⁸⁵ An dieser Stelle sei erwähnt, dass es sich hierbei um absolute Zahlen handelt, die nicht in Abhängigkeit der Anzahl der Arbeitsmittel stehen.

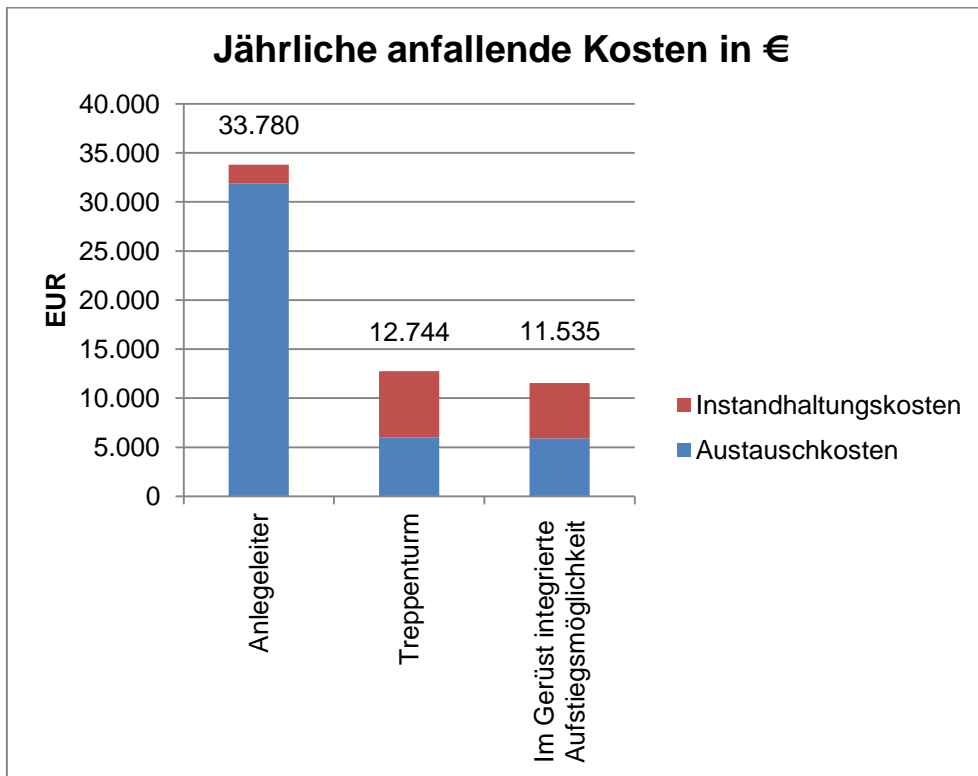


Abbildung 164: Jährlich anfallende Kosten in € je Aufstiegshilfe

Entsprechend der oben abgebildeten Grafik werden der Treppenturm und die im Gerüst integrierte Aufstiegsmöglichkeit mit je 5 Punkten und die Anlegeleiter mit 1 Punkt bewertet.

7.2.2.5 Einsatzdauer

Mit 6,43 % der Stimmen wurde die Einsatzdauer der Aufstiegsmöglichkeit als Entscheidungsgrundlage erfasst. Da dieses Kriterium aber sehr baustellenspezifisch ist, da auf manchen Baustellen eine lange und auf anderen eine kurze gewünscht ist, kann an dieser Stelle nicht gesagt werden, ob eine lange oder eine kurze Einsatzdauer besser ist. Deshalb wird dieses Kriterium für alle drei Aufstiegsmöglichkeiten mit 3 Punkten bewertet.

7.2.2.6 Auf- und Abstiegsgeschwindigkeit

Das letzte Kriterium, das von den Befragten genannt wurde, ist die Auf- und Abstiegsgeschwindigkeit, die mit 6,43 % gewichtet ist.

Da aus dem Versuchstag in Guntramsdorf (Vgl. Kapitel 6.3.2) hervorgeht, dass beim Treppenturm der Aufstieg um 27,10 % und der Abstieg um 50,35 % schneller und bei der im Gerüst integrierten Aufstiegsmöglichkeit beim Aufstieg um 20,09 % und beim Abstieg um 20,06 % langsamer als bei der Anlegeleiter ist, verteilen sich die Punkte wie folgt:

- Treppenturm: 5 Punkte
- Anlegeleiter: 3 Punkte
- Im Gerüst integrierte Aufstiegshilfe: 1 Punkt

7.2.2.7 Kapitalbindung

Da die Kapitalbindung, vor allem für Klein- und Mittelbetriebe, oftmals eine große Rolle spielt und zufolge der Onlineumfrage 60 % der Treppentürme und 53 % der im Gerüst integrierten Aufstiegsmöglichkeiten angemietet werden, wurde dieser Punkt als eines der erweiterten Kriterien deklariert. (Vgl. Kapitel 5.2.2) Weil es in Summe 5 erweiterte Kriterien gibt, werden diese zu gleichen Teilen mit 3,12 % gewichtet.

Grundsätzlich ist es üblich, Treppentürme und im Gerüst integrierte Aufstiegshilfen zu mieten, da sich dies bei der kurzen Lebensdauer und der geringen Anschaffungskosten der Leiter nicht rechnen würde. Deshalb werden der Treppenturm und die im Gerüst integrierte Aufstiegsmöglichkeit mit jeweils 5 Punkten und der Treppenturm auf Grund der relativ niedrigen Anschaffungskosten mit 3 Punkten gewichtet.

7.2.2.8 Lebensdauer

Als weiteres Kriterium wurde die Lebensdauer der Aufstiegsmöglichkeit bestimmt und mit 3,12 % gewichtet. Eine zu kurze Lebensdauer erweist sich auf manchen Baustellen als problematisch, sofern die benötigte Vorhaltezeit die Lebensdauer übersteigt.

Da der Treppenturm und die Anlegeleiter, laut Befragung, mit 69 und 70 Monaten eine nahezu idente Lebensdauer haben, erhalten beide 5 Punkte. Im Vergleich dazu weist die Anlegeleiter mit 14 Monaten ein sehr kurzes Bestehen auf, was dazu führt, dass sie mit 1 Punkt bewertet wird.

7.2.2.9 Montagezeit

Das nächste Kriterium für den Vergleich ist die Montagezeit der drei Aufstiegsmöglichkeiten, welches wiederum mit 3,12 % gewichtet wird.

Für die Benotung werden in diesem Fall die Befragungen (Vgl. Kapitel 5.2.5) und Messungen aus der Baustellenbeobachtung (Vgl. Kapitel 6.1.1) und des Lehrlingspraxistages (Vgl. Kapitel 6.3.1) zusammenfassend analysiert.

Zufolge der Befragung ergaben sich für die Aufstiegsmöglichkeiten die nachfolgenden Werte, wobei für die Anlegeleiter eine Ebene und für den Treppenturm und die im Gerüst integrierte Aufstiegsmöglichkeit zwei Ebenen angenommen werden.

- Anlegeleiter: 8 Minuten
- Treppenturm: 3 Stunden 40 Minuten
- Im Gerüst integrierte Aufstiegsmöglichkeit: 2 Stunden 16 Minuten

Aus der Baustellenbeobachtung ergab sich für den Aufbau eines Treppenturmes über zwei Ebenen eine Aufbauzeit von 1 Stunde und 41 Minuten, wobei hierbei zwei Arbeiter aktiv tätig waren.

Am Lehrlingspraxistag in Guntramsdorf hingegen benötigten 5 Lehrlinge für eine Ebene 21 Minuten und 17 Sekunden. Weiteres wurde an diesem Tag auch ein 3 m breites Gerüstfeld von 4 Lehrlingen aufgebaut, die dafür 13 Minuten benötigten. Dieser Aufbau kann für die im Gerüst integrierte Aufstiegsmöglichkeit herangezogen werden, da es vom zeitlichen Aufwand keinen Unterschied macht ob eine normale Belagstafel oder ein Belag mit Leiterngangtafel eingelegt wird.

Es zeigt sich, dass die Ergebnisse aus allen drei Werkzeugen sehr weit streuen, jedoch wird ersichtlich, dass die Montagezeit der Anlegeleiter wesentlich kürze als beim Treppenturm und der im Gerüst integrierten Aufstiegsmöglichkeit ist, weshalb die Anlegeleiter 5 Punkte und der Treppenturm und die im Gerüst integrierte Aufstiegsmöglichkeit 1 Punkt erhalten.

7.2.2.10 Wiederverwendbarkeit

Da nachhaltiges Denken in der heutigen Zeit immer wichtiger wird, ist auch die Wiederverwendbarkeit ein Kriterium, das nicht außer Acht gelassen werden kann und mit 3,12 % gewichtet wird.

Prinzipiell können alle drei Aufstiegsmöglichkeiten wieder verwendet werden, jedoch ist die Lebensdauer des Treppenturmes und der im Gerüst integrierten Aufstiegsmöglichkeit wesentlich höher. Außerdem werden Leitern nur selten repariert.

Somit wird die Anlegeleiter mit 3 und der Treppenturm und die im Gerüst integrierte Aufstiegshilfe mit 5 Punkten benotet.

7.2.2.11 Produktivitätsverluste

Da für den Aufstieg über die verschiedenen Aufstiegshilfen unterschiedliche Bewegungen nötig sind, ist dies auch mit unterschiedlichen Anstrengungen verbunden. Während einer Anstrengung ermüdet der Mensch, was wiederum dazu führt, dass die Effizienz seiner Arbeit nachlässt. Auch dieses Kriterium wird wieder mit 3,12 % gewichtet.

In Kapitel 6.3.2.3 wurden neben den Auf- und Abstiegsdauern ebenso die Pulswerte der Probanden erfasst und ausgewertet.

Knapp 42 % der Anstrengungen sind auf die Leiter, 28,38 % auf die im Gerüst integrierte Aufstiegsmöglichkeit, 10,84 % auf den Treppenturm und 18,98 % auf Sonstiges zurückzuführen. Somit wird der Treppenturm für dieses Kriterium mit 5 Punkten bewertet. Im Vergleich dazu erhält die im Gerüst integrierte Aufstiegsmöglichkeit 3 Punkte und die Anlegeleiter einen Punkt.

7.2.3 Schritt 4 und 5: Einzelbewertungszahl und Nutzwert berechnen

Durch Multiplikation der prozentuellen Gewichtung mit der Punktezahl je Aufstiegsmöglichkeit ergeben sich Punkte je Teilkriterium, die durch Addition wiederum die Gesamtpunktezahl je Aufstiegshilfe ergeben.

In Tabelle 32 sind die Ergebnisse dieser Vorgänge ersichtlich.

Nutzwertanalyse									
		Gewichtung		Verfahren / Systeme					
		Gesamt	Einzel	Anlegeleiter		Treppenturm		Im Gerüst int. Aufstiegsmögl.	
		[%]	[%]	Punkte	Gesamt	Punkte	Gesamt	Punkte	Gesamt
Bauwirtsch. Kriterien	Kosten	19,22	50,76	1	0,10	5	0,49	5	0,49
	Auf- u. Abstiegs-geschw.		32,99	2	0,13	5	0,32	1	0,06
	Kapitalbindung		16,25	3	0,09	5	0,16	5	0,16
Punkteanzahl - Teilkriterium			100		0,32		0,96		0,71
Baubetrieb. Kriterien	Flexibilität	30,73	38,10	4	0,47	2	0,23	1	0,12
	Einsatzdauer		20,64	3	0,19	3	0,19	3	0,19
	Platzbedarf		41,26	5	0,63	1	0,13	3	0,38
Punkteanzahl - Teilkriterium			100		1,29		0,55		0,69
Sicherheits-technische Kriterien	Sicherheit	40,68	92,32	1	0,38	5	1,88	5	1,88
	Produktivitätsverluste		7,68	1	0,03	5	0,16	3	0,09
Punkteanzahl - Teilkriterium			100		0,41		2,03		1,97
Technische Kriterien	Montagezeit	3,12	100	5	0,16	1	0,03	1	0,03
Punkteanzahl - Teilkriterium			100		0,16		0,03		0,03
Umwelt- u. Umfeldspez. Kriterien	Lebensdauer	6,25	50	1	0,03	5	0,16	5	0,16
	Wiederverwendbarkeit		50	3	0,09	5	0,16	5	0,16
Punkteanzahl - Teilkriterium			100		0,12		0,31		0,31
		100							
Endpunktezahl					2,30		3,89		3,71
Entscheidung					3		1		2

Tabelle 32: Nutzwertanalyse der Aufstiegsmöglichkeiten

7.2.4 Schritt 6: Rangfolge

Zufolge Tabelle 32 ergibt sich die höchste Punkteanzahl mit 3,89 für den Treppenturm, wodurch die Entscheidung zufolge der Nutzwertanalyse auf ihn fällt. Mit 3,71 ist die im Gerüst integrierte Aufstiegsmöglichkeit die zweite und die Anlegeleiter mit 2,30 die dritte Wahl.

7.3 Conclusio aus der Bewertung der Aufstiegsmöglichkeiten

Durch die Entwicklung und Anwendung der Formel zur Berechnung der kritischen Auf- und Abstiegszahl, wurde ein Instrument geschaffen, das Montagezeiten, Auf- und Abstiegszeiten sowie Anschaffungs- und Mietkosten berücksichtigt.

Basierend auf einem angenommenen Mittelohnpreis von 35 €/Std, konnten Auf- und Abstiegszahlen von fünf verschiedenen Varianten errechnet werden. Tabelle 33 zeigt die Auf- und Abstiegszahlen, die nötig sind, damit ein Treppenturm günstiger als eine Anlegeleiter oder eine im Gerüst integrierte Aufstiegshilfe ist.

	Tägliche Auf- und Abstiegszahl
Variante 1	66
Variante 2	48
Variante 3	48
Variante 4	36
Variante 5	36
Mittelwert	47

Tabelle 33: Tägliche Auf- und Abstiegszahl bei einem MLP von 35 €/Std

Weiters wurde durch Variation des Mittelohnpreises gezeigt, dass die tägliche Auf- und Abstiegszahl um 39 % steigt, sobald sich der Mittelohnpreis um 10 € verringert wohingegen eine Steigerung um 10 € eine durchschnittliche Abminderung von 22 % der Auf- und Abstiegszahlen bewirkt.

Durch Erweiterung der entwickelten Formel durch einen Ansatz zur Berechnung der täglichen Unfallfolgekosten, wurde dieser Faktor ebenso beachtet. Infolgedessen wurde klar, dass unter Einbeziehung der Unfallkosten, die Anzahl der Auf- und Abstiege um knapp 30 % reduziert werden kann und der Treppenturm noch immer die günstigste Aufstiegsvariante ist.

Die zweite Art der Bewertung erfolgte über die sogenannte Nutzwertanalyse, die insgesamt 11 Kriterien, wobei die wichtigsten Sicherheit, Platzbedarf, Fle-

xibilität und Kosten sind, beinhaltete. Die Kriterien stammen zum Großteil aus den Ergebnissen der Befragung¹⁸⁶ und wurden auch danach gewichtet.

Ergebnis dieser Analyse war, dass der Treppenturm den größten Nutzwert aufweist. An zweiter Stelle war die im Gerüst integrierte Aufstiegshilfe, während die Anlegeleiter die wenigsten Punkte erreichte.

¹⁸⁶ Vgl. Kapitel 5.2 Ergebnisse der Befragung.

8 Zusammenfassung und Ausblick

8.1 Zusammenfassung

Im Zuge dieser Arbeit wurde ein differenzierter Wirtschaftlichkeitsvergleich von vertikalen Aufstiegshilfen im Hochbau durchgeführt. Das Augenmerk lag dabei auf Treppentürme und in das Gerüst integrierte Aufstiegshilfen der Firma PERI. Diese wurden, der auf Baustellen meistverwendeten Aufstiegsmöglichkeit, den Anlegeleitern, gegenübergestellt. Der Schwerpunkt des Vergleichs wurde auf die Themenbereiche Sicherheit, Kosten, Zeit, Belastung und Beanspruchung sowie Einsatzhäufigkeiten der Aufstiegshilfen gelegt.

Dazu wurden einführend Grundlagen und Sicherheitsanforderungen der vertikalen Verkehrsmittel untersucht und die wesentlichen Punkte zusammenfassend dargestellt. Weiters wurden betriebswirtschaftliche Methoden für Verfahrensvergleiche vorgestellt, um die nachfolgende Wahl der Aufstiegsmöglichkeit abbilden zu können. Ergänzend wurden medizinische und physiologische Grundlagen sowie Inhalte, die zur Datenerhebung erforderlich waren, erhoben.

Anhand der Analyse der Unfallstatistiken der AUVA aus den Jahren 2010 bis 2012 wurde gezeigt, dass mehr als die Hälfte der Arbeitsunfälle, auf den drei zu untersuchenden Aufstiegshilfen, in Zusammenhang mit der Leiter stehen. Jedoch mit der Einschränkung, dass es sich hierbei um absolute Zahlen, die nicht von der Einsatzhäufigkeit abhängen, handelt. Ganz deutlich zeigt diese Auswertung aber, dass bei Unfällen nicht nur Unannehmlichkeiten für den Verletzten, sondern auch erhebliche Kosten für die Betriebe und die Öffentlichkeit verursacht werden.

Ergänzendes Praxiswissen konnte durch die Befragungen mit 50 Personen (23 Bauleiter und 13 Poliere) eingebracht werden. Diese Erhebung diente vor allem zur Erfassung von Kosten, der Nutzungs-, Montage- und Einsatzdauern sowie der persönlichen Meinung.

Es wurde festgestellt, dass Sicherheit, Platzbedarf, Flexibilität und Kosten die wichtigsten Auswahlkriterien einer Aufstiegsmöglichkeit sind. Ferner konnten von den Probanden wesentlich mehr Vor- als Nachteile in Bezug auf den Treppenturm aufgezählt werden.

Im Speziellen wurden Sicherheit, Erweiterbarkeit, gute Transportmöglichkeit, Umsetzungsmöglichkeit, Möglichkeit des Gegenverkehrs, Standfestigkeit, einfache Systembauweise und die Auf- und Abstiegsgeschwindigkeit genannt.

Als Nachteile wurden Kosten, Platzbedarf, Höhendifferenz zum Gebäude, aufwendiger Auf- und Abbau und Unflexibilität genannt. Im Zuge dieser Arbeit wurde jedoch bewiesen, dass ab einer gewissen Aufstiegszahl, kein kosten-spezifischer Nachteil des Treppenturmes gegenüber der Anlegeleiter oder der im Gerüst integrierten Aufstiegsmöglichkeit mehr bemerkbar ist. Weiters wurde im Rahmen der beobachteten Montagen des Treppenturmes erkenntlich, dass dieser durch eine einfache Systembauweise realisierbar ist. Ferner wurde

durch den Vergleich der Ergebnisse der Befragung und der gemessenen Aufbauzeiten ersichtlich, dass die tatsächliche Montagezeit wesentlich kürzer ist, als geschätzt. Somit wurde erfasst, dass der Aufbau nicht so aufwendig ist, wie er von den Probanden erachtet wurde. Desweiteren wurde im Zuge der Analyse der Produkte klar, dass Höhenanpassungen an Öffnungen von Gebäuden durch außen angehängte Konsolen mit kurzen Treppenläufen von 1,50 m Länge und Höhen von 50 oder 100 cm umsetzbar sind. Darüber hinaus sind Platzbedarf und Unflexibilität durch die Variationen des Treppenturmes hinsichtlich seiner Abmessungen, sowie der Möglichkeit eines Versetztes des gesamten Aufbaues mittels Kraneinsatz, nichtig.

Der spezielle Praxisbezug und die Offenheit der interviewten Personen zeigt sich auch dadurch, dass als Ergebnis zur Frage der Transportmöglichkeiten keine Unterschiede bei den Aufstiegshilfen aufzeigt wurden. Es wurde jedoch vielfach hinzugefügt, dass dies auf das Ignorieren der Sicherheitsvorschriften zurückgeht.

In Verbindung mit dieser Aussage konnte ausgewertet werden, dass 75 % der Befragten angaben, dass auf Anlegeleitern vermehrt Unfälle passieren, wohingegen 33 % bekanntgaben, dass auf Treppentürmen nie Unfälle passieren.

Aus gesamtwirtschaftlicher Sicht ist zudem zu erwähnen, dass der Großteil der Befragten berichtete, dass Leitern grundsätzlich nicht repariert werden, sondern ein Wegwerfprodukt darstellen.

Die empirische Datenermittlung ergänzt die Literaturrecherche und die Expertenbefragung. Hierfür wurden mehrere Baustellenbeobachtungen durchgeführt, die zum einen zur Messung der Montagezeiten der Aufstiegshilfen dienen als auch zur Erfassung der Auf- und Abstiegshäufigkeiten auf Baustellen im Hochbau. Hier wurden drei verschiedene Baustellen analysiert, deren Mittelwert von sechs Auf- und Abstiegen pro Person pro Tag als Richtwert für die weitere Berechnung diene. Die Ergebnisse der Empirie wurden mit denen der Befragung verglichen und eine Plausibilitätskontrolle durchgeführt.

Da es nahezu unmöglich ist, vergleichbare Auf- und Abstiegszeiten auf den Baustellen zu erfassen, zumal jedes Bauvorhaben ein Unikat ist und kaum ein Verkehrsweg dem anderen gleicht, wurde hierfür ein Versuchsaufbau zur Simulation der vertikalen Verkehrswege konzipiert und durchgeführt. Als Pre-Test des Versuchsaufbaus fungiert hier ein Lehrlingspraxistag, an dem die ersten Daten zu den Aufstiegszeiten erfasst wurden und die jeweiligen Besonderheiten erkannt werden konnten.

Die Auswertung der einzelnen Simulationsergebnisse zeigt, dass der Aufstieg über den Treppenturm knapp 30 % schneller, als über die Anlegeleiter durchführbar ist während die der Abstiegsdauer um die Hälfte reduziert werden kann. Durch eine ergänzende Pulsmessung während der Simulation, konnte in Verbindung mit leistungsphysiologischen Kenntnissen eine Aussage über die Beanspruchung durch die jeweiligen Aufstiegshilfen erfolgen. Es zeigt sich, dass die meiste Belastungen auf die Leiter zurückgeführt werden konnten.

Weiters konnte beobachtet werden, dass der Aufstieg über eine im Gerüst integrierte Aufstiegshilfe schneller als über eine Leiter erfolgen kann, sofern die Leiterngangtafel nicht heruntergeklappt werden muss. Dies ist auf das erhöhte Sicherheitsgefühl bei der im Gerüst integrierten Aufstiegshilfe zurückzuführen.

Zudem wurde im Rahmen der Simulation ersichtlich, dass die größte zeitliche Ersparnis bei der Aufstiegszeit über den Treppenturm im Vergleich zur Anlegeleiter bei Szenarien mit Gegenverkehr oder mindestens zwei Versuchsteilnehmer zurückzuführen ist. Da auch auf Baustellen oftmals mehr als eine Person gleichzeitig die Aufstiegshilfen nutzen, zeigt sich auch hier ein klarer Vorteil für den Treppenturm.

Das Ergebnis der Arbeit stellt die Zusammenführung dieser Einzelbetrachtungen, im Rahmen eines Verfahrensvergleichs, dar. Die gesammelten Erkenntnisse wurden für die Berechnung der kritischen Auf- und Abstiegszahl, die auf der Bewertungsmethode der kritischen Leistungsmenge basiert, herangezogen. Zuzufolge der Berechnungen ist der Treppenturm ab einer gewissen täglichen Auf- und Abstieghäufigkeit, die in Tabelle 34 dargestellt ist, die günstigste der drei Aufstiegshilfen. Die Berechnungen wurden basierend auf einem Mittelohnpreis von 35 €/Std durchgeführt.

	Höhe [m]	Tägliche Auf- und Ab- stiegszahl
Variante 1	2,40	66
Variante 2	2,40	48
Variante 3	4,40	48
Variante 4	4,40	36
Variante 5	4,40	36

Tabelle 34: Tägliche Auf- und Abstiegszahl je Variante

Im Mittel über die fünf Varianten ergibt sich, dass der Treppenturm die günstigere Variante bei durchschnittlich 47 Auf- und Abstiegen auf der Baustelle ist.

Besonders zu beachten ist die Variante 5, die die prozentuelle Verteilung von Eigentum und Miete der Befragung berücksichtigt und somit die realitätsnaheste Variante ist. Hier zeigt sich, dass der Treppenturm bereits bei 36 Auf- und Abstiegen, also einer Baustelle mit zumindest 6 Personen (Bei täglich 6 Auf- und Abstiege pro Person), die günstigste Aufstiegshilfe darstellt.

Im Rahmen einer Sensitivitätsanalyse wurde geprüft inwiefern sich die erforderlichen Auf- und Abstiegszahlen verändern müssen, wenn der Mittelohnpreis variiert, damit der Treppenturm nach wie vor die günstigste Aufstiegshilfe ist. Es wurde festgestellt, dass die tägliche Auf- und Abstiegszahl um 39 % steigt, wenn der Mittelohnpreis um 10 € verringert wird, wohingegen eine Steigerung des Mittellohns um selbigen Betrag die durchschnittlichen Auf- und Abstiege um 22 % mindert.

Da bereits zu Beginn dieser Arbeit erkannt wurde, dass Unfälle und die damit verbundenen Kosten ein wesentlicher wirtschaftlicher Faktor sind, wurde die Formel der kritischen Leistungsmenge dahingehend angepasst.

Die Berechnung der kritischen Auf- und Abstiegszahl wurde dann für die Variante 1, bei der sowohl Anlegeleiter als auch Treppenturm und im Gerüst integrierte Aufstiegsmöglichkeit angekauft wurden, während eine Aufstiegshöhe von ca. 2,40 m zu überwinden war, neu durchgeführt.

Im Vergleich seien die errechneten Auf- und Abstiegszahlen, die nötig sind, damit der Treppenturm zur günstigeren Aufstiegshilfe wird, mit und ohne Berücksichtigung der Unfallkosten in Tabelle 35 dargestellt.

Auf- Abstiegszahlen ohne Unfallkosten	Auf- Abstiegszahlen mit Unfallkosten
66	48

Tabelle 35: Benötigte Auf- und Abstiegszahlen, damit der Treppenturm am günstigsten ist (Variante 1)

Es wird deutlich, dass die benötigte Auf- und Abstiegszahl - unter Einbeziehung der Unfallkosten - um 30 % gesenkt werden kann.

Vergleicht man die ermittelten Auf- und Abstiegszahlen, die zur Wahl des Treppenturmes als günstigste Aufstiegshilfe führten, mit der Entscheidungsmatrix nach EGG, die im Jahr 2013 veröffentlicht wurde, wird ersichtlich, dass die Zahlen dieser Arbeit zwar doppelt so hoch sind, jedoch im Gegenzug zur Studie nicht von der Anzahl der Tage abhängen. .

Die erste Frage seiner Auswahlmatrix bezieht sich auf die Anzahl der Auf- und Abstiege, wobei ab 50 Bewegungen ein Aufzug, eine Treppe oder ein Treppenturm eingesetzt werden sollen. Stellt man dies der durchschnittlichen berechneten kritischen Auf- und Abstiegszahl von 47 gegenüber, die wiederum 94 Bewegungen entspricht, wird deutlich, dass der errechnete Wert dieser Arbeit fast doppelt so hoch ist. Berücksichtigt man jedoch die Unfallkosten, verringert sich dieser Wert um 30% auf gut 65 Bewegungen, wodurch die Ergebnisse nahe beieinander liegen.

Als zweites Bewertungsinstrument wurde die Nutzwertanalyse, die die drei Aufstiegsmöglichkeiten gegenüberstellt, durchgeführt. Die Kriterien, die im Zuge dessen berücksichtigt wurden, wurden anhand der Ergebnisse der Befragung eruiert und gewichtet, wie in Tabelle 36 dargestellt.

Nr.	Kriterium	Gewichtung
1	Sicherheit	37,56 %
2	Platzbedarf	12,68 %
3	Flexibilität	11,71 %
4	Kosten	9,76 %
5	Einsatzdauer	6,34 %
6	Auf- und Abstiegs geschwindigkeit	6,34 %
7	Kapitalbindung	3,12 %
8	Lebensdauer	3,12 %
9	Montagezeit	3,12 %
10	Wiederverwendung	3,12 %
11	Produktivitätsverluste	3,12 %

Tabelle 36: Kriterien der Nutzwertanalyse

Die Bewertung basierte auf den österreichischen Unfallstatistiken, der Befragung sowie der Beobachtung und ergab eine Gesamtpunkteanzahl der Aufstiegshilfen, wie in Tabelle 37.

Aufstiegshilfe	Punkteanzahl	Rangfolge
Leiter	2,30	3
Treppenturm	3,89	1
Im Gerüst integrierte Aufstiegshilfe	3,71	2

Tabelle 37: Bewertungsergebnis anhand der Nutzwertanalyse

Es wird deutlich, dass der Treppenturm, unter Berücksichtigung der ausgewählten 11 Kriterien, wesentlich wirtschaftlicher als die Anlegeleiter ist. Auch gegenüber der im Gerüst integrierten Aufstiegshilfe hat er einen kleinen Punktevorsprung.

Somit kann zusammenfassend gesagt werden, dass der Treppenturm ab einer gewissen Auf- und Abstiegszahl in finanzieller Hinsicht die günstigste Alternative ist, jedoch auch ohne Berücksichtigung der Auf- und Abstiegs häufigkeiten, in einer ganzheitlichen Betrachtung die wirtschaftlichste Aufstiegsmöglichkeit ist.

8.2 Ausblick

Wie diese Arbeit zeigt, sind in den Jahren 2010 bis 2012 67 tödliche Arbeitsunfälle im Bauwesen passiert. Dies ist ein Wert, der für die österreichische Bauwirtschaft nicht vertretbar ist, wodurch ein übergeordnetes Ziel die Erhöhung der Sicherheit auf Baustellen ist.

Durch die Auswertung der Unfallstatistiken wird ersichtlich, dass Leitern ein erhöhtes Risiko mit sich bringen, wodurch die Verwendung der selbigen auf Baustellen in Zukunft minimiert werden soll. Da im Zuge der Recherche dieser Arbeit kenntlich wurde, dass es derzeit keine gesetzliche Vorschrift gibt, die den Transport von Materialien auf Leitern verbietet, jedoch klar ist, dass dadurch ein erhöhtes Unfallrisiko einher geht, sollte diesbezüglich eine Sicherheitsvorschrift, die dies verbietet, aufgestellt werden.

Im Rahmen dieser Arbeit wird gezeigt, dass trotz scheinbar geringen Anschaffungskosten einer Anlegeleiter, ein Treppenturm, vor allem ab einer gewissen Baustellengröße (und hier im speziellen die Anzahl der Bauarbeiter, die eine Aufstiegshilfe nutzen) und damit verbunden Auf- und Abstiegshäufigkeiten, die wirtschaftlichere Variante zur Höhenüberwindung auf Baustellen ist. Dieses Erkenntnis soll an österreichische Baufirmen transferiert werden, damit diese den Einsatz von Treppentürmen im Gegenzug zu Anlegeleitern präferieren, um in gleicher Instanz die Unfallzahlen zu reduzieren.

Vor allem Firmen, die Treppentürme produzieren, sollten dessen Vorteile, die im Zuge der Diplomarbeit bewiesen wurden, in ihre Broschüren aufnehmen, um ihn attraktiver für Baufirmen zu machen. Außerdem hat der Lehrlingspraxistag gezeigt, dass es durchaus positiv ist, die Lehrlinge frühzeitig mit Treppentürmen vertraut zu machen, damit sie in der Praxis keine Probleme beim Aufbau der selbigen haben und die Scheu vor dem scheinbar aufwendigen Arbeitsmittel vertrieben wird.

Weiters besteht das Potential zur Erstellung eines Programmes, basierend auf der Formel zur Berechnung der kritischen Auf- und Abstiegzahl, das von Personen aus allen Bereichen der Bauwirtschaft angewendet werden kann, um die wirtschaftlichste Aufstiegsmethode für die Baustelle zu wählen. Durch Ändern der Parameter der Produkte der Firma PERI, durch die von anderen Produkten oder gar andere Firmen, kann diese Formel in der ganzen Bauwirtschaft angewendet werden.

Ergänzend besteht die Möglichkeit die Formel durch weitere Kriterien auszubauen und die Genauigkeit durch weitere Versuchsaufbauten und Baustellenbeobachtungen zu verschärfen.

Ferner zeigte diese ganzheitliche Betrachtung der drei Aufstiegsmethoden, dass der erste Kosteneindruck oft der falsche ist, weshalb diese Analyse in weiterer Folge auch auf andere Aufstiegshilfen wie Bauaufzüge oder Ähnliches durchgeführt werden sollte.

In Zukunft sollten die Ergebnisse dieser Arbeit verbreitet werden, damit der Einsatz von Treppentürmen auf österreichischen Baustellen gesteigert werden kann und die Unfallzahlen somit minimiert werden.

9 Anhang

Der gesamte Anhang liegt in digitaler Form der Arbeit bei. Auf dem Datenträger befinden sich die nachfolgend dargestellten Inhalte:

A2 – Definitionen und Grundlagen

- Peri Broschüren
 - Peri GmbH: PERI UP Rosett Flex Gerüsttreppe 75 mit Belag UDI. Aufbau- und Verwendungsanleitung für die Regelausführung. Broschüre. Weißenhorn. Peri GmbH, 2011.
 - PERI GmbH: PERI UP - Zugangstechnik für Bauarbeiten und öffentliche Bereiche. Broschüre. Weißenhorn. PERI GmbH, 2010.
 - PERI GmbH: PERI UP T72. Arbeits- und Schutzgerüst mit vorlaufendem Geländer und Belag UDS. Aufbau und Verwendungsanleitung für die Regelausführung. Broschüre. Weißenhorn. PERI GmbH, 2011.
- Allgemeine Unfallversicherungsanstalt: Sicherheit Kompakt. Tragbare Leitern M023. Sicherheitsinformation der Allgemeinen Unfallversicherungsanstalt. Wien. Allgemeine Unfallversicherungsanstalt, o.J
- Fachausschuss Bauwesen der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung: Handlungsanleitung für den Umgang mit Arbeits- und Schutzgerüsten. In: Sammelwerk der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung, 07/2010.

A4 – Österreichische Unfallstatistiken

- PDF-File: Angefertigte Statistik der BUAK: Anzahl Arbeitnehmer 2010-2012
- Excel-Datei: Angefertigte Statistik der AUVA : Anzahl der Unfälle 2010-2012
- Excel-Datei: Angefertigte Statistik der AUVA : Unfallfolgekosten 2011
- Excel-Datei: Auswertung der Statistiken

A5 – Befragung

- Antworten
 - Beantwortungen der Umfrage an Baufirmen
 - Word-Dokumente
 - Beantwortung des Polier-Bauleiter Fragebogen
 - PDF-Files

- Beantwortung Polier - Bauleiter Interviewleitfaden
 - PDF-Files
- Auswertung
 - Excel-Datei: Einzelauswertung des Fragebogens an Polier oder Bauleiter
 - Excel-Datei: Einzelauswertung des Interviewleitfadens für Polier oder Bauleiter
 - Excel-Datei: Einzelauswertung der Onlineumfrage
 - Excel-Datei: Gesamtauswertung
- Vorlagen
 - Word-Dokument: Fragebogen an Baufirmen oder Onlineumfrage
 - Word-Dokument: Fragebogen an Polier oder Bauleiter
 - Word-Dokument: Interviewleitfaden an Polier oder Bauleiter

A6 – Beobachtung

- Baustellenbeobachtung
 - Baustellebeobachtung Einfamilienhaus Wien
 - Excel-Dateien: Datenerhebungsblätter
 - Excel-Datei: Auswertung Einfamilienhaus Wien
 - Fotos EFH Wien
 - Lippitz, J.: Baustellenbeobachtung - Einsatz von Treppentürmen im Hochbau. Bachelorarbeit. Graz. Technische Universität Graz, 2013.
 - Baustellbeobachtung Styria Media Center Graz
 - Excel-Dateien: Datenerhebungsblätter
 - Excel-Datei: Auswertung Styria Media Center Graz
 - Baustellenbeobachtung Einkaufszentrum Wachau
 - Fotos EKZ Wachau
 - Excel Datei: Auswertung Einkaufszentrum Wachau
 - Grimming, M.: Baustellenbeobachtung - Datenerhebung: Benützung von Treppentürmen im Hochbau. Bachelorarbeit. Graz. Technische Universität Graz, 2013.

- Treppenturmaufbau Einkaufszentrum Wachau
 - Fotos Treppenturmaufbau EKZ Wachau
 - Word-Dokument: Daten zum Aufbau des Treppenturmes EKZ Wachau
- Excel-Datei: Vorlage Datenerhebungsblatt
- Lehrlingspraxistag
 - Fotos des Lehrlingspraxistages
 - Excel-Datei: Daten Lehrlingspraxistag
- Versuchstag
 - Fotos des Versuchstages
 - Herzfrequenzmessung
 - Excel-Dateien: Gemessene Herzfrequenz je Pulsmessuhr
 - Excel-Datei: Angabe der brauchbaren Messzeiten
 - Excel-Datei: Berechnung des HF_{LTP1} der Teilnehmer
 - Excel-Datei: Gesamtauswertung der Belastung
 - Excel-Datei: Auswertung des Versuchstages in Guntramsdorf

A7 – Bewertung der Aufstiegsmöglichkeiten

- Kritische Auf- und Abstiegszahl
 - Berechnung
 - Excel-Dateien: Berechnung der kritischen Auf- und Abstiegszahl je Variante
 - Erweiterte Formel inklusive Unfallfolgekosten
 - Excel-Dateien: Berechnung der kritischen Auf- und Abstiegszahl unter Berücksichtigung der Unfallfolgekosten für Variante 1
 - Kosten der Firma PERI
 - PDF-File: Preis für Arbeitsschutzgerüst mit integrierter Aufstiegsmöglichkeit
 - PDF-File: Preis für einen gegenläufigen Treppenturm

- Sensitivitätsanalyse Mittellohnpreis
 - Excel-Datei: K3-Blatt zur Berechnung des Mittellohnpreises
 - Excel-Dateien: Berechnung der kritischen Auf- und Abstiegszahl bei variierenden Mittellohnpreisen
 - Kropnik, A.: Mittellohnpreis Kalkulation. Übungs- und Schulungsheft. Broschüre . Wien. Wirtschaftskammer Österreich - Geschäftsstelle Bau, 2012.
- Nutzwertanalyse
 - Excel-Datei: Nutzwertanalyse der Aufstiegsmöglichkeiten
- Powerpoint-Datei: Entscheidungsmatrix nach EGG

Literaturverzeichnis

<http://www.duden.de/rechtschreibung/Treppenturm>. Datum des Zugriffs: 10.Juli.2013, 14:42 Uhr.

<http://www.treppen.info/treppen/treppen-wissen/definition/>. Datum des Zugriffs: 23.August.2013, 16:53 Uhr.

<http://www.duden.de/rechtschreibung/Treppenhaus>. Datum des Zugriffs: 23.August.2013, 16:44 Uhr.

http://www.arbeitsinspektion.gv.at/AI/Maschinen/Sonstige/sonst_040.htm. Datum des Zugriffs: 14.August.2013, 17:50 Uhr.

<http://www.wirtschaftslexikon24.com/d/wirtschaftlichkeit/wirtschaftlichkeit.htm>. Datum des Zugriffs: 26.Juli.2013, 13:14 Uhr.

https://www.gesundheit.gv.at/Portal.Node/ghp/public/content/Muskeln_Energie.html. Datum des Zugriffs: 26.Juli.2013, 15:10 Uhr.

<http://www.arbeitsinspektion.gv.at/amvo/amvo.htm#n36>. Datum des Zugriffs: 06.November.2013, 09:48 Uhr.

http://www.auva.at/mediaDB/788221_Unfallstatistik%20Bauwesen.pdf. Datum des Zugriffs: 18.August.2013, 12:47 Uhr.

http://www.arbeitsinspektion.gv.at/NR/rdonlyres/1022C4C8-4C99-4EB6-971B-D72CC043A1F3/0/Arbeitsunfaelle_Leitern.pdf. Datum des Zugriffs: 18.August.2013, 18:45 Uhr.

http://www.bauforumplus.eu/fileadmin/user_upload/BG_BAU/AplKoll_2012/Vortraege/Kosten_Unfaelle_Koerpert.pdf. Datum des Zugriffs: 19.August.2013, 16:51 Uhr.

http://www.suva.ch/nimms_leicht_wichtige_fragen_antworten.pdf. Datum des Zugriffs: 20.November.2013, 07:30.

ABDELHAMID, T.; EVERETT, J.: Physiological Demands of Concrete Slab Placing and Finishing Work. In: Journal of Engineering and Management Jg. 125, 1999.

AHRENS, H.; BASTIAN, K.; MUCHOWSKI, L.: Handbuch Projektsteuerung - Baumanagement. Stuttgart. Fraunhofer IRB Verlag, 2004.

ALLGEMEINE UNFALLVERSICHERUNGSANSTALT: Sicherheit Kompakt. Tragbare Leitern M023. Sicherheitsinformation der All-gemeinen Unfallversicherungsanstalt. Wien. Allgemeine Unfallversicherungsanstalt, o.J..

BAUER, U.: Ezyklopädie BWL. Lehrveranstaltungsskriptum. Graz. Institut für Betriebswirtschaftslehre und Betriebssoziologie. Technische Universität Graz, 2001/02.

BRAMSEMANN, R.: Handbuch Controlling - Methoden und Techniken. München Wien. Carl Hanser Verlag, 1987.

BRECHELER, W.; FRIEDRICH, J.: Baubetriebslehre - Kosten- und Leistungsrechnung - Bauverfahren. Braunschweig/Wiesbaden. Verlag Vieweg, 1998.

BUCHMAYER, E.: Baustellenbeobachtung. Erhebung der Auf- und Abstiegsszahlen im Hochbau. Bachelorarbeit. Graz. Technische Universität Graz, 2013.

DR.DR.H.C.SELLIEN, R.; DR. SELLIEN, H.: Dr. Gablers Wirtschafts-Lexikon. Zweiter Band: L-Z. 7. Auflage. Wiesbaden. Betriebswirtschaftlicher Verlag Dr. Th. Gabler, 1967.

FACHAUSSCHUSS BAUWESEN DER DEUTSCHEN GESETZLICHEN UNFALLVERSICHERUNG: Handlungsanleitung für den Umgang mit Arbeits- und Schutzgerüsten. In: Sammelwerk der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung, 07/2010.

FACHVERBAND DER BAUINDUSTRIE DER WIRTSCHAFTSKAMMER ÖSTERREICH UNTER MITWIRKUNG ZAHLREICHER FACHLEUTE DER BAUINDUSTRIE: U.2 Gerüste. In: Österreichische Baugeräteliste 2009. Technisch-wirtschaftliche Baumaschinendaten. Hrsg.: BAUINDUSTRIE, F. d.: Gütersloh. Bauverlag BV GmbH, 2009.

FACHVERBAND DER BAUINDUSTRIE DER WIRTSCHAFTSKAMMER ÖSTERREICH UNTER MITWIRKUNG ZAHLREICHER FACHLEUTE DER BAUINDUSTRIE: U.1 Stützen und Rüstungen. In: Österreichische Baugeräteliste 2009. Technisch-wirtschaftliche Baumaschinendaten. Hrsg.: BAUINDUSTRIE, F. d.: Gütersloh. Bauverlag BV GmbH, 2009.

GABLER, T.: Dr. Gablers Wirtschafts-Lexikon. Erster Band. 7. Auflage. Wiesbaden. Verlag Dr. Th. Gabler, 1967.

GRIMMING, M.: Baustellenbeobachtung - Datenerhebung: Benützung von Treppentürmen im Hochbau. Bachelorarbeit. Graz. Technische Universität Graz, 2013.

HECK, D.; LANG, W.: Baubetriebslehre VU (Master). Skriptum. Graz. Technische Universität Graz, 2011/12.

HOLLMANN, W.; STRÜDER, H. K.: Sportmedizin. Grundlagen für körperliche Aktivität, Training und Präventivmedizin. 5. Auflage. Stuttgart. Schattauer GmbH, 2009.

JODL, H. G.; J, O. W.: Handwörterbuch Bauwirtschaft. Interdisziplinäre Begriffswelt des Bauens. 3. Auflage. Wien. Austrian Standards plus GmbH, 2010.

JOSCHKE, H.: Praktisches Lehrbuch der Betriebswirtschaft. München. Verlag Moderne Industrie, 1970.

KROPNIK, A.: Mittellohnpreis Kalkulation. Übungs- und Schulungsheft. Broschüre. Wien. Wirtschaftskammer Österreich - Geschäftsstelle Bau, 2012.

- KUHMANN, A.: Introduction to safety science. New york. Springer Verlag, 1986.
- LANG, W.: Verfahrensvergleiche zur optimalen Auswahl von Bauverfahren. Grundlagen, Methodik und Anwendung. Diplomarbeit. Graz. Technische Universität Graz, 2008.
- LIPPITZ, J.: Baustellenbeobachtung - Einsatz von Treppentürmen im Hochbau. Bachelorarbeit. Graz. Technische Universität Graz, 2013.
- MÜLLER, E.: Occupational work capacity. In: Ergonomics. 5. Auflage. Hrsg.: 1962.
- NIEDERKOFER, W.: Das Konzept der individuellen Physical Working Capacity. Dissertation. Graz. Karl Franzens Universität Graz, 1997.
- ORGANIZATION, W. H.: Health Factors involved in Working under Conditions of Heat Stress. In: Technical Report Series, No. 412/1969.
- ORGANIZATION, W. H.: Health Factors involved in Working under Conditions of Heat Stress. In: Technical Report Series, No. 412/1969.
- ÖSTERREICHISCHES NORMUNGSINSTITUT: ÖNORM EN121-1:2011 - Leitern.Teil1: Benennungen, Bauarten, Funktionsmaße. ÖNORM. Wien. Austrian Standards plus GmbH, 2011.
- ÖSTERREICHISCHES NORMUNGSINSTITUT: ÖNORM B 4007:2008 - Gerüste - Allgemeines. Verwendung, Bauart und Belastung. ÖNORM. Wien. Austrian Standards plus GmbH, 2008.
- ÖSTERREICHISCHES NORMUNGSINSTITUT: ÖNORM EN 12159: 2013 - Bauaufzüge zur Personen- und Materialbeförderung mit senkrecht geführten Fahrkörben. ÖNORM. Wien. Austrian Standards plus GmbH, 2013.
- PERI GMBH: PERI UP Rosett Flex Gerüsttreppe 75 mit Belag UDI. Aufbau- und Verwendungsanleitung für die Regelausführung. Broschüre. Weißenhorn. Peri GmbH, 2011.
- PERI GMBH: PERI UP - Zugangstechnik für Bauarbeiten und öffentliche Bereiche. Broschüre. Weißenhorn. PERI GmbH, 2010.
- PERI GMBH: PERI UP T72. Arbeits- und Schutzgerüst mit vorlaufendem Geländer und Belag UDS. Aufbau und Verwendungsanleitung für die Regelausführung. Broschüre. Weißenhorn. PERI GmbH, 2011.
- PETRI, P.; STEINMAURER, R.: Bauunfälle. Haftung und Kosten vermeiden. Wien. Österreichischer Wirtschaftsverlag, 2003.
- POKAN, R.; HOFMANN, P.; WONISCH, M.: Dreiphasigkeit der Energiebereitstellung. In: Kompendium der Sportmedizin. Physiologie, innere Medizin und Pädiatrie. Hrsg.: Wien. Springer Wien New York, 2004.

- PROPOROWITZ, A.: Baubetrieb - Bauwirtschaft. München. Carl Hanser Verlag München, 2008.
- REFA, : Grundausbildung über das Arbeitsstudienwesen in der Wirtschaft. ÖKW-Veröffentlichung Nr. 50.
- REFA-VERBAND FÜR ARBEITSSTUDIEN UND BETRIEBS-ORGANISATION E.V.: Teil2: Datenermittlung. In: REFA in der Baupraxis. Hrsg.: Neu Isenburg. Zeittechnik-Verlag GmbH, 1984.
- REFA-VERBAND FÜR ARBEITSSTUDIEN UND BETRIEBSORGANISATION E.V.: REFA in der Baupraxis. Teil1: Grundlagen. Frankfurt/Main. Zeittechnik-Verlag GmbH, 1984.
- SCHEIFELE, D.: Bauprojekttablauf. Grundlagen und Modelle für eine effiziente Ablaufplanung im Bauwesen. Köln. Verlag TÜV Rheinland, 1991.
- SCHLAGBAUER, D.: Entscheidungsgrundlagen für Arbeitszeitgestaltung. Entwicklung einer Systematik zur Vorhersage des Leistungsrückgangs auf Basis physiologischer Grundlagen und Darstellung der Anwendung im Mauerwerksbau. Dissertation. Graz. Technische Universität Graz, 2011.
- SCHLICK, C.; BRUDER, R.; LUCZAK, H.: Arbeitswissenschaft. 3. Auflage. Heidelberg Dordrecht London New York. Springer - Verlag Berlin Heidelberg, 2010.
- SCHMIDT, H.: Grundsätze baubetrieblicher Verfahrenswahl - dargestellt an Transportverfahren auf Großbaustellen. Wiesbaden/Berlin. Bauverlag GmbH, 1970.
- TESCHKE, F.: Differenzierter Vergleich von Bauverfahren unter Berücksichtigung stochastischer Einflussgrößen - dargestellt am Vergleich von Winterbauverfahren;. Dissertation. Braunschweig. 1977.
- WÖHE, G.: Einführung in die Betriebswirtschaftslehre. 11. Auflage. München. Verlag Vahlen, 1973.