

# DIPLOMARBEIT

## **ERFASSUNG UND BEURTEILUNG VON TÄTIGKEITEN NACH REFA AUS DEM BEREICH DES BAUHILFSGEWERBES UND DER HAUSTECHNIK**

Peter Honsik

Vorgelegt am  
Institut für Baubetrieb und Bauwirtschaft  
Projektentwicklung und Projektmanagement

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

Mitbetreuender Assistent  
Dipl.-Ing. Dieter Schlagbauer

Graz am 03. November 2011



## 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 03.11.2011



(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, 03.11.2011

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.-Prof. Dr.-Ing. Detlef Heck und Herrn Dipl.-Ing. Dieter Schlagbauer.

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

Graz, am 03.11.2011



(Peter Honsik)

## Kurzfassung

Im Zuge dieser Diplomarbeit wurde die Verteilung der Tätigkeiten und Unterbrechungen nach REFA für Montagetätigkeiten aus dem Bereich des Bauhilfsgewerbes und der Haustechnik sowie die auftretende körperliche Beanspruchung der Arbeiter, gemessen durch die Herzfrequenz, ermittelt und ausgewertet.

Es zeigten sich sehr hohe Haupt- und Nebentätigkeitsanteile an der täglichen Arbeitszeit. Bei den Unterbrechungen waren die persönlich bedingten die mit Abstand häufigsten Beobachtungen.

Die Herzfrequenz war bei allen Probanden im Schnitt in einem Bereich unter 110 Schlägen pro Minute, wobei vor allem Arbeiten auf Leiter und der Material- und Maschinentransport die höchsten körperlichen Belastungen darstellten.

Das Niveau der Herzfrequenz war bei allen Probanden am Nachmittag höher als am Vormittag. Ein ermüdungsbedingter Anstieg der Herzfrequenz und ein Leistungsverlust konnten zum Ende des Arbeitstages nicht beobachtet werden.

## Abstract

In the course of this thesis, the activities and rest periods were distributed in accordance with REFA for assembly activities pertaining to technical insulation and building technology as well as the physical stress experienced by the workers, measured by their heart rate, determined and evaluated.

There were very high levels of main activities and ancillary activities components during the daily working hours. During the rest periods, the most frequent observations were made at intervals on those who were personally constrained.

The heart rate for all those included in the study lay below 110 beats per minute, whereby, working on ladders and transporting materials and machines represented the maximum physical stress for the body.

The level of the heart rate in the afternoon was higher than before twelve o'clock. There was no fatigue-related increase in the heart rate or any deterioration in performance observed in the end of the working day.

## Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Einleitung</b>	<b>2</b>
1.1	Ziel der Diplomarbeit.....	2
1.2	Vorgehen bei den Untersuchungen.....	2
<b>2</b>	<b>Einführung in die Wärme-, Kälte-, Schall- und Branddämmung (WKSb)</b>	<b>4</b>
2.1	Berufsbild „Der Wärme- Kälte- Schall- und Branddämmer“ .....	4
2.2	Rechtliche Eingliederung .....	6
2.3	Die ÖNORM B 2260-1 .....	6
2.4	Ausführungsarten im Zuge der Messungen für diese Diplomarbeit ....	7
2.4.1	Ausführung A; Isolieren von Kaltwasserleitungen .....	7
2.4.2	Ausführung B; Dämmen von Heizungsleitungen .....	9
2.4.3	Ausführung C; Montage eines PVC - Mantels .....	11
2.4.4	Ausführung D; Montage eines Blechmantels.....	12
<b>3</b>	<b>Datenerhebung</b>	<b>14</b>
3.1	Die beobachteten Baustellen .....	14
3.1.1	Asia Spa Leoben .....	14
3.1.2	Voest Alpine Leoben; Gewerk WKSb-Dämmer.....	14
3.1.3	Voest Alpine Leoben; Proband Elektriker.....	15
3.1.4	Freiwillige Feuerwehr St. Michael; Proband Installateur .....	15
3.2	Beschreibung der Probanden .....	15
3.3	Der Beobachtungszeitraum .....	17
3.3.1	Arbeitszeiten der Probanden des Bauhilfsgewerbes. ....	17
3.3.2	Arbeitszeiten Proband Elektriker.....	19
3.3.3	Arbeitszeiten Proband Installateur .....	19
3.4	Die Methoden und der Ablauf der Datenerhebung .....	20
3.4.1	Die Methoden der Datenerhebung .....	20
3.4.2	Datenerhebungsbogen .....	23
3.4.3	Ablauf der Datenerhebung.....	23
3.4.4	Herzfrequenz-Messung.....	25
3.4.5	Temperaturmessung.....	25
3.5	Die beobachteten Tätigkeiten auf der Baustelle .....	25
3.5.1	Die Datenerhebungsblätter und Beobachtungen bei den einzelnen Gewerken .....	25
<b>4</b>	<b>Datenauswertung</b>	<b>38</b>
4.1	Temperaturmessung.....	38
4.2	Erste Kategorieebene („Tätigkeit“ , „Unterbrechung“, „Nicht Erkennbar“) .....	39
4.2.1	Erste Kategorieebene; WKSb.....	39
4.2.2	Erste Kategorieebene; Proband Elektriker .....	42
4.2.3	Erste Kategorieebene; Proband Installateur.....	43
4.2.4	Zusammenfassung Kategorieebene 1 .....	44
4.3	Kategorieebene 2 .....	45
4.3.1	Kategorieebene 2; Probanden aus dem WKSb-Bereich .....	45
4.3.2	Kategorieebene 2; Elektriker.....	50
4.3.3	Kategorieebene 2; Installateur .....	52
4.3.4	Zusammenfassung Kategorieebene 2 .....	53
4.4	Herzfrequenz-Auswertung .....	55
4.4.1	Auswertung der Herzfrequenz für den WKSb-Bereich .....	55

4.4.2	Herzfrequenz Elektriker .....	69
4.4.3	Herzfrequenz Installateur .....	74
4.4.4	Zusammenfassung HF-Auswertung.....	79
<b>5</b>	<b>Sonderauswertungen</b>	<b>83</b>
5.1	Analyse der Ausführungen A,B,C und D .....	83
5.1.1	Proband G .....	83
5.1.2	Zusammenfassung Ausführung A, B, C und D.....	91
5.2	Analyse der Tätigkeiten, Unterbrechungen .....	92
5.2.1	Analyse der Tätigkeiten und Unterbrechungen für die Probanden WKS B.....	92
5.2.2	Tätigkeiten und Unterbrechungen; Elektriker .....	98
5.2.3	Tätigkeiten und Unterbrechungen; Installateur.....	100
5.2.4	Zusammenfassung der Datenauswertung der Haupt- und Nebentätigkeiten und Unterbrechungen.....	101
5.3	Datenauswertung für Haupt- und Nebentätigkeiten mit und ohne Leiter 103	
5.3.1	Datenauswertung für die Verteilung von Haupt- und Nebentätigkeiten mit und ohne Leiter für den WKS B-Bereich.....	103
5.3.2	Tätigkeiten mit und ohne Leiter; Elektriker .....	107
5.3.3	Tätigkeiten mit und ohne Leiter; Installateur.....	108
5.3.4	Zusammenfassung Tätigkeiten mit und ohne Leiter .....	109
5.3.5	Herzfrequenz für Tätigkeiten mit und ohne Leiter.....	110
5.3.6	Zusammenfassung Herzfrequenz mit und ohne Leiter .....	117
5.4	Betrachtung der Tätigkeit „Stemmen“; Proband Installateur .....	118
<b>6</b>	<b>Analyse der Leistungserbringung</b>	<b>121</b>
<b>7</b>	<b>Zusammenfassung</b>	<b>123</b>
<b>8</b>	<b>Eigene Betrachtungen und Forschungsausblick</b>	<b>126</b>
8.1	Allgemeines zur Baustellenbeobachtung: .....	126
8.2	Beobachtungen bezüglich Tätigkeiten und Herzfrequenz.....	127
8.3	Beobachtungen im Industriebereich.....	128
<b>9</b>	<b>Literaturverzeichnis</b>	<b>130</b>

## Abbildungsverzeichnis

Abbildung 2-1 Kaltwasserisolierung mit Elastomerschaumplatten, Ausführung A .....	9
Abbildung 2-2 Ausführung B und Ausführung D, Blech .....	11
Abbildung 2-3 Ausführung C, PVC (rechts); Ausführung D, Blech (links) .....	12
Abbildung 2-4 Ausführung D, Blech und Ausführung C, PVC .....	13
Abbildung 3-1 System der Ablaufarten nach REFA für den Menschen.....	20
Abbildung 3-2 Datenerhebungsblatt leer, erste Seite.....	23
Abbildung 4-1 Kategorieebene 1; Proband G .....	40
Abbildung 4-2 Kategorieebene 1; Proband V.....	41
Abbildung 4-3 Kategorieebene 1; Proband F .....	42
Abbildung 4-4 Kategorieebene 1; Proband Elektriker .....	43
Abbildung 4-5 Kategorieebene 1; Proband Installateur.....	44
Abbildung 4-6 Kategorieebene 2; Proband G .....	46
Abbildung 4-7 Kategorieebene 2; Proband V.....	48
Abbildung 4-8 Kategorieebene 2; Proband F .....	49
Abbildung 4-9 Minimum, Maximum und Mittelwert der Kategorieebene 2; Proband Elektriker .....	50
Abbildung 4-10 Kategorieebene 2; Proband Elektriker .....	51
Abbildung 4-11 Kategorieebene 2; Proband Installateur.....	52
Abbildung 4-12 Vergleich Kategorieebene 2 der Probanden G, V und F .....	53
Abbildung 4-13 Kategorieebene 2 nach Gewerk.....	54
Abbildung 4-14 Herzfrequenz als Boxplot pro Tag; Proband G .....	56
Abbildung 4-15 Herzfrequenz über die gesamte Beobachtungsreihe; Proband G....	57
Abbildung 4-16 Verlauf der Herzfrequenz am Freitag, 14.03.2008; Proband G.....	59
Abbildung 4-17 Herzfrequenz als Boxplot pro Tag; Proband V.....	60
Abbildung 4-18 Herzfrequenz über die gesamte Beobachtungsreihe; Proband V ....	62
Abbildung 4-19 Verlauf der Herzfrequenz ohne 20.03.2008; Proband V .....	63
Abbildung 4-20 Verlauf der Herzfrequenz am Freitag, 14.03.2008; Proband V .....	64
Abbildung 4-21 Herzfrequenz als Boxplot pro Tag; Proband F .....	65
Abbildung 4-22 Herzfrequenz über die gesamte Beobachtungsreihe; Proband F ....	66
Abbildung 4-23 Verlauf der Herzfrequenz am Freitag, 14.03.2008; Proband F .....	69
Abbildung 4-24 Herzfrequenz als Boxplot pro Tag; Proband Elektriker .....	70
Abbildung 4-25 Herzfrequenz der ersten 3 Stunden; Proband Elektriker.....	72
Abbildung 4-26 Herzfrequenz eine Stunde vor und nach der Pause; Elektriker .....	73
Abbildung 4-27 Herzfrequenz der letzten Stunde; Elektriker .....	74
Abbildung 4-28 Herzfrequenz als Boxplot pro Tag; Proband Installateur.....	75
Abbildung 4-29 Herzfrequenz der ersten drei Stunden; Proband Installateur .....	77
Abbildung 4-30 Herzfrequenz eine Stunde vor und nach der Pause; Installateur .....	78
Abbildung 4-31 Herzfrequenz der letzten Stunde; Installateur .....	79



Abbildung 4-32 Vergleich des relativen Verlaufs der Herzfrequenz über den Tag der Probanden G, V und F.....	80
Abbildung 5-1 Boxplot für Haupt- und Nebentätigkeiten nach Ausführungsart; Proband G .....	84
Abbildung 5-2 Punktdiagramm der Herzfrequenz für Ausführungsart A; Proband G 85	
Abbildung 5-3 Boxplot für Haupt- und Nebentätigkeiten nach Ausführungsart; Proband G .....	86
Abbildung 5-4 Boxplot für Haupt- und Nebentätigkeiten nach Ausführungsart; Proband V .....	87
Abbildung 5-5 Boxplot für Haupt- und Nebentätigkeiten nach Ausführungsart; Proband F.....	89
Abbildung 5-6 Ausführungsart Blech am 18.03.2008; Proband F .....	90
Abbildung 5-7 Ausführungsart Blech am 19.03.2008; Proband F .....	90
Abbildung 5-8Vergleich der Herzfrequenz der einzelnen Ausführungsarten pro Proband.....	91
Abbildung 5-9 Herzfrequenz nach Haupt- und Nebentätigkeit, zusätzliche Tätigkeit und Unterbrechungen; Proband G .....	93
Abbildung 5-10 Herzfrequenz nach Haupt- und Nebentätigkeit, zusätzliche Tätigkeit und Unterbrechungen; Proband V .....	95
Abbildung 5-11 Herzfrequenz nach Haupt- und Nebentätigkeit, zusätzliche Tätigkeit und Unterbrechungen; Proband F .....	97
Abbildung 5-12 Herzfrequenz nach Haupt- und Nebentätigkeit, zusätzliche Tätigkeit und Unterbrechungen; Proband Elektriker .....	99
Abbildung 5-13 Herzfrequenz nach Haupt- und Nebentätigkeit, zusätzliche Tätigkeit und Unterbrechungen; Proband Installateur .....	100
Abbildung 5-14 Vergleich der Herzfrequenz der Probanden G, V und F für Haupt- und Nebentätigkeiten, zusätzlichen Tätigkeiten und Unterbrechungen	102
Abbildung 5-15 Anteil der Tätigkeiten mit und ohne Leitern bezogen auf 100%; Proband G .....	104
Abbildung 5-16 Anteil der Tätigkeiten mit und ohne Leitern pro Tag bezogen auf die Tätigkeiten; Proband V .....	105
Abbildung 5-17 Anteil der Tätigkeiten mit und ohne Leitern pro Tag bezogen auf die Tätigkeiten; Proband F .....	106
Abbildung 5-18 Verteilung der Tätigkeiten mit und ohne Leiter bezogen auf die Tätigkeiten; Proband Elektriker .....	107
Abbildung 5-19 Verteilung der Tätigkeiten mit und ohne Leiter bezogen auf die Tätigkeiten; Proband Installateur.....	108
Abbildung 5-20 Herzfrequenz für Haupt- und Nebentätigkeiten mit und ohne Leiter; Proband G .....	111
Abbildung 5-21 Herzfrequenz für Haupt- und Nebentätigkeiten mit und ohne Leiter; Proband V .....	112
Abbildung 5-22 Herzfrequenz für Haupt- und Nebentätigkeiten mit und ohne Leiter; Proband F.....	114
Abbildung 5-23 Herzfrequenz für Haupt- und Nebentätigkeiten mit und ohne Leiter; Proband Elektriker.....	115
Abbildung 5-24 Herzfrequenz für Haupt- und Nebentätigkeiten mit und ohne Leiter; Proband Installateur .....	116
Abbildung 5-25 Vergleich der Herzfrequenz bei Tätigkeiten mit und ohne Leiter der Probanden G, V und F.....	118

Abbildung 5-26 Herzfrequenz am 23.04.2008 Installateur ..... 119  
Abbildung 5-27 Herzfrequenz am 24.04.2008 Installateur ..... 119

## Tabellenverzeichnis

Tabelle 4-1 Lufttemperaturen, Asia Spa .....	38
Tabelle 4-2 Oberflächentemperaturen Asia Spa.....	38
Tabelle 4-3 Relative Luftfeuchtigkeit, Asia Spa.....	39
Tabelle 4-4 Kategorieebene 1; Proband G .....	40
Tabelle 4-5 Kategorieebene 1; Proband V .....	41
Tabelle 4-6 Kategorieebene 1; Proband F .....	42
Tabelle 4-7 Minimum, Maximum und Mittelwert der Kategorieebene 1; Proband Elektriker .....	43
Tabelle 4-8 Minimum, Maximum und Mittelwert der Kategorieebene 1; Proband Installateur.....	44
Tabelle 4-9 Kategorieebene 2; Proband G .....	46
Tabelle 4-10 Kategorieebene 2; Proband V .....	47
Tabelle 4-11 Kategorieebene 2; Proband F .....	49
Tabelle 4-12 Minimum, Maximum und Mittelwert der Kategorieebene 2; Proband Installateur.....	52
Tabelle 4-13 Analysewerte der Kategorieebene 2 nach Gewerk .....	54
Tabelle 4-14 Maximum, Minimum und Mittelwert der Herzfrequenz pro Tag; Proband G.....	56
Tabelle 4-15 Maximum, Minimum und Mittelwert der Herzfrequenz pro Tag; Proband V .....	60
Tabelle 4-16 Maximum, Minimum und Mittelwert der Herzfrequenz pro Tag; Proband F .....	65
Tabelle 4-17 25% Quantil, 75% Quantil, Median; Proband F.....	68
Tabelle 4-18 Analysedaten für Haupt- und Nebentätigkeiten, zusätzliche Tätigkeiten und Unterbrechungen; Proband Elektriker .....	69
Tabelle 4-19 Arbeitszeit Proband Elektriker.....	71
Tabelle 4-20 Analysedaten für Haupt- und Nebentätigkeiten, zusätzliche Tätigkeiten und Unterbrechungen; Proband Installateur.....	75
Tabelle 4-21 Arbeitszeit Proband Installateur .....	76
Tabelle 5-1 Herzfrequenzwerte der einzelnen Ausführungsarten; Proband G.....	83
Tabelle 5-2 Berichtigte Herzfrequenzwerte der Ausführungsart A; Proband G.....	85
Tabelle 5-3 Herzfrequenzwerte der einzelnen Ausführungsarten; Proband V .....	87
Tabelle 5-4 Berichtigte Herzfrequenzwerte der einzelnen Ausführungsarten; Proband V .....	88
Tabelle 5-5 Herzfrequenzwerte der einzelnen Ausführungsarten; Proband F .....	89
Tabelle 5-6 Analysedaten für Haupt- und Nebentätigkeiten, zusätzliche Tätigkeiten und Unterbrechungen; Proband G .....	92
Tabelle 5-7 Vergleich von Haupt- und Nebentätigkeiten mit zusätzlichen Tätigkeiten und im speziellen „Zusammenräumen“; Proband G .....	93
Tabelle 5-8 Vergleich von Haupt- und Nebentätigkeiten mit Unterbrechungen und im speziellen den persönlich bedingten Unterbrechungen; Proband G... 94	
Tabelle 5-9 Haupt- und Nebentätigkeiten um ersten Tag berichtet; Proband G.....	94

Tabelle 5-10	Analysedaten für Haupt- und Nebentätigkeiten, zusätzliche Tätigkeiten und Unterbrechungen; Proband V.....	95
Tabelle 5-11	Vergleich von Haupt- und Nebentätigkeiten mit zusätzlichen Tätigkeiten und im speziellen „Zusammenräumen“; Proband V.....	96
Tabelle 5-12	Analysedaten für Haupt- und Nebentätigkeiten, zusätzliche Tätigkeiten und Unterbrechungen; Proband F.....	97
Tabelle 5-13	Vergleich von Haupt- und Nebentätigkeiten mit zusätzlichen Tätigkeiten und im speziellen „Zusammenräumen“; Proband F.....	98
Tabelle 5-14	Vergleich von Haupt- und Nebentätigkeiten mit Unterbrechungen und im speziellen den persönlich bedingten Unterbrechungen; Proband F98	
Tabelle 5-15	Analysedaten für Haupt- und Nebentätigkeiten, zusätzliche Tätigkeiten und Unterbrechungen; Proband Elektriker.....	98
Tabelle 5-16	Analysedaten für Haupt- und Nebentätigkeiten, zusätzliche Tätigkeiten und Unterbrechungen; Proband Installateur.....	100
Tabelle 5-17	Anteil der Tätigkeiten mit und ohne Leitern pro Tag.....	103
Tabelle 5-18	Anteil der Tätigkeiten mit und ohne Leitern bezogen auf 100%, Minimum, Maximum, Mittelwert; Proband G.....	104
Tabelle 5-19	Anteil der Tätigkeiten mit und ohne Leitern pro Tag; Proband V.....	104
Tabelle 5-20	Anteil der Tätigkeiten mit und ohne Leitern pro Tag bezogen auf die Tätigkeiten; Proband V.....	105
Tabelle 5-21	Tätigkeiten mit und ohne Leiter bezogen auf 100%; Proband F.....	106
Tabelle 5-22	Anteil der Tätigkeiten mit und ohne Leitern pro Tag bezogen auf die Tätigkeiten; Proband F.....	106
Tabelle 5-23	Verteilung der Tätigkeiten mit und ohne Leiter pro Tag; Proband Elektriker.....	107
Tabelle 5-24	Verteilung der Tätigkeiten mit und ohne Leiter bezogen auf die Tätigkeiten; Proband Elektriker.....	108
Tabelle 5-25	Verteilung der Tätigkeiten mit und ohne Leiter bezogen auf die Tätigkeiten; Proband Installateur.....	108
Tabelle 5-26	Verteilung der Tätigkeiten mit und ohne Leiter bezogen auf die Tätigkeiten; Proband Installateur.....	109
Tabelle 5-27	Vergleich der Tätigkeiten mit und ohne Leiter der Probanden G, V und F109	
Tabelle 5-28	Analysewerte der Herzfrequenz für Haupt- und Nebentätigkeiten mit und ohne Leiter; Proband G.....	110
Tabelle 5-29	Analysewerte der Herzfrequenz für Haupt- und Nebentätigkeiten mit und ohne Leiter; Proband V.....	111
Tabelle 5-30	Analysewerte der Herzfrequenz für Haupt- und Nebentätigkeiten mit und ohne Leiter; Proband F.....	113
Tabelle 5-31	Analysewerte der Herzfrequenz für Haupt- und Nebentätigkeiten mit und ohne Leiter; Proband Elektriker.....	114
Tabelle 5-32	Analysewerte der Herzfrequenz für Haupt- und Nebentätigkeiten mit und ohne Leiter; Proband Installateur.....	115
Tabelle 5-33	Analysewerte der Probanden G, V und F für Haupt- und Nebentätigkeiten mit und ohne Leiter.....	117
Tabelle 6-1	Leistung Ausführung A, Elastomer.....	121
Tabelle 6-2	Leistung Ausführung B, Mineralwolleplatten.....	122
Tabelle 6-3	Leistung Ausführung C, Aufbringen eines PVC-Mantels.....	122

## Abkürzungsverzeichnis

<b>WKS</b>	Wärme-, Kälte-, Schall- und Branddämmung
<b>REFA</b>	Verband für Arbeitsgestaltung, Betriebsorganisation und Unternehmensentwicklung
<b>HT</b>	Haupttätigkeiten
<b>NT</b>	Nebentätigkeiten
<b>ZT</b>	Zusätzliche Tätigkeiten
<b>U</b>	Unterbrechungen
<b>NE</b>	Nicht erkennbare Tätigkeit



## 1 Einleitung

In der beruflichen Tätigkeit des Verfassers als handelsrechtlicher und gewerberechtllicher Geschäftsführer einer Firma aus dem Bereich der Wärme-, Kälte-, Schall- und Branddämmungen hat sich das Thema dieser Diplomarbeit angeboten. Die Belastung und daraus resultierende Beanspruchung des menschlichen Körpers bei der Ausführung von Montagearbeiten zu ermitteln, ist nach Erachten des Verfassers der Arbeit, von Interesse um Rückschlüsse auf Arbeitseinteilungen und Arbeitsabläufe ziehen zu können.

Dieses Thema bot sich auch insofern an, da aufgrund der beruflichen Kontakte zu Firmen im Bereich des Bauhilfsgewerbes und der Haustechnik gute Möglichkeiten zur Datenerfassung vorgefunden wurden. So war es möglich, zusätzliches Hintergrundwissen in die Diplomarbeit einfließen zu lassen.

Im Zuge dieser Diplomarbeit wurde die körperliche Beanspruchung von Arbeitern bei Montagetätigkeiten aus dem Bereich des Bauhilfsgewerbes in Bezug auf deren unterschiedliche Tätigkeiten ermittelt.

### 1.1 Ziel der Diplomarbeit

Ziel der Arbeit ist es, für Montagetätigkeiten aus dem Bereich des Bauhilfsgewerbes und der Haustechnik die Verteilung von Tätigkeiten und Unterbrechungen nach REFA sowie die auftretende körperliche Beanspruchung der Arbeiter zu ermitteln und auszuwerten.

### 1.2 Vorgehen bei den Untersuchungen

Es werden für fünf Probanden, drei aus dem Bereich des Bauhilfsgewerbes, zwei aus dem Bereich der Haustechnik, über einen festgelegten Beobachtungszeitraum die Verteilung von Tätigkeiten nach REFA ermittelt. Zusätzlich werden die Herzfrequenz der Probanden und die Lufttemperatur und Luftfeuchtigkeit am Montageort notiert.

Notwendige Vorarbeiten dafür bestehen in der Erstellung eines für die Praxis geeigneten Datenerfassungsbogens, Auswahl der geeigneten Firmen und Probanden und Festlegung des Zeitpunkts und des Ablaufs der Messungen.

Weiters werden Überlegungen dazu angestellt, wie der Datenerfassungsbogen individuell für drei verschiedene Gewerke gestaltet werden kann. In den Bogen für die Probanden aus dem Bereich der WKSB-Dämmen werden vorab bereits die voraussichtlich vorkommenden Ausführungsarten notiert. Für alle Probanden wird die jeweilige Baustelle, auf der die Beobachtungen durchgeführt werden,

eingetragen. Für die Festlegung des Beobachtungsintervalls des jeweiligen Gewerks werden Überlegungen angestellt, um ausreichend verwertbare Daten zu erhalten.

Nach der Durchführung der Beobachtungen werden die ermittelten Daten ausgewertet. Auf Besonderheiten oder Auffälligkeiten wird speziell eingegangen. Die Ergebnisse werden in geeigneter Form dargestellt und die Probanden miteinander verglichen.



## 2 Einführung in die Wärme-, Kälte-, Schall- und Branddämmung (WKSB)

Aufgrund der intensiven Betrachtung des Gewerbes der Wärme- Kälte- Schall- und Branddämmung in dieser Diplomarbeit, folgt eine genauere Darstellung.

### 2.1 Berufsbild „Der Wärme- Kälte- Schall- und Branddämmung“

Durch die immer höheren Anforderungen im Bereich der Bauphysik, der chemischen Zusammenhänge, Haftungsausweitungen, wirtschaftlichen Konstruktionen, Entwicklungen am Materialsektor etc. wurde das WKSB-Dämmung-Gewerbe 1994 ein Handwerk mit 3-jähriger Lehrzeit und Meisterprüfung, um dem Berufsbild des Isoliermonteurs zu entsprechen.

Der Isoliermonteur stellt einen Lehrberuf mit 3-jähriger Ausbildung dar, deren Ablauf in der 1090. Verordnung, Jahrgang 1994, vom 30. Dezember 1994, 326. Stück geregelt ist.<sup>1</sup>

Das Berufsprofil ist wie folgt angegeben:

*§3. Durch die Berufsausbildung im Lehrbetrieb und in der Berufsschule soll der ausgebildete Lehrling befähigt werden, die nachfolgenden Tätigkeiten fachgerecht, selbständig und eigenverantwortlich auszuführen:*

- 1. Lesen und Anfertigen einfacher Zeichnungen, Skizzen und Verlegepläne,*
- 2. Festlegen der Arbeitsschritte, -mittel und -methoden unter Berücksichtigung der Eigenschaften und Verwendungsmöglichkeiten der Werk-, Bau- und Hilfsstoffe,*
- 3. Warten, Instandhalten und Auswählender einschlägigen Werkzeuge, Maschinen und Geräte,*
- 4. Herrichten des Untergrundes bzw. der Unterkonstruktion,*
- 5. Herstellen von Dämmmassen, Dichtungsmassen und Füllmassen,*
- 6. Herstellen und Anbringen von Stütz- und Tragkonstruktionen für Dämmungen,*
- 7. Bohren, Schneiden, Trennen, Sägen, Nieten und Schrauben sowie Montieren von Dämmstoffen, Trockenelementen und Blechen,*
- 8. Messen, Zurichten und Anbringen von Dämmstoffen, Platte und Blechen,*
- 9. Aufbringen von Schallschluckstoffen und Platten,*

<sup>1</sup> BMWA, : Isoliermonteur - Berufsausbildungsgesetz 1090. Verordnung, S.

10. *Herstellen, Aufmessen, Zuschneiden und Anbringen von Verkleidungen über Dämmungen, insbesondere über Rohr-, Wand- und Deckendämmungen auch unter Verwendung von Kunststoffen und Blechen,*
11. *Montieren einfacher Konstruktionen und vorgefertigter Teile für Wände und Decken sowie deren Verkleidungen.*

Die Lehrabschlussprüfung nach 3-jähriger Lehrzeit beinhaltet eine praktische Prüfung, bestehend aus einer Prüfarbeit, die in 8 Stunden durchgeführt werden muss, und einem Fachgespräch. Die theoretische Prüfung umfasst die Gebiete Fachrechnen, Fachkunde und Fachzeichnen.

Der Ablauf und Inhalt der Meisterprüfung ist in einer eigenen Verordnung geregelt und besteht aus 5 Modulen.<sup>2</sup>

- Modul 1 besteht aus einer fachlichen praktischen Prüfung.
- Modul 2 ist eine mündliche Prüfung und deckt unter anderem die Bereiche Werkstoffkunde, Arbeitsvorbereitung, Sicherheitsmanagement und Qualitätsmanagement ab.
- Modul 3 ist eine schriftliche Prüfung mit unter anderem den Inhalten Fachkalkulation, Fachzeichnen, Flächen- Raum- und Gewichtsrechnungen, sowie Mathematik.
- Modul 4 ist die Ausbilderprüfung, um Lehrlinge ausbilden zu dürfen.
- Modul 5 stellt die Unternehmerprüfung dar.

Die Zugangsvoraussetzung für das Handwerk der Wärme- Kälte- Schall- und Branddämmung ist gesetzlich geregelt durch ein Bundesgesetzblatt für die Republik Österreich, die 99. Verordnung, Teil 2, vom 28. Jänner 2003,<sup>3</sup> und sieht vor allem die Vorlage eines Zeugnisses über die abgelegte Meisterprüfung vor. Alternativ sind auch verschiedene Möglichkeiten von Kombinationen von einer abgelegten Lehrabschlussprüfung mit anschließender fachlich einschlägiger Tätigkeit in leitender Position möglich.

Die Arbeiten des Wärme- Kälte- Schall- und Branddämmers finden im normalen Bauablauf nach Fertigstellung des Rohbaus, im Zuge des Innenausbaus statt. Im Hochbau erbringt der Isoliermonteur seine Leistung in enger zeitlicher Abstimmung mit dem Heizungs-, Sanitär- und Lüftungsbauer, im Industriebereich mit dem Anlagenbauer. Bei Brandschutzarbeiten ist noch zusätzlich eine Koordination mit dem Elektrikergewerbe und dem Trockenbau bzw. den Bodenlegerarbeiten notwendig.

<sup>2</sup>Wirtschaftskammer Österreich, 1994erordnung über die Meisterprüfung für das Handwerk WKSB-Dämmung

<sup>3</sup>BMWA GewO BMWA, ; 1994, G.: 99. Verordnung: Wärme-, Kälte-, Schall- und Branddämmung-VerordnungS.

## 2.2 Rechtliche Eingliederung

In der Wirtschaftskammer ist das Handwerk des Wärme- Kälte- Schall- und Branddämmers in der Sparte Gewerbe und Handwerk eingegliedert und ist in der Fachgruppe 6, Bauhilfsgewerbe, als Berufsgruppe 0600 gelistet, zusammen mit Brunnenmeistern, Trockenbauern, Betonwarenerzeugern, Estrichherstellern, Schwarzdeckern und weiteren.<sup>4</sup>

Als größte organisierte Interessenvertretung agiert in Österreich der „Verein Österreichischer Dämmunternehmer“<sup>5</sup> (VÖDU), gegründet 1989, mit aktuell 69 Mitgliedern aus den fachspezifischen Bereichen Handel, Industrie und ausführenden Firmen. Von dieser Plattform werden unter anderem Fortbildungskurse und Meisterprüfungsvorbereitungskurse organisiert, sowie enger Kontakt zur internationalen Isolierbranche zur Förderung des Wärme- Kälte- Schall- und Branddämmgewerbes gepflegt.

Der Verband informiert und berät neutral Mitglieder, Behörden, Planer und Architekten in technischen Fragen.

## 2.3 Die ÖNORM B 2260-1

Die ÖNORM B 2260 – 1, Dämmarbeiten – Werkvertragsnorm, Ausgabe 07.01.2002,<sup>6</sup> regelt für den Bereich der Wärme- Kälte- Schall- und Branddämmungen im Punkt Vertragsbestimmungen die für die jeweilige Anforderung einzusetzenden Materialien, die Ausführung der Isolierung, Prüf- und Warnpflicht, Nebenleistungen sowie die Aufmaß- und Abrechnungsmodalitäten.

Für diese Diplomarbeit von Interesse ist die Definition von Formteilen. Diese sind der ÖNORM B 7260-1 Dämmarbeiten - Verfahrensnorm beschrieben als *von der gleichförmigen Dämmung abweichende Bauelemente*.<sup>7</sup>

In der ÖNORM B 2260 – 1 sind diese Formteile für Rohrleitungen festgelegt mit:

- Bögen
- T-Stücke
- Reduzierungen
- Gedämmte Flanschenpaare und Aufhängungsaufdopplungen bei kalten Leitungen
- Gedämmte Armaturen

<sup>4</sup> Wirtschaftskammer Österreich, Fachgruppenkatalog

<sup>5</sup> www.isolierverband.at. Datum des Zugriffs: 31.10.2011

<sup>6</sup> NORMUNGSINSTITUT, Ö.: ÖNORM B 2260-1. S.

<sup>7</sup> NORMUNGSINSTITUT, Ö.: ÖNORM B 7260 Teil 1 Dämmarbeiten VerfahrensnormS.

- *Gedämmte Pumpen im Hausbereich*
- *Abflachungen*
- *Endstellen und Einsätze*
- *Blenden*
- *Ausschnitte*

Die Formteile werden bei Aufmaßerstellungen für Abrechnungen berücksichtigt. Für jeden Formteil wird das Erschwernis in Form eines prozentualen Anteils eines Meters zum Aufmaß hinzugerechnet.

## 2.4 Ausführungsarten im Zuge der Messungen für diese Diplomarbeit

Im Zuge der Beobachtungen für diese Diplomarbeit kamen vornehmlich 3 Ausführungsarbeiten zum Einsatz. Eine vierte Ausführung D, Montage eines Blechmantels, war zu einem geringen Anteil beobachtet worden.

### 2.4.1 Ausführung A; Isolieren von Kaltwasserleitungen

Kaltwasserleitungen wurden mit Elastomerschläuchen und Elastomerplatten zur Vermeidung von Tauwasserbildung und Energieeinsparung isoliert.

Eingesetztes Material:

Das Material ist ein Schaumstoff auf Basis synthetischen Kautschuks und stellt ein hochflexibles, geschlossenzelliges Dämmmaterial mit hohem Wasserdampf-Diffusionswiderstand und niedriger Wärmeleitfähigkeit dar.<sup>8</sup>

Das Dämmmaterial wird in zwei verschiedenen Varianten geliefert. Für Rohrleitungen bis zu einem Außendurchmesser von 168 mm ist Schlauchmaterial in 2 Meter Länge erhältlich. Isolierstärken sind von 6 mm über 9 Millimeter, 13 mm, 19 mm und 25mm bis 32 mm verfügbar. Der Schlauchinnendurchmesser ist abhängig von der Isolierstärke. 6 mm Schläuche gibt es bis 42 mm Rohrdurchmesser, Schläuche mit 9 mm und 13 mm Isolierstärke sind bis 160 mm Rohrdurchmesser verfügbar. Alle höheren Isolierstärken gibt es bis 168 mm Durchmesser. Für größere Rohrdurchmesser und zu dämmende Flächen, beziehungsweise Behälter ist der Dämmstoff als Plattenmaterial in 1,0 m Breite erhältlich. In der Praxis werden bereits Rohrleitungen über 89 mm Durchmesser mit Plattenmaterial gedämmt, welches in denselben Dämmstärken wie

<sup>8</sup> KAIMANN GMBH, : Kaiflex Montage-Anleitung, S.

die Schläuche auf dem Markt erhältlich ist. Zusätzlich sind höhere Dämmstärken bis 50 mm möglich.

Der für verschiedene Anwendungsbereiche einsetzbare Werkstoff ist abhängig von den an ihn gestellten Anforderungen. UV-Beständigkeit, selbstklebende Eigenschaften, Temperaturbeständigkeit, zusätzliche Oberflächenbeschichtungen und Höhe des Dampfdiffusionswiderstandes sind hier beispielhaft erwähnt.

Verarbeitung:

Sollte ein Schlauch zum Einsatz kommen, wird dieser in der Mitte mit einem Messer aufgeschnitten sodass ein Längsschlitz entsteht. Im Anschluss werden die 2 Schnittflächen mit Spezialkleber bestrichen. Nach kurzer Trocknungszeit der Klebeflächen werden diese kurz, aber kräftig aneinander gepresst, und somit miteinander verklebt. Solange sich die Klebefläche nass anfühlt, ist ein Verkleben nicht möglich, da die Klebestelle Fäden ziehend wieder aufgeht. Zu trockene Klebestellen lassen sich ebenso nicht mehr miteinander verbinden, ohne in weiterer Folge wieder aufzugehen. Die Trocknungszeit ist neben der Klebermenge vor allem von der Umgebungstemperatur und der Luftfeuchtigkeit abhängig. Die richtige Menge Kleber und den richtigen Zeitpunkt für die Verklebung zu finden, zeichnet einen erfahrenen Monteur aus und beeinflusst direkt die erzielbare Leistung an gedämmten Metern Leitung pro Stunde.

Die Schläuche werden am Rohr über die Bögen gezogen, wobei auf die richtige Lage der Klebenaht auf der Seite des Bogens zu achten ist, da hier die wenigsten störenden Kräfte auf die Klebenaht wirken. Alternativ können die Bögen auch aus Einzelsegmenten zusammengeklebt werden. Dies hat allerdings den Nachteil, dass mehr Klebestellen nötig sind, die eine Schwachstelle in der Ausführung darstellen.

Bei Verwendung von Plattenmaterial ist die Vorgehensweise eine andere. Das Plattenmaterial wird auf den benötigten Umfang geschnitten, die Klebestelle mit Kleber bestrichen und nach einer Trocknungszeit am zu isolierenden Bauteil verklebt.

Bögen werden speziell angefertigt und gesondert montiert. Diese Anfertigung der Bögen ist notwendig, da bei Leitungen ab 114 mm Durchmesser das Verhältnis von Innenradius zu Außenradius bereits so groß ist, dass eine Montage des Plattenmaterials wie bei den Schläuchen nicht mehr möglich ist. Das Dämmmaterial würde am Innenradius zu stark gepresst und am Außenradius zu stark gedehnt werden.

Aufhängungsaufdopplungen, auch Manschetten genannt, werden aus Plattenmaterial hergestellt, und über die Rohrleitungsaufhängungen geklebt um eine geschlossene Isolieroberfläche zu erhalten.

Sowohl einen speziell angefertigten Bogen, als auch eine Aufhängungsmanschette sind in der Abbildung 2-1 zu sehen.



Abbildung 2-1 Kaltwasserisolierung mit Elastomerschaumplatten, Ausführung A

#### 2.4.2 Ausführung B; Dämmen von Heizungsleitungen

Die Ausführung B stellt das Dämmen von Heizungsleitungen mit alukaschierten Mineralwollematten dar.

Eingesetztes Material:

Grundsätzlich zum Einsatz kommen Mineralwolledämmstoffe aus künstlichen anorganischen Mineralfasern, mit einer amorphen, keiner kristallinen Struktur. Mineralwolledämmstoffe werden aus Fasern aus Glas- oder Steinschmelzen hergestellt.

Das Endprodukt ist in der AGI Q 132 2006 wie folgt beschrieben:

*Je nach Anwendungszweck und Lieferform enthalten Mineralwolledämmstoffe unterschiedliche mengen Kunstharze als Bindemittel, Mineralöle zur Staubminderung und hydrophobierende Mittel. Es können Drahtgeflechte, Folien, Papiere, Glasvliese, Glasfilamentgewebe oder Beschichtungen auf die Mineralwolle aufgebracht werden.<sup>9</sup>*

<sup>9</sup> AGI Q 132, : AUTORENKOLLEKTIV, T. F.: Mineralwolle als Dämmstoff für betriebstechnische AnlagenS.

Im Zuge der Montagetätigkeiten für die Beobachtungen dieser Diplomarbeit kamen alukaschierte Glaswolleprodukte mit einem Raumgewicht von  $30 \text{ kg/m}^3$  zum Einsatz

Als Befestigungsmittel kommen Klebebänder aus Reinaluminiumfolie und verzinkter Draht zum Einsatz.

#### Verarbeitung

Die Isoliermatten werden in plastikverpackten Rollen geliefert, pro Rolle 0,50 m oder 1,0 m breit. Die Wolle wird vom Monteur mit einem Messer im richtigen Umfang geschnitten. Er schneidet sich gleich mehrere Stücke auf einmal, um einen flüssigeren Arbeitsablauf zu Stande zu bringen. Die Wolle wird fest, ohne Luftspalt, um die zu isolierende Leitung gewickelt, und mit dem Klebeband mehrmals pro halbem Meter verklebt. Die Leitung muss durchgehend isoliert sein, ohne Spalten im Längs- oder Querstoß. Kommt kein zusätzlicher Oberflächenschutz über die Isoliermatten, muss diese mit verzinktem, weichgeglühten Bindedraht mit 6 Windungen pro Meter gesichert werden, da das Klebeband bei gewissen Umgebungsbedingungen (Temperatur, Temperaturschwankungen, Luftfeuchtigkeit) die Klebekraft verliert, und die Wolle dann aufgeht, und im schlimmsten Fall von der Leitung fällt.

Ein Anwendungsfehler, der in der Praxis immer wieder auftritt, ist die Isolierung von Kaltwasserleitungen mit Mineralwolle. Eine Isolierung von Kaltwasserleitungen mit Mineralwolle ist aber nicht zulässig, da die Alukaschierung keine Dampfsperre darstellt, und daher Kondensatbildung nicht ausgeschlossen werden kann. Bildet sich Kondensat in der Isolierung wird diese feucht und der Isolierwert geht verloren, was das bauphysikalische Problem noch verschärft und in weiterer Folge zu Korrosionsschäden führen kann.



Abbildung 2-2 Ausführung B und Ausführung D, Blech

### 2.4.3 Ausführung C; Montage eines PVC - Mantels

Montage eines PVC-Mantels über die vorher als Ausführung B aufgebrachte Dämmung.

Eingesetztes Material:

Das Ausgangsmaterial PVC wird in Rollen geliefert und auf der Baustelle nach Bedarf geschnitten.

Bögen sind als vorgepresste Formstücke abhängig von Rohrdurchmesser, Isolierstärke und Biegeradius zu bestellen.

Das PVC wird mit Quellschweißmittel kaltgeschweißt.

Verarbeitung:

Die vorgepressten Bögen (Formteil) werden zuerst montiert und mit einer Drahtschlinge befestigt. Das PVC wird entweder freihändig mit einer Schere, oder auf einem speziellen Schneidetisch auf den richtigen Umfang plus Überlappung geschnitten. Diese Überlage ist abhängig vom Durchmesser zwischen 1 und 3 cm. Anschließend wird die Folie um das isolierte Rohr gewickelt und mit 2 bis 3 Drahtschleifen locker befestigt. Anschließend wird mit einem Pinsel, getränkt in Quellschweißmittel, die Längsüberlappung zwischen den 2 Lagen bestrichen und mit der Hand zusammengedrückt. Bei Querstößen wird ebenso verfahren. Das PVC



wird damit kaltverschweißt. Isolierabschlüsse werden mit Alumanschetten versehen, wobei hier darauf zu achten ist, dass die thermische Trennung zwischen Medium und Manschette vorhanden ist.



Abbildung 2-3 Ausführung C, PVC (rechts); Ausführung D, Blech (links)

#### 2.4.4 Ausführung D; Montage eines Blechmantels

Heizungs- und Warmwasserleitungen wurden in Bereichen mit dem Anspruch des Schutzes vor mechanischer Beschädigung sowie im Tiefgaragenbereich über der Ausführung B mit Alublech gedämmt.

Eingesetztes Material:

Man kann Alublechteile in Form von Bögen Hülsen, T-Stücken, Reduzierungen, Deckel, etc. fertig kaufen oder aus Blechrollen selbst herstellen.

Das Material ist nicht brennbar und kommt damit in Bereichen mit dementsprechender Anforderung zum Einsatz. Ebenso besteht die Möglichkeit, den Blechmantel durch Einsatz von Dichtungsbändern oder Silikon schlaglegendicht auszuführen.

Verarbeitung: Über jeglichen, vorab aufgetragenen Dämmstoff, in dieser Arbeit Ausführung B, Mineralwolle, kann ein Alublechmantel aufgebracht werden. Der Blechmantel wird genietet oder geschraubt. Vorher werden

Bögen und Deckel montiert, danach ganze Rohrhülsen mit 1,0 m Länge. Zum Abschluss werden T-Stücke und Passtücke angefertigt und montiert. Ausschnitte für zum Beispiel Temperaturfühler werden mit verschiedenen Blehscheren vorgenommen.

In der nächsten Abbildung sieht man die Isolierung einer Verteilstation von Heizungsleitungen.



Abbildung 2-4 Ausführung D, Blech und Ausführung C, PVC

### 3 Datenerhebung

Die Beschreibung der Datenerhebung erstreckt sich von der Beschreibung der beobachteten Baustellen, über die Beschreibung der Probanden und Ihren Firmen, den Beobachtungszeiträumen und den beobachteten Tätigkeiten bis zu den Methoden der Datenerhebung.

#### 3.1 Die beobachteten Baustellen

Die Beobachtungen für diese Diplomarbeit wurde auf drei unterschiedlichen Baustellen durchgeführt. Für die Probanden G, V und F aus dem Bereich des Bauhilfsgewerbes beim Bauvorhaben Asia Spa Leoben, für den Proband Elektriker in der Voest Alpine Leoben und für den Proband Installateur bei der Freiwilligen Feuerwehr St. Michael.

##### 3.1.1 Asia Spa Leoben

Die Beobachtungen der Probanden aus dem Bereich der WKSB-Dämmen wurden bis auf zwei Arbeitstage auf der Baustelle des neuen Asia Spa mit angeschlossenem 4 Sterne – Hotel der Falkensteinergruppe in Leoben vorgenommen.

Insgesamt wurden bei diesem Bauvorhaben ca. 6500 Meter Kaltwasserleitungen mit Elastomerschläuchen und –platten, Ausführung A, und 6000 Meter Heizungs-, Warmwasser- und Zirkulationsleitungen mit Mineralwolle, Ausführung B, gedämmt. Davon wurden 4000 Meter zusätzlich mit einem PVC-Mantel und 400 Meter mit einem Alublechmantel verkleidet. Die durchgeführten Arbeiten auf dieser Baustelle erstreckten sich über einen Zeitraum von ca. 6 Monaten.

Das Bauareal ist in der so genannten Au, einem Freizeitgelände der Stadt Leoben, gelegen, die Becken des alten Freibades wurden in die neue Anlage integriert. Als Teil der Stadtentwicklung entstanden hier in den letzten Jahren schon eine neue Eishalle und ein Flusskraftwerk in der Mur.

##### 3.1.2 Voest Alpine Leoben; Gewerk WKSB-Dämmen

Die Isolierung einer Heizungsleitung mit Mineralwolle und einem darüber liegenden Blechmantel war eine Reparatur nach einem Rohrleitungsschaden. Dies fand in der Voest Alpine Leoben statt, und stellt in mehrerer Hinsicht eine Besonderheit dar. Erstens vom eingesetzten Material, zweitens von dem notwendigen Montagewissen des Monteurs und drittens war der Montageort in einer Halle in 60 m Höhe, welcher nur zu Fuß über eine Gitterrosttreppe zu erreichen war.

### 3.1.3 Voest Alpine Leoben; Proband Elektriker

Auf dem Gelände der Voest Alpine Donawitz wurde ein neuer Kesselblock zur Energiegewinnung errichtet.

Leider war kein konstanter Verbleib bei einer Tätigkeit durch den Proband Elektriker möglich, was an der Struktur der Firma des Elektrikers liegt. Diese ist spezialisiert auf Industriekunden und hat in der Voest Alpine Donawitz sogar einen eigenen Firmenstützpunkt.

Als Handwerksbetrieb stellen sich in einem Industrierwerk wie der Voest Alpine Donawitz spezielle Herausforderungen. Zum einen wären hier die verschärften Arbeitssicherheitsbestimmungen, deren Kenntnis jeder Monteur in individuellen Multiple-Choice-Tests am Computer zeigen muss. Zum anderen müssen die Firmen und die Monteure universell einsetzbar sein und vor allem für unvorhergesehene Reparaturen extrem kurzfristig verfügbar sein.

Dies bedingt einerseits ein größeres Lager, um für auftretende kurzfristige Reparaturarbeiten das notwendige Material verfügbar zu haben, andererseits ist eine Einteilung der Monteure für eine ganze Woche nur bedingt möglich. Man muss immer eine gewisse Anzahl an Personal kurzfristig flexibel einteilen können, um eine unvorhergesehene Baustelle mit Personal bedienen zu können.

Gewöhnungseffekte treten daher nur begrenzt auf, da immer wieder neue Anforderungen gleichbleibende Tätigkeiten über einen längeren Zeitraum kaum zulassen.

### 3.1.4 Freiwillige Feuerwehr St. Michael; Proband Installateur

Das Rüsthaus der Freiwilligen Feuerwehr in St. Michael wurde einer Komplettsanierung unterzogen. Vieles davon wurde von den Mitgliedern in Eigenregie durchgeführt, vor allem Stemmarbeiten und Demontgearbeiten. Im Zuge der Umbauten wurde auch die komplette Heizung und die Sanitärinstallation erneuert. Bei diesem Umbau ergab sich die Möglichkeit, einen Mitarbeiter einer Installationsfirma eine Woche zu begleiten um die für diese Diplomarbeit benötigten Beobachtungen durchzuführen. Die Arbeiten bestanden im Wesentlichen aus dem Verlegen von Rehau-Kunststoffleitungen mit dazugehörigem Kupplungssystem als Warmwasser-, Kaltwasser- und Heizungsleitungen.

## 3.2 Beschreibung der Probanden

Die Probanden mit dem Kürzel G, V und F waren bei der Firma des Beobachters und Verfassers der Diplomarbeit, einem Isolierbetrieb aus Leoben, beruflich tätig. Der Proband Elektriker war bei einem

Elektronunternehmen aus dem Bezirk Leoben, und der Proband Installateur war bei einem Installationsunternehmen aus Leoben beschäftigt.

Um in der Arbeit den Überblick besser behalten zu können, wurde für den Elektriker und den Installateur jeweils die Berufsbezeichnung statt einem Kürzel als Bezeichnung verwendet.

Im Folgenden werden Die einzelnen Probanden werden mit Alter, Größe, Gewicht und Erfahrung beschrieben.

- Proband G:
  - Alter: 29 Jahre
  - Größe: 180 cm
  - Gewicht: ca. 85 kg
  - Erfahrung: Proband G kann man vor allem bei den Ausführungen A und B als sehr erfahren bezeichnen, da hier trotz des jungen Alters doch eine Spezialisierung stattgefunden hat. Bei Ausführung C ist dies nicht der Fall, ebenso nicht beim Blech.
  
- Proband V:
  - Alter: 29 Jahre
  - Größe: 170 cm
  - Gewicht: ca. 85 kg
  - Erfahrung: Proband V kann man vor allem bei der Ausführung A als sehr erfahren bezeichnen. Auch hier hat eine Spezialisierung stattgefunden. Proband V ist aber auch bei den anderen Ausführungen sehr organisiert im Montageablauf.
  
- Proband F:
  - Alter: 35 Jahre
  - Größe: 172 cm
  - Gewicht: ca. 105 kg
  - Erfahrung: Proband F ist vor allem bei Ausführung C sehr geübt. Proband F ist aber auch bei den anderen Ausführungen sehr organisiert im Montageablauf, speziell bei Ausführung A und B.

- Proband Elektriker:
  - Alter: 32 Jahre
  - Größe: 176 cm
  - Gewicht: ca. 85 kg
  - Erfahrung: Proband F ist ein ausgebildeter Elektriker, vertretungsweise mit Bauleitertaufgaben betreut.
  
- Proband Installateur:
  - Alter: 18 Jahre
  - Größe: ca. 182 cm
  - Gewicht: ca. 75 kg
  - Erfahrung: Der Proband ist ein junger, sehr engagierter Monteur, allerdings noch in Ausbildung. Alleinverantwortliches Abwickeln ganzer Bauvorhaben liegt noch nicht in seinem Aufgabenbereich.

### 3.3 Der Beobachtungszeitraum

Die Beobachtungszeiträume waren aufgrund der unterschiedlichen Arbeitszeiten der einzelnen Firmen von Proband zu Proband unterschiedlich.

#### 3.3.1 Arbeitszeiten der Probanden des Bauhilfsgewerbes.

Die Arbeitszeit der Probanden G, V und F während der Beobachtungszeit war wie folgt gegliedert.

Montag, 10.03.08: 07:00 Uhr bis 12:00 Uhr, 13:00 bis 17:00 Uhr

Dienstag, 11.03.08: 07:00 Uhr bis 12:00 Uhr, 13:00 bis 17:00 Uhr

Mittwoch, 12.03.08: 07:00 Uhr bis 12:00 Uhr, 13:00 bis 17:00 Uhr

Donnerstag, 13.03.08: 07:00 Uhr bis 12:00 Uhr, 13:00 bis 17:00 Uhr

Freitag, 14.04 08: 07:00 Uhr bis 13:00 Uhr

Montag, 17.03.08: 07:00 Uhr bis 12:00 Uhr, 13:00 bis 17:00 Uhr

Dienstag, 18.03.08: 07:00 Uhr bis 12:00 Uhr, 13:00 bis 17:00 Uhr

Mittwoch, 19.03.08: 07:00 Uhr bis 12:00 Uhr, 13:00 bis 17:00 Uhr

Donnerstag, 20.03.08: 07:00 Uhr bis 12:00 Uhr, 13:00 bis 16:00 Uhr

Montag, 31.03.08: 07:00 Uhr bis 12:00 Uhr, 13:00 bis 17:00 Uhr  
 Dienstag, 01.04.08: 07:00 Uhr bis 12:00 Uhr, 13:00 bis 17:00 Uhr  
 Mittwoch, 02.04.08: 07:00 Uhr bis 12:00 Uhr, 13:00 bis 17:00 Uhr  
 Donnerstag, 03.04.08: 07:00 Uhr bis 12:00 Uhr, 13:00 bis 17:00 Uhr

Während der Mittagspause wurden keine Beobachtungen festgehalten.

Am Donnerstag, dem 20.03.2008 wurden nur 8 Stunden, von 07:00 Uhr bis 16:00 Uhr, gearbeitet. Der Grund dafür waren bauliche Maßnahmen im Montagebereich, wodurch die Arbeiten früher beendet werden mussten. Da der Proband seinen Arbeitstag in Folge dessen um eine Stunde früher beendet hat, waren keine Messungen um 16:30 Uhr und um 17:00 Uhr möglich.

Der Beobachtungszeitraum betrug 3 Wochen, wobei nach zwei Wochen eine Woche Pause bei der Beobachtungsreihe gemacht wurde, da der Verfasser der Arbeit in dieser Woche seiner beruflichen Tätigkeit nachgehen musste.

### 3.3.1.1 Beobachtungen Proband G

Für den Proband G ergaben sich im Zeitraum vom 10.03.2008 bis zum 20.03.2008 neun Beobachtungstage und vom 31.03.2008 bis 03.04.2008 vier weitere Tage. Insgesamt wurden 13 Beobachtungstage aufgenommen. Die Auswertung erfolgt somit für insgesamt 226 einzelne Tätigkeitsbeobachtungen.

### 3.3.1.2 Beobachtungen Proband V

Proband V war am 31.03.2008 und 01.04.2008 nicht auf der Baustelle, es wurden daher bei Proband V keine Beobachtungen an diesen zwei Tagen vorgenommen.

Für den Proband F ergaben sich im Zeitraum vom 10.03.2008 bis zum 20.03.2008 neun Beobachtungstage und vom 02.04.2008 bis 03.04.2008 zwei weitere Tage. Insgesamt wurden elf Beobachtungstage aufgenommen. Die Auswertung erfolgt somit für insgesamt 190 einzelne Tätigkeitsbeobachtungen.

### 3.3.1.3 Beobachtungen Proband F

Für den Proband F ergaben sich im Zeitraum vom 10.03.2008 bis zum 20.03.2008 neun Beobachtungstage und vom 31.03.2008 bis 03.04.2008

vier weitere Tage. Insgesamt wurden 13 Beobachtungstage aufgenommen. Die Auswertung erfolgt somit für insgesamt 226 einzelne Tätigkeitsbeobachtungen.

### 3.3.2 Arbeitszeiten Proband Elektriker

Die Arbeitszeiten vom Proband Elektriker waren nicht konstant und stellten sich wie folgt dar:

Montag, 07.04.08: 08:00 Uhr bis 12:10 Uhr, 12:40 bis 14:10 Uhr  
 Dienstag, 08.04.08: 06:00 Uhr bis 11:50 Uhr, 13:30 bis 15:20 Uhr  
 Mittwoch, 09.04.08: 07:00 Uhr bis 12:00 Uhr, 12:40 bis 13:30 Uhr  
 Donnerstag, 10.04.08: 07:00 Uhr bis 11:50 Uhr, 12:40 bis 16:00 Uhr  
 Freitag, 11.04.08: 07:00 Uhr bis 12:00 Uhr

Die Beobachtungen fanden nach einem einwöchigen Urlaub des Probanden statt. Er musste die Vertretung seines Bauleiters übernehmen, der selbst in Urlaub gegangen ist, es hat aber keine persönliche, geordnete Baustellenübergabe stattgefunden, sondern Proband Elektriker musste sich über das Lesen von alten Wochenarbeitsberichten selbst ein Bild machen und den weiteren Arbeitsablauf der ihm unterstellten Monteure planen. Den Rest der Zeit hat er produktiv gearbeitet.

Beim Proband Elektriker gab es noch einen Sonderfall. Am 07.04.2008, dem ersten Beobachtungstag, wurden Arbeiten in einem Elektroschaltraum vorgenommen, in dem keine elektrischen Geräte mitgenommen werden durften. Der Proband musste seinen Brustgurt zur Übermittlung der Herzfrequenz ablegen und auch dem Messenden war aufgrund der Sicherheitsvorschriften der Zutritt untersagt. Hier konnten daher 3 Messungen nicht vorgenommen werden.

Die Auswertung erfolgt somit für insgesamt 196 einzelne Tätigkeitsbeobachtungen.

### 3.3.3 Arbeitszeiten Proband Installateur

Die Arbeitszeiten vom Proband Installateur waren nicht konstant und stellten sich wie folgt dar:

Montag, 21.04.08: 08:00 Uhr bis 12:00 Uhr, 12:30 bis 15:30 Uhr  
 Dienstag, 22.04.08 07:00 Uhr bis 12:00 Uhr, 12:30 bis 16:00 Uhr  
 Mittwoch, 22.04.08 07:00 Uhr bis 12:00 Uhr, 12:30 bis 14:00 Uhr  
 Donnerstag, 22.04.08 07:00 Uhr bis 12:00 Uhr, 12:30 bis 16:00 Uhr  
 Freitag, 22.04.08 07:00 Uhr bis 11:00 Uhr



Die Auswertung erfolgt somit für insgesamt 210 einzelne Tätigkeitsbeobachtungen.

### 3.4 Die Methoden und der Ablauf der Datenerhebung

#### 3.4.1 Die Methoden der Datenerhebung

Für die Erfassung der Tätigkeiten der Probanden in der Arbeitszeit wurde nach dem System von REFA vorgegangen.<sup>10</sup>

Die Gliederung der Ablaufarten für den **Mensch**, **M**, umfasst alle Ereignisse, die auftreten können, solange der Mensch im Rahmen eines Arbeits- oder Dienstverhältnisses und der Arbeitszuordnung dem Betrieb zur Verfügung steht.

Man unterscheidet:

Der Mensch ist **im Einsatz**, wenn er während der festgelegten Arbeitszeit Arbeitsaufgaben ausführt.

Der Mensch ist **außer Einsatz**, wenn er zur Ausführung von Arbeitsaufgaben während der festgelegten Arbeitszeit längerfristig nicht zur Verfügung steht oder vom Betrieb längerfristig nicht beschäftigt werden kann.

Unter **Betriebsruhe** fallen die gesetzlichen, tariflichen oder betrieblich geregelten Arbeitspausen oder sonstige Anlässe, während denen im Gesamtbetrieb oder in Teilen des Betriebes nicht gearbeitet wird.

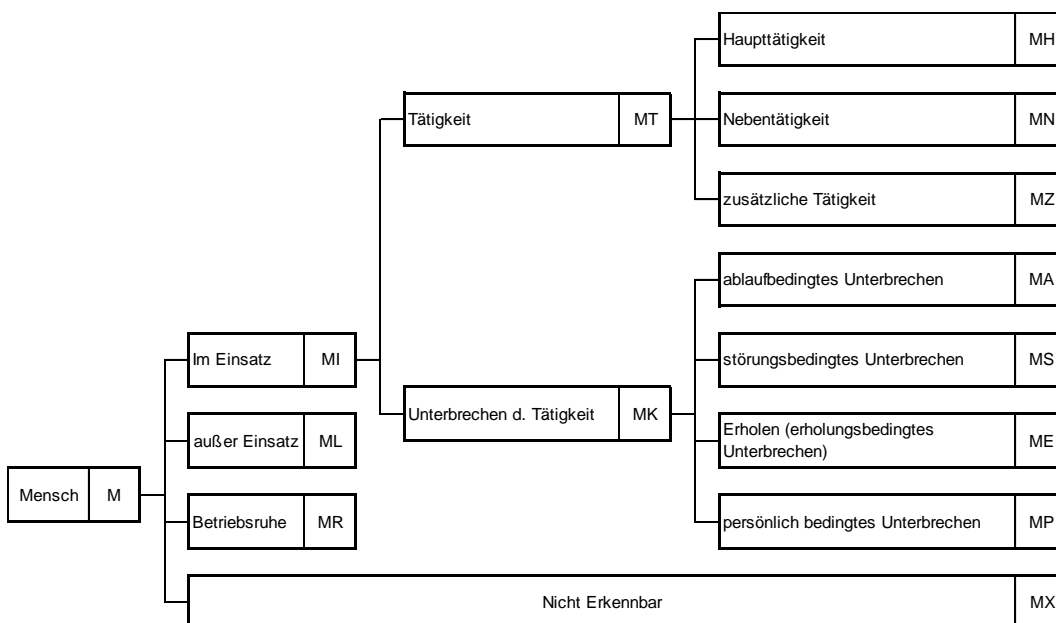


Abbildung 3-1 System der Ablaufarten nach REFA für den Menschen

<sup>10</sup> KÜNSTNER, G.: Schriftenreihe "REFA in der Baupraxis", Teil II Datenermittlung, S.

Die Einteilung der Tätigkeiten nach REFA<sup>11</sup> erfolgt nach Tätigkeiten, Unterbrechen der Tätigkeiten und nicht erkennbaren Tätigkeiten. Die von REFA vorgeschlagene Einteilung der Tätigkeiten gestaltet sich wie folgt:

Die „Tätigkeiten“ werden unterteilt in:

*Haupttätigkeit:*

*Eine Haupttätigkeit ist eine planmäßige, unmittelbar der Erfüllung der Arbeitsaufgabe dienende Tätigkeit.*

*Nebentätigkeit:*

*Eine Nebentätigkeit ist eine planmäßige, nur mittelbar der Erfüllung der Arbeitsaufgabe dienende Tätigkeit.*

*zusätzlicher Tätigkeit:*

*Um eine zusätzliche Tätigkeit handelt es sich, wenn deren Vorkommen oder Ablauf nicht vorausbestimmt werden kann.*

Die „Unterbrechungen“ sind eingeteilt in:

*Ablaufbedingt:*

*Das ablaufbedingte Unterbrechen ist ein planmäßiges unvermeidliches Warten des Menschen auf das Ende von Ablaufabschnitten, die beim Betriebsmittel oder Arbeitsgegenstand selbständig ablaufen. Meist ist das Betriebsmittel oder der Arbeitsgegenstand zeitbestimmend, bei Gruppenarbeit aber auch der Arbeitskollege, damit der Mensch.*

*Störungsbedingt:*

*Das störungsbedingte Unterbrechen der Tätigkeit ist ein zusätzliches Warten des Menschen infolge technischer und organisatorischer Störungen sowie Mangel an Informationen.*

*Erholungsbedingt:*

*Erholen im Sinne des Arbeitsstudiums ist ein Unterbrechen der Tätigkeit, um damit die infolge der Tätigkeit aufgetretene Arbeitsermüdung abzubauen.*

*Persönlich bedingt:*

*Ein persönlich bedingtes Unterbrechen der Tätigkeit liegt vor, wenn der Mensch seine Tätigkeit unterbricht und die Ursache persönliche Gründe hat.*

Nicht erkennbare Tätigkeit:

*Tätigkeit nicht zu erkennen.*

In der Datenauswertung dieser Diplomarbeit wurde die Ebene der Tätigkeit, MT, und der Unterbrechung der Tätigkeit, MK, sowie „nicht

<sup>11</sup> KÜNSTNER, G.: Schriftenreihe "REFA in der Baupraxis", Teil II Datenermittlung, S.

erkennbar“, MX, als erste Kategorieebene oder Kategorieebene 1 bezeichnet.

Die Ebene mit der Unterteilung der Tätigkeiten in Haupttätigkeiten, MH, Nebentätigkeiten, MN und zusätzlichen Tätigkeiten, MZ, sowie der Unterscheidung der Unterbrechungen in ablaufbedingte, MA, störungsbedingte, MS, erholungsbedingte, ME, sowie persönlich bedingte Unterbrechungen, MP, wurde als zweite Kategorieebene oder Kategorieebene 2 bezeichnet.

Die Beobachtungen wurden in Form einer systematischen Multimomentaufnahme vorgenommen. Die Multimomentaufnahme wird nach REFA wie folgt definiert:

*Die Multimomentaufnahme besteht in dem Erfassen der Häufigkeit zuvor festgelegter Ablaufarten an einem oder mehreren gleichartigen Arbeitssystemen mit Hilfe stichprobenmäßig durchgeführter Kurzzeitbeobachtungen.*

Die weitere Beschreibung lautet:

*Bei der systematischen Momentaufnahme werden die Beobachtungen in regelmäßigen Intervallen durchgeführt. Dadurch hat jedes Ereignis die gleiche Chance, erfasst zu werden.*

Die beobachtete Arbeit darf daher nicht streng zyklisch sein, um die Zufälligkeit der Beobachtung zu gewährleisten.

*Die Multimomentaufnahme ist bei größeren Arbeitssystemen wirtschaftlich einzusetzen, um Ist-Daten über die relative Zusammensetzung von Ablaufarten zu gewinnen.*

*Die Forderung nach ständiger Beobachtung hat zur Folge, dass die Gruppenarbeit auf räumlich begrenztem Platz durchgeführt werden muss und dass von einem Standort aus alle an der Arbeit tätigen Menschen und Betriebsmittel beobachtet werden können.*

*Die systematische Multimomentaufnahme ist vorzugsweise für Arbeitsgruppen in der Größe bis zu rd. acht Arbeitern, die stets im Blickfeld des Beobachters liegen, und bei der die Beobachtungszeitpunkte gleichmäßig und die Intervalle relativ kurz sind.*

Als Zeitintervall wurden für die im Zuge dieser Diplomarbeit durchgeführten Beobachtungen zwei unterschiedliche Erfassungsintervalle festgelegt.

Für die Probanden G, V und F aus dem WKSB-Bereich wurde ein 30-Minuten-Intervall über einen 3-wöchigen Beobachtungszeitraum bestimmt, für die Probanden Elektriker und Installateur wurde ein 10-Minuten-Intervall über einen 1-wöchigen Beobachtungsintervall festgelegt.

### 3.4.2 Datenerhebungsbogen

In der Spalte rechts neben dem Feld mit Haupttätigkeiten, Nebentätigkeiten, etc., wurde die detaillierte Beobachtung vermerkt, in der zur Beobachtungszeit gehörenden Spalte eine Markierung gemacht. Hat die Tätigkeit auf einer Leiter stattgefunden, wurde diese Markierung zusätzlich mit einem „L“ gekennzeichnet.

Baustelle:	Asia Spa, Leoben		Beginn:		Ausführung:	A	Elastomer (Kautschuk)
Datum:			Ende		B	Lamellenmatten	
AN-kürzel:			Pause		C	PVC	

	Stunde Minute	1		2		3		4		5	
		30	60	30	60	30	60	30	60	30	60
Tätigkeit	Haupt-tätigkeit										
	Neben-tätigkeit										
	zusätzl. Tätigkeit										
Unterbrechung	Ablauf-bedingt										
	Störungs-bedingt										
	Erholungs-bedingt										
	Persönlich bedingt										
Nicht erkennbar											
WBGT	Wärmestr.										
	Luftgeschw. rel Luftf.										
	Temp.										
	Puls										
	Körpertemp.										
	Ausführung										
	Leistung	laufmeter, stündlich									
	Formanteil	in % laut Norm									
Lineal	MW von 3; zufällig, in cm										

Abbildung 3-2 Datenerhebungsblatt leer, erste Seite

### 3.4.3 Ablauf der Datenerhebung

Das Datenblatt wurde durch Eintrag des Probanden, des Datums der Messung, des Ortes und Namen der Baustelle und der Beginnzeit, Pausenzeiten sowie dem Arbeitsende vorbereitet.

Morgens bei Arbeitsbeginn wurde jedem Probanden ein Gurt zur Messung der Herzfrequenz mit zugehörigem Herzfrequenzmesser angelegt und die Erstmessung ermittelt. Zu jeder vollen und halben Stunde wurde die gemessene Herzfrequenz notiert und in Form einer systematischen Multimomentaufnahme die zu diesem Zeitpunkt durchgeführte Tätigkeit protokolliert, bei den WKSB-Dämmern zusätzlich die Ausführung A, B, C und D.

Parallel wurden mit einem geeigneten Messgerät Messgrößen zur Bestimmung der äußeren Randbedingungen wie Luftfeuchtigkeit, Lufttemperatur und Oberflächentemperatur der dem Probanden nächstgelegenen Oberfläche gemessen und festgehalten.

Um 12:00 Uhr erfolgte die letzte Messung incl. anfallender Tätigkeit oder Unterbrechung vor der Mittagspause. Zum Ende der Pause um 13:00 Uhr wurde, wie schon bei Arbeitsbeginn, die erste Pulsmessung nach der Pause notiert. Während der Mittagspause wurde keine Messung vorgenommen.

Die letzte Messung erfolgte zum Ende der Arbeitszeit.

Im Zuge dieser Diplomarbeit wurde weiters die verrechenbare Leistung, sowie der Formteilanteil für die Probanden aus dem Bereich der Wärme- Kälte- Schall- und Branddämmen notiert. Die verrechenbare Leistung wurde in diesem speziellen Fall abhängig vom Leistungsverzeichnis und der darin ausgeschriebenen Verrechnungseinheiten als Laufmeter erfasst. Die Erfassung der Formteile beschränkte sich auf die gedämmten Bögen bei allen Ausführungen und zusätzlich Aufhängungsmanschetten und Ventile bei Ausführung A, Elastomer, da damit die aufwändigsten Formteile abgedeckt sind.

Formteile konnten bei diesem Bauvorhaben allerdings nicht verrechnet werden, da die Abrechnungsmodalitäten in diesem Punkt zwischen Ausschreibung und ÖNORM B2260-1 abwichen. Formteile wurden bei diesem Bauvorhaben im Aufmaß des WKSB-Dämmers nicht berücksichtigt. Ein entsprechender Aufschlag in Prozent war bereits bei Angebotsabgabe in die Einheitspreise pro Laufmeter einzurechnen.

Um den Arbeitsablauf nicht zu behindern oder durch die Anwesenheit zu beeinflussen, entfernte sich der Beobachter zwischen den Messungen, was bei einem Messintervall von 30 Minuten möglich war. Ebenso wurde die Mittagspause der Arbeitnehmer nicht durch eine Messung gestört.

Die anfallenden Tätigkeiten, Unterbrechungen oder nicht erkennbaren Momentaufnahmen wurden detailliert im jeweilig vorgesehenen Feld mit allen zugehörigen Werten eingetragen, um eine nachfolgende Datenauswertung vornehmen zu können.

Bei den Probanden Installateur und Elektriker war der Beobachtungszeitraum nur eine Woche, allerdings wurde in einem Messintervall von 10 Minuten gemessen.

In der Mittagspause wurden keine Messungen vorgenommen und daher nicht bei den Unterbrechungen vermerkt. Damit ergibt sich eine tatsächliche Verteilung der Tätigkeiten und Unterbrechungen während der Arbeitszeit.

### 3.4.4 Herzfrequenz-Messung

Jeder Proband aus dem Bereich der WKSB-Dämmen hatte einen Brustgurt zur Messung der Herzfrequenz umgeschnallt. Am zugehörigen kabellosen Herzfrequenzmessgerät, getragen von den Probanden am Handgelenk, wurde auf Nachfrage des Beobachters der aktuelle Wert der Herzfrequenz vom jeweiligen Probanden mitgeteilt.

Bei den Probanden Elektriker und Installateur hatte der Beobachtende das Empfangsgerät für die Übermittlung der Herzfrequenz selbst am Handgelenk. Bei der Durchführung einer Beobachtung hielt der Beobachter das Messgerät in Empfangsreichweite des Brustgurts und las den Wert der Herzfrequenz ab.

### 3.4.5 Temperaturmessung

Die erhobenen Klimadaten bestanden aus der Oberflächentemperatur der zum Probanden nächsten Oberfläche, relativer Luftfeuchte und Lufttemperatur. Die Werte wurden mit einem testo 845 Infrarot-Messgeräten mit nachgerüstetem Oberflächenfühler und Feuchtmodul gemessen.

## 3.5 Die beobachteten Tätigkeiten auf der Baustelle

Das Datenerhebungsblatt beinhaltet allgemeine Daten wie Ort und Datum der Messung, ein Kürzel für den Arbeitnehmer, die Arbeitszeiten mit Beginn, Ende und Pause, sowie die 3 Hauptausführungen mit Kürzel. Ebenso wurden eventuelle Besonderheiten der Baustelle erfasst, sowie der Puls zu Arbeitsbeginn und am Ende der Pause.

### 3.5.1 Die Datenerhebungsblätter und Beobachtungen bei den einzelnen Gewerken

Die Tätigkeiten und Beobachtungen wurden für jedes Gewerk angegeben, bei den WKSB-Dämmern wurden die Tätigkeiten detailliert beschrieben.

#### 3.5.1.1 Im Detail WKSB

Es wurden hauptsächlich 3 Ausführungsarten durchgeführt.

- **Ausführung A, Isolieren von Kaltwasserleitungen**

Isolierung von Kaltwasserleitungen mit Elastomerschaumprodukten zur Verhinderung von Tauwasser.

- **Ausführung B, Dämmen von Heizungsleitungen**

Isolierung von Heizungs-, Warmwasser-, und Zirkulationsleitungen mit alukaschierten Mineralwollematten, um den Wärmeverlust des Heizungsmediums am Transportweg zu minimieren.

- **Ausführung C, Montage eines PVC-Mantels**

Aufbringen einer zusätzlichen Schicht aus grauem PVC-Mantel über der Mineralwolle. Dieser dient als Schutz gegen leichte mechanische Beanspruchung und wurde aus optischen Gründen vor allem im sichtbaren Bereich im Hotelkomplex und im Kellerbereich des Bades eingesetzt.

- **Ausführung D, Montage eines Blechmantels**

Aufbringen einer zusätzlichen Schicht aus einem Alublechmantel über der Mineralwolle. Dieser dient als Schutz gegen mechanische Beschädigung und wurde aus brandschutztechnischen Gründen vor allem in der Tiefgarage unter dem Hotelkomplex sowie bei gedämmten Leitungen im Freien eingesetzt.

### 3.5.1.2 Ausführung A; Isolieren von Kaltwasserleitungen mit Elastomer/synthetischem Kautschukschaum

Die erfassten Haupttätigkeiten waren:

- Schlauch schneiden: Die Elastomerschläuche haben bei Anlieferung keinen Längsschlitz, der aber für die Verarbeitung notwendig ist, da man den Schlauch sonst nicht über das Rohr bekommt. Dies wurde meist am Materialzwischenlagerplatz auf einem Arbeitstisch oder auf übereinandergelegten Verpackungskartons durchgeführt, um eine saubere Schnitfführung zu gewährleisten. Schnitte quer zur Rohr- bzw. Schlauchachse wurden direkt am Arbeitsplatz, und somit in manchen Fällen auch auf der Leiter durchgeführt, um den Schlauch auf eine passende Länge zu kürzen. Soweit möglich wurden die Schläuche aber ungekürzt in 2 m Länge verarbeitet, da jede Klebestelle eine Schwachstelle darstellt.
- Kleber streichen: Bei einer Kaltwasserisolierung mit synthetischem Kautschuk muss die Isolierschicht annähernd dampfdicht sein, je nach Qualität des eingesetzten Materials. Um dies zu erreichen darf durch die Isolierung keinerlei Luftaustausch zwischen Außenluft und Luft zwischen Rohr und

Isolierung stattfinden. Hierfür müssen alle zur Montage notwendigen Schnittflächen wie Längs- und Querschnittflächen sowie Ausschnitte, z.B. für Rohraufhängungen wieder verklebt werden. Ebenso ist laut Herstellervorschrift<sup>12</sup> alle 2 m eine Abschottungsverklebung vorgeschrieben. Sollte die Isolierung beschädigt sein, oder das isolierte Medium undicht werden, rinnt das angesammelte Kondenswasser nicht in der Isolierung entlang, sondern wird nach spätestens 2 m gestoppt. Die Verklebung ist somit das Um und Auf bei dieser Ausführung. Der Kleber wird mittels Pinsel oder mit Hilfe einer Klebepistole mit Pumpfunktion als dünner Film auf beide zu verklebende Flächen aufgebracht. Bei größeren Durchmessern, ab Durchmesser 89 mm oder Verwendung von Plattenmaterial für größere Durchmesser oder Flächen wird dieses zusammengerollt, wodurch man die Längsklebefläche als Kreisfläche ausbildet, und in einem Zug bestreichen kann. Nach einer notwendigen Abtrocknungszeit kann das Material durch Zusammendrücken verklebt werden.

- Schlauch kleben: Wenn die Klebeflächen beinahe abgetrocknet sind, werden diese unter kurzem, aber kräftigem Druck miteinander verklebt. Wird der Kleber zu trocken, weil man zu lange wartet, oder zu lange braucht, um die 2 Flächen miteinander zu verkleben, muss man die Flächen wieder mit frischem Kleber bestreichen. Wichtig ist hier somit das Klebetempo und die saubere, ebene Verklebung, sodass sich keine Höhenunterschiede an der Klebefläche bilden. Bei der Abschottungsverklebung ist auch die korrekte Ausführung enorm wichtig, um Baumängeln vorzubeugen und hohe Schadenssummen zu verhindern.
- Manschette kleben: Bei Durchdringungen der Isolierung durch Rohrschellen werden Manschetten mit ca. 3 cm Überlappung links und rechts der Schellen als Streifen zusätzlich auf die Isolierung aufgebracht. Hierbei bleibt aber immer eine Kältebrücke, meist in Form einer Gewindestange, bestehen. Alternativ gibt es, um dies zu verhindern, so genannte Kälteschellen als Rohleitungsaufhängungen, die aus synthetischem Kautschuk bestehen, woran die Isolierung direkt angeklebt werden kann, und somit keine weitere Manschette notwendig ist. Kälteschellen werden aber aufgrund der

<sup>12</sup> KAIMANN GMBH, : Kaiflex Montage-Anleitung. S.



anfallenden Kosten von den Rohrleitungsbauern kaum eingebaut.

Die erfassten Nebentätigkeiten waren:

- Material holen und Material tragen
- Leiter umstellen
- Auf Leiter steigen
- Messen: Bestimmen der Länge von Passstücken mit Hilfe eines Rollmeters.

Die erfassten zusätzlichen Tätigkeiten waren:

- Müll aufräumen/Zusammenräumen
- Aufmaß erstellen

### 3.5.1.3 Ausführung B; Dämmen von Heizungsleitungen mit Mineralwolle-Lamellenmatten

Die erfassten Haupttätigkeiten waren:

- Wolle schneiden: Die Mineralwolle wird in Plastiksäcken geliefert, welche entweder 2 Ballen/Rollen mit je 0,5 m Breite enthalten, oder 1 Rolle zu je 1,0 m. Der Außendurchmesser der Rollen ist unabhängig von der Isolierstärke immer derselbe, zwangsläufig ändert sich die Verpackungsmenge mit der Isolierstärke. Als Beispiel sei hier die Menge von 8 m<sup>2</sup> bei einer Isolierstärke von 30 mm genannt, im Vergleich zu 3 m<sup>2</sup> bei einer Isolierstärke von 100 mm. Die Wolle besitzt eine Alukaschierung aus Alufolie und Glasfaserfäden, welche als Trägermaterial für die Mineralwolle dient. Die Mineralwolle ist in Lamellen mit einer Breite von ca. zehn Zentimeter darauf aufgeklebt. Durch die Lamellen kann die Wolle nur in einer Richtung auf das Rohr aufgebracht werden, da eine Umwicklung des Rohres mit den um 90 Grad gedrehten Lamellen nicht möglich ist. Bei dieser Tätigkeit wird die Wolle im passenden Durchmesser für den jeweiligen Rohrdurchmesser mit einem Tapetenmesser parallel zu den Lamellen geschnitten. Der benötigte Umfang der Mineralwolle errechnet sich aus  $\pi$  mal der Summe aus dem Rohrdurchmesser plus zwei mal der Dämmstärke.

Bei dieser Berechnung passieren oft Fehler, da bei der Berechnung des Umfangs häufig die Isolierstärke falsch oder gar nicht berücksichtigt wird.

Meist wird ein ganzer Ballen aufgeschnitten, um in einem Zug die Montage von mehreren Metern durchführen zu können.

- **Wolle kleben:** Hierbei wird die zuvor geschnittene Wolle um das zu isolierende Rohr gewickelt und mit Klebeband verklebt. Vor allem wenn man auf einer Leiter stehend arbeitet, schiebt man die montierte Wolle möglichst weit am Rohr entlang, um von seinem Standplatz aus möglichst viele Stücke Wolle montieren zu können, ohne seinen Standort verändern zu müssen. Wichtig ist hierbei, keinen Luftspalt zwischen Isolierung und Rohr zu haben, ebenso wie dies auch beim Längs- und Querstoß nicht erwünscht ist. Das Verhältnis zwischen Rohrdimension und Isolierstärke ist hier für die Montagegeschwindigkeit und den nötigen Kraftaufwand entscheidend, da die Wolle mit hoher Isolierstärke auf einen kleinen Biegeradius sehr steif wird, der Radialzug wird enorm. Eine Isolierstärke von 30 mm auf ein Rohr DN 200 ist viel einfacher zu montieren, als eine Isolierstärke von 100 mm auf ein Rohr DN 50. Hierbei ist eine 2-lagige Ausführung mit je 50 mm Isolierstärke zu empfehlen. Die Wolle wird zusätzlich mit einem Wickeldraht mechanisch gesichert. Hierfür ist kein zusätzliches Werkzeug notwendig, man bricht den Draht durch eine erzwungene Materialermüdung einfach ab.
- **Klebeband schneiden:** Es gibt 2 Arten von Klebebändern: Reinaluminiumklebeband und Alubedampftes Polyester-Kunststoffklebeband. Beide Klebebänder entsprechen der in der ÖNORM B 2260-1 geforderten Brennbarkeitsklasse B1.<sup>13</sup> Aufgrund der Preisdifferenz wird im Hochbau aber sehr oft das Kunststoffklebeband verwendet. Der entscheidende Unterschied ist die Brennbarkeit! In Bereichen, in denen die Unbrennbarkeit der verarbeiteten Materialien vorgeschrieben ist, z.B. in Räumen mit einer Feuerquelle, wie es ein Heizraum in einem Einfamilienhaus mit Öl- Gas- oder Festbrennstoffheizung ist, ist ausnahmslos das Reinaluklebeband zu verwenden. Ebenso, wenn über die Wolle kein zusätzlicher Oberflächenschutz mehr aufgebracht wird, wie dies bei Luftkanälen, oder auch bei Rohrleitungen ober einer Zwischendecke der Fall ist. Das Reinaluklebeband ergibt außerdem das ansprechendere Bild, klebt besser und hält länger. Ein weiterer Nachteil neben dem Preis ist, dass es jedoch bei größerer Zugspannung reißt! Das Klebeband wird auf einer Drahtschlinge am Montagegürtel in Hüfthöhe vor dem Körper fixiert.

<sup>13</sup> NORMUNGSINSTITUT, Ö.: ÖNORM B 2260-1. S.

Die erfassten Nebentätigkeiten waren:

- Material holen: Mehr als 2 Ballen Mineralwolle kann eine Person aufgrund der Abmessungen kaum transportieren obwohl das Material sehr leicht ist. Das Raumgewicht des auf dieser Baustelle verwendeten Materials beträgt  $30 \text{ kg/m}^3$ , was ein Gewicht eines Sackes von 7,2 kg ohne Verpackung bei einem Volumen von  $0,24 \text{ m}^3$  ergibt. Die Verpackungseinheit ist 1,0 m hoch und hat ca. 60 cm im Durchmesser.
- Auf Leiter steigen
- Leiter umstellen
- Messen: Bestimmen der Länge von Passstücken mit Hilfe eines Maßbandes.

Die erfassten zusätzlichen Tätigkeiten waren:

Müll aufräumen/Zusammenräumen: Hierfür konnte die Verpackung der Mineralwolle, (der PE-Sack) verwendet werden.

#### **3.5.1.4 Ausführung C; Aufbringen eines PVC-Mantels (Polyvinylchlorid)**

Die erfassten Haupttätigkeiten waren:

- PVC schneiden: Das graue PVC wird in Rollen zu 25 oder 35  $\text{m}^2$  angeliefert. Hat man große Umfänge zu isolieren, nimmt man die große Rolle, da die Krümmung des Materials vorgegeben ist. Will man also einen großen Umfang mit dem vorgegebenen Krümmungsradius einer kleinen Rolle im Endstadium umwickeln, gibt dies statt einer homogenen Oberfläche sichtbare Wellen. Dies stellt einen technischen Mangel dar, ist im Sichtbereich nicht schön anzuschauen und sollte daher von vornherein vermieden werden – wird vom Auftraggeber in solcher Form auch nicht abgenommen. Das PVC wird entweder auf speziellen Schneidetischen auf den erforderlichen Umfang geschnitten, oder einfach von der stehenden Rolle abgeschnitten. Außerdem muss man auftretende Ausschnitte für Aufhängungen, Thermostate, T-Stücke, etc. vorsehen. Bögen werden als gepresster Formteil angeliefert und haben die noch zu verschweißende Naht an der kurzen Seite des Bogens.
- PVC kleben: Die Längs- und Quernaht des PVC-Mantels werden durch bestreichen mit „Quellschweißmittel“ und anschließendem leichten Pressen der Klebeflächen miteinander kaltverschweißt.
- Manschette setzen: Isolierabschlüsse werden mit Alu-Endmanschetten abgeschlossen und mit Wickeldraht

festgebunden. Diese gibt es blank, oder graulackiert, in der Farbe des PVC-Mantels. Isolierabschlüsse sind zum Beispiel vor jedem Ventil und jeder Flanschverbindung.

### 3.5.1.5 Ausführung D; Montage eines Blechmantels

Montage eines Alublechmantels über die zuvor aufgebraute Mineralwolle der Ausführung B.

Die Ausführung Blech wurde in der Voest Alpine durchgeführt. in der Tiefgarage des Asia Spa wurde ebenso diese Ausführung gewählt, da hier ausnahmslos unbrennbare Materialien zum Einsatz kommen durften (18.03.2008 V; 18.03.2008 und 19.03.2008 G und F).

Die erfassten Haupttätigkeiten für diese Ausführung waren:

- Blech schneiden: Das Alublech wird für gängige Dimensionen im Hochbau (bis 250 mm Durchmesser) fertig geliefert. Die Hülsen, je 1,0 m lang, sind bereits gerundet und mit einer Längssicke, sowie einer Plus- und einer Minussicke bei den jeweiligen Enden versehen. Das System ist ähnlich einem Nut- und Federsystem. 5 Hülsen werden ineinander gesteckt, um eine Platzersparnis für Transport und Lagerung zu erzielen. Weiters werden die Bögen als Segmentbögen einzeln geliefert. Ein Bogen besteht aus 2 Halbsegmenten (Anfangs- und Endsegment) sowie ganzen Segmenten. Die Anzahl der ganzen Segmente ist von Durchmesser und vom Radius des Bogens abhängig, und muss bei der Bestellung beachtet werden. Auf dieser Baustelle waren es 2 bis 4 Segmente. Bei dem Anspruch eines spritzwasserfesten Blechmantels ist auch die Lage der Naht von großer Bedeutung. Die Naht ist immer auf der Seite des Bogens, und entweder als A-Bogen oder als B-Bogen ausgeführt (Naht links oder rechts), mit dem Ziel, die Überlappung so montieren zu können, dass kein Wasser eindringen kann. Auch die 2-teiligen Aludeckel, welche als Isolierabschlüsse fungieren werden maschinell vorgefertigt und wie die Bögen zusätzlich händisch gesickt. Nur die Hülsen werden komplett maschinell gefertigt. Eine händische Fertigung ist möglich, wird bei Sonderformteilen auch oft gemacht, ist aber aufgrund des Lohnaufwandes sehr teuer im Vergleich zur maschinellen Serienfertigung. Die erforderliche Länge wird mit einem Rollmassband am Blech angemessen und angeritzt. Bei kleineren Baustellen wird die Hülse daraufhin einfach mit einer Blechschere abgeschnitten und gekürzt. Bei großen Baustellen, oder Baustellen mit sehr hohem Formteilaufkommen, wie z.B. Kesselhäusern, kommen eigene elektrische „Passerschneidmaschinen“ mit einem Blechknapper

zum Einsatz. Die Schnittstelle muss vor der Montage noch mit einer Plus- oder Minussicke versehen werden.

- Blech montieren: Das Blech wird über die vorher aufgebrachte Wolle montiert. Hier muss man für die Montage einen etwas größeren Durchmesser als den errechneten Umfang der Dämmung vorsehen, in der Regel 1 cm, um die Montage zu erleichtern, bzw. mit Unebenheiten oder geringen Unterschieden im Durchmesser der Isolieroberfläche durch Unebenheiten am Rohr (z.B. bei Verbindungsmuffen) ausgleichen zu können. Gute Monteure achten sehr auf ein gelungenes Sickenbild, die exakte Montagerichtung der Bögen und ein optisch ansprechendes Gesamtbild. Bei der Montage ist auch besonders darauf zu achten, im sehr weichen Alublech keine Dellen zu hinterlassen, dies würde nicht abgenommen werden. Alublech als Oberflächenschutz kommt überall dort vor, wo Feuerquellen oder erhöhte Brandgefahr, wie Kesselhäuser oder Tiefgaragen, herrschen. Ebenso bei Isolierungen im Freien, da es nicht korrodiert, wasser- und UV beständig ist, und in Bereichen mit Bedarf an mechanischer Beschädigung. Auch hier werden die Bögen erst vernietet, und dann die geraden Stücke montiert. Erst ganze Meter, dann erst die Passstücke, die extra angefertigt werden müssen. Hierfür ist auf jeder „Blechbaustelle“ eine Sickenmaschine mit passenden Sickenrädern, händisch oder elektrisch zu bedienen, Voraussetzung. Je größer der Durchmesser des Blechmantels, desto tiefer und breiter die Sicke. Bei wetterfesten Isolierungen muss die Sicke ebenfalls tiefer sein, um das Dichtband noch einlegen zu können.
- Glasgewebband montieren: Bei Isolierabschlüssen mit Aludeckeln wird als thermische Trennung zwischen Rohr und Blechmantel ein 2-3 mm starkes Glasgewebband gewickelt und mit Draht befestigt. Auf dieses Band wird dann der Alublechdeckel als Isolierabschluss aufgesetzt.

Die erfassten Nebentätigkeiten waren:

- Messen
- Material tragen

### 3.5.1.6 Sonstige Tätigkeiten, die keiner Ausführung direkt zuzuordnen sind:

Nebentätigkeiten:

- Material holen: In der Früh und nach der Pause aus dem Lager, zwischendurch vom Zwischenlagerplatz in der Nähe des Montageortes.
- Auf Leiter steigen
- Leiter umstellen
- Werkzeug holen: Bei Wechsel der Ausführung musste der Monteur im Lager sein Werkzeug wechseln.
- Werkzeug zurücktragen
- Material tragen:

Zusätzliche Tätigkeiten:

- In Werkstatt Material schichten: Lagerung von angeliefertem Material in der Werkstatt im 1. Stock. Die Dämmstoffballen werden dafür vom EG in das 1. OG geworfen, oder von einer Leiter aus weitergereicht, und dort sortiert gestapelt und gelagert.
- Aufmaß
- Aufräumen
- Auto fahren
- Müll aufräumen: Die Abfälle und Restmaterialien des Isoliermaterials wurde täglich beseitigt, Müll entsorgt, Restmaterialien in das auf der Baustelle vorhandene Lager über Nacht eingesperrt.
- Material in der Firma holen
- Bautüre ausbauen: Aufgrund eines Lagerwechsels wurde die Bautüre erst aus- und dann an anderer Stelle wieder eingebaut.
- Material abladen: Vom Lkw eines Lieferanten, und anschließendes Verbringen ins Lager.
- Lager wechseln: Nochmaliger Wechsel des Lagers.
- Auto putzen: Aufgrund grober Verunreinigung eines Transporters war hier eine Außen- als auch Innenreinigung dringend notwendig.
- Lager räumen
- Nächsten Montageort inspizieren
- Kollegen in Fa. bringen

Unterbrechungen:

- Ablaufbedingt:
  - Trockenzeit für den Kleber bei Ausführung A.
  - Leiter halten für einen Kollegen bei rutschigem Untergrund.
  - Messer schleifen für Ausführung A.
- Störungsbedingt:
  - Stromausfall am 19.03.2008 F, 10.03.2008 G
- Persönlich bedingt: Telefonieren, Kaffee, Rauchen

Nicht erkennbar:

- Eine Messung

### 3.5.1.7 Die Datenerhebungsblätter und Beobachtungen im Detail für den Elektriker

Die Tätigkeit des Elektrikers bestand den Hauptteil der Zeit darin, in zukünftigen Technikräumen die Verkabelung für die Beleuchtung vorzubereiten. Vorerst wurde der Kabelweg mit Hilfe von Wasserwaage und einer Kreideschnur angezeichnet. Danach stand die Testperson auf einer Leiter und hat mit einer Akkubohrmaschine über Kopf Löcher in den Beton gebohrt, um im Anschluss Halteschellen für PVC-Hüllschläuche mittels Schraube und Dübel zu befestigen. Sonstige Arbeiten waren die Erdungsüberprüfung mehrerer Baucontainer, eines Starkstromanschlusses, sowie sonstige kleine Reparaturen und Arbeiten.

Die erfassten Haupttätigkeiten waren:

- Messen
- Messprotokoll erstellen
- Material tragen: Wurde in diesem Fall als Haupttätigkeit notiert, da die Leistungserbringung aus der Materiallieferung bestand und bezahlt wurde.
- Messgerät einstellen
- Flexen
- Schleifen

- Kabel tragen
- Baustelle besichtigen: steht in Zusammenhang mit den Tätigkeiten Zaun tragen und Zaun bauen
- Zaun tragen
- Zaun bauen
- Materialbestellung schreiben
- Rohrschellen vorbereiten
- Schrauben: über Kopf mit Akkuschrauber
- Bohren
- PVC-Hüllrohr schneiden
- Zwischendecke einlegen
- Anzeichnen
- Messen/Prüfen: Bedienung eines Messgeräts zur Überprüfung der Elektroinstallation einer Baustelleneinrichtung.

Die erfassten Nebentätigkeiten waren:

- Gehen: zugehörig zur Haupttätigkeit Messen/Prüfen
- Bericht schreiben: Schreiben eines Messprotokolls
- Baustelle besichtigen/Stiege: Vorbereitung für den nächsten Arbeitstag
- Arbeitsbericht lesen
- Material holen
- Plan lesen
- Leiter tragen/Stiege
- Arbeitsbericht schreiben
- Baubesprechung
- Leiter umstellen
- Material ausfassen
- Leiter tragen

Die erfassten zusätzlichen Tätigkeiten waren:

- Bericht im Lager lesen
- Auto fahren



- Stiege steigen: vom und zum Lager, um dort Einteilungen vorzunehmen. Daher die Zuteilung zu den zusätzlichen Tätigkeiten. Sonstiges Stiegensteigen war immer zur Durchführung einer Haupttätigkeit notwendig, und wurde daher den Nebentätigkeiten zugeteilt.
- Auto ausräumen
- Material ausfassen: Material für einen Kollegen ausfassen, daher als zusätzliche Tätigkeit notiert.

Störungsbedingte Unterbrechungen:

- Behinderung der Leistungserbringung, verursacht durch eine Fremdfirma

Erholungsbedingte Unterbrechungen:

- Pause infolge Zaun tragen:

Persönlich bedingte Unterbrechungen:

- Kaffee/ Rauchen/Telefon:

### 3.5.1.8 Die Datenerhebungsblätter und Beobachtungen im Detail für den Installateur

Die Arbeiten bestanden im Wesentlichen aus dem Verlegen von Reha-Kunststoffleitungen mit dazugehörigem Kupplungssystem, sowie Stemmen.

Die erfassten Haupttätigkeiten waren:

- Material laden/holen
- Rohre ablängen
- Beton bohren
- Leitungen verlegen
- Bohren Hilti
- Dübel setzen für Rohrschellen
- Rehaupresse bedienen
- Rohrschelle setzen
- Rohr sägen
- Flexen

Die beobachteten Nebentätigkeiten waren:

- Material holen
- Material ins Auto einladen
- Kehren
- Messen
- Material/ Werkzeug tragen
- Stiege steigen
- Leiter halten

Folgende zusätzlichen Tätigkeiten wurden beobachtet:

- Auto fahren

Bei den Unterbrechungen konnten nur persönlich bedingte beobachtet werden:

- Rasten: Diese Pausen waren nicht erholungsbedingt.
- Einkaufen gehen

## 4 Datenauswertung

Untersucht wurde die erste Kategorienebene nach REFA mit der Unterteilung in Tätigkeiten und Unterbrechungen. Ebenso wurde die zweite Kategorieebene mit der Unterteilung in Haupt-, Neben- und zusätzliche Tätigkeiten, sowie die verschiedenen Arten der Unterbrechungen untersucht. Außerdem wurde der Bereich der Herzfrequenz pro Tag für den Beobachtungszeitraum, sowie der Verlauf der Herzfrequenz pro Tag analysiert. Die Auswertung wurde für jeden Probanden einzeln vorgenommen und im Anschluss Vergleiche der Ergebnisse getroffen. Auch die durchschnittlichen Temperaturbereiche auf der Baustelle wurden angegeben.

### 4.1 Temperaturmessung

Die gemessenen Temperaturen auf der Baustelle waren in einem Temperaturbereich mit einem Mittelwert um 11° Celsius bis 12° Celsius.

Tabelle 4-1 Lufttemperaturen, Asia Spa

	Proband G	Proband F	Proband V
Min	3,9	3,9	3,9
Max	20,0	20,0	18,7
Mittelwert	11,6	11,7	11,7
Median	12,1	11,5	11,1
75% Quantil	13,9	13,7	13,1
25% Quantil	9,4	10,0	9,3

Ebenso sind keine auffälligen Oberflächentemperaturen oder relative Luftfeuchtigkeitswerte gemessen worden. Der Median der zum Probanden nächsten Oberfläche lag zwischen 7,9° Celsius und 10,0° Celsius. Der Wert lag damit knapp unter der gemessenen Lufttemperatur.

Tabelle 4-2 Oberflächentemperaturen Asia Spa

	Proband G	Proband F	Proband V
Min	0,3	0,3	0,3
Max	20,7	20,7	18,7
Mittelwert	9,9	10,3	10,3
Median	8,2	10,0	7,9
75% Quantil	13,5	13,5	13,5
25% Quantil	6,4	6,9	6,4

Die Luftfeuchtigkeit lag bei 50% der Beobachtungen zwischen 39% und 60%.

Tabelle 4-3 Relative Luftfeuchtigkeit, Asia Spa

	Proband G	Proband F	Proband V
Min	24%	24%	28%
Max	72%	72%	71%
Mittelwert	49%	51%	49%
Median	45%	51%	45%
75% Quantil	60%	64%	58%
25% Quantil	39%	40%	43%

Aufgrund der geringen Schwankungsbreite der ermittelten Klimadaten ist eine detaillierte Analyse, ob ein Leistungsabfall durch einen Temperatureinfluss zustande kommt, nicht möglich. Hierfür müsste die gleiche Art der Ausführung unter ähnlichen äußeren Umständen zu verschiedenen, gezielt gewählten Klimabedingungen durch denselben Proband durchgeführt und beobachtet werden.

Dasselbe gilt für den Einfluss der Temperatur auf die Herzfrequenz.

Bei den Probanden Elektriker und Installateur herrschten ebenso konstante Klimadaten während der Beobachtungen.

## 4.2 Erste Kategorieebene („Tätigkeit“ , „Unterbrechung“, „Nicht Erkennbar“)

### 4.2.1 Erste Kategorieebene; WKSB

Es wurden an insgesamt 13 Tagen bei Proband G und F, sowie an 11 Tagen bei Proband V Beobachtungen vorgenommen.

Bei den Probanden G, V und F wurde der Freitag, 14.03.2008 nicht in die Datenauswertung aufgenommen, da ein untypischer Tagesverlauf beobachtet wurde und die Daten daher nicht mit den Daten der anderen Tage vergleichbar sind. Aufgrund einer Anweisung des Vorgesetzten wurde die Arbeit auf der Baustelle um 11:00 Uhr abgebrochen und in der Werkstatt der Firma Reinigungsarbeiten vorgenommen.

#### 4.2.1.1 Erste Kategorieebene; Proband G

Bei Proband G wurden 214 Beobachtungen gemacht, die in der Analyse der ersten Kategorieebene eingehen.

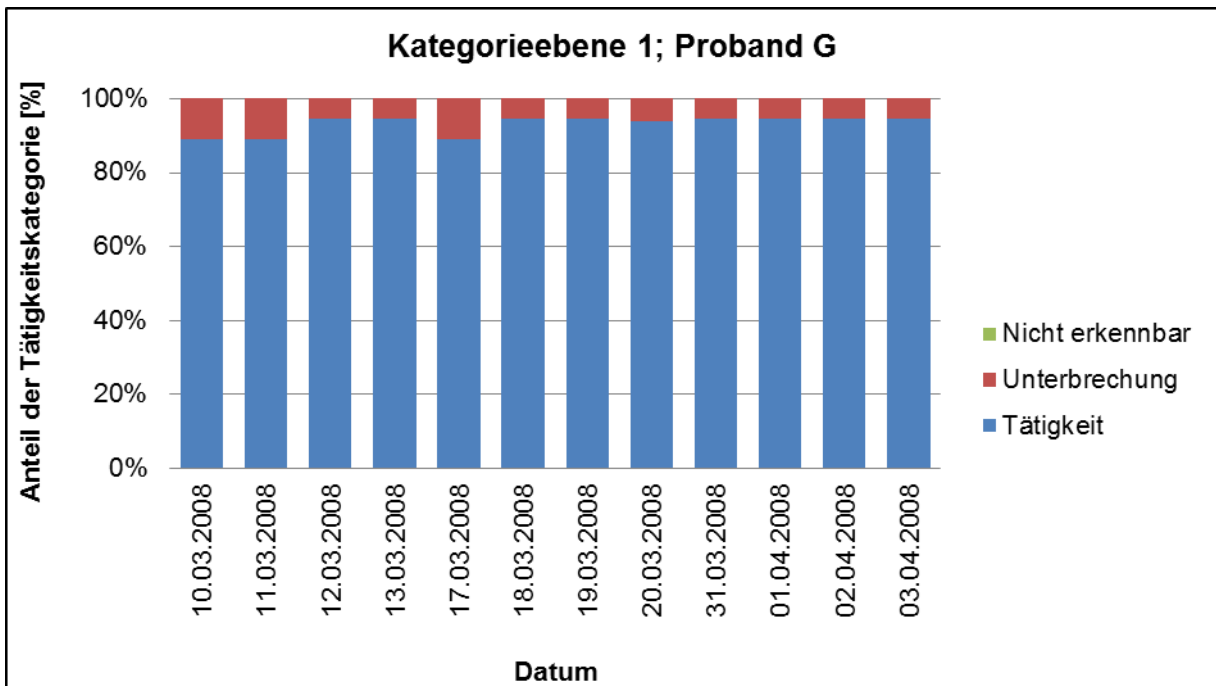


Abbildung 4-1 Kategorieebene 1; Proband G

Der Proband war an jedem Tag maximal zu 94% und minimal zu 89% mit einer Tätigkeit beschäftigt, und wurde maximal zu 11% und minimal zu 6% bei der Ausführung seiner Tätigkeit unterbrochen. Der Durchschnitt über den gesamten Beobachtungszeitraum ergab, dass der Proband zu 9% seine Tätigkeiten ausübte, und zu 7% aus verschiedenen Gründen dabei unterbrochen wurde.

Tabelle 4-4 Kategorieebene 1; Proband G

	Min	Max	Durchschnitt
Tätigkeit	89%	94%	93%
Unterbrechung	6%	11%	7%

#### 4.2.1.2 Erste Kategorieebene; Proband V

Bei Proband V wurden 178 Beobachtungen gemacht, die in der Analyse der ersten Kategorieebene eingehen.

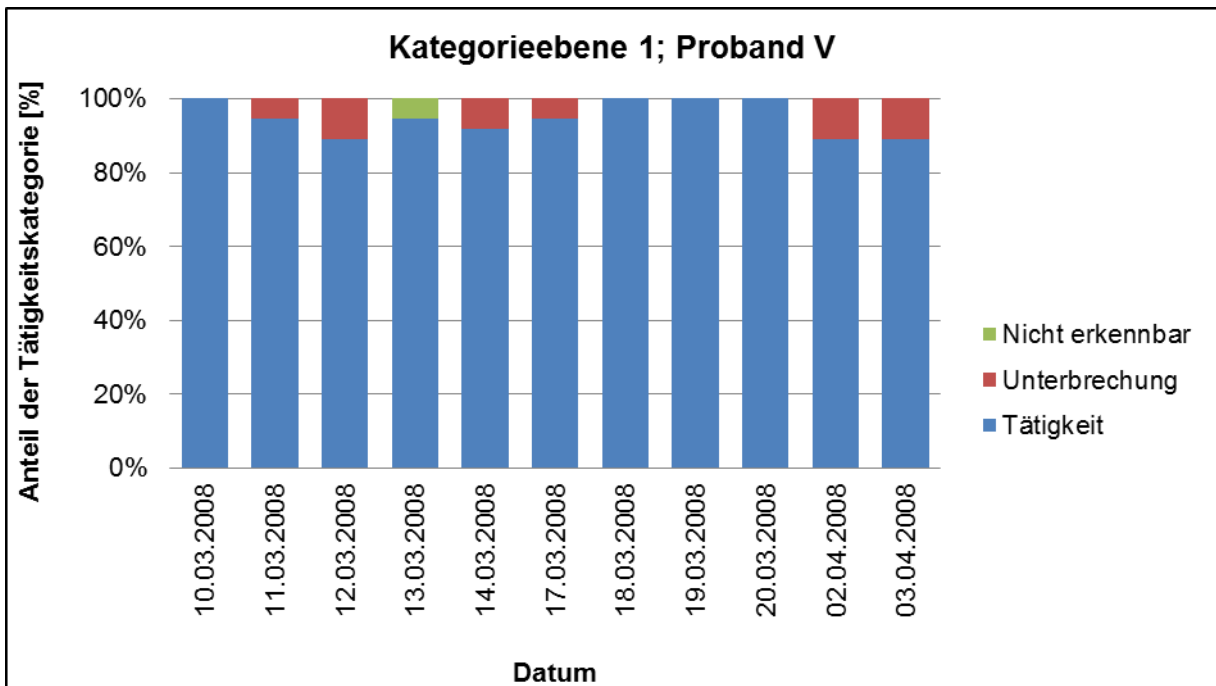


Abbildung 4-2 Kategorieebene 1; Proband V

Der Proband war an jedem Tag maximal zu 100% und minimal zu 89% mit einer Tätigkeit beschäftigt, und wurde maximal zu 11% und minimal zu 0% bei der Ausführung seiner Tätigkeit unterbrochen. Der Durchschnitt über den gesamten Beobachtungszeitraum ergab, dass der Proband zu 95% seine Tätigkeiten ausübte, und zu 4% aus verschiedenen Gründen dabei unterbrochen wurde. Ebenso wurde eine Messung unter „Nicht erkennbar“ notiert, was einen Maximalwert an diesem Tag von 6% ergibt, sich aber im Schnitt nur mit 1% niederschlägt.

Tabelle 4-5 Kategorieebene 1; Proband V

	Min	Max	Durchschnitt
Tätigkeit	89%	100%	95%
Unterbrechung	0%	11%	4%
Nicht erkennbar	0%	6%	1%

#### 4.2.1.3 Erste Kategorieebene; Proband F

Bei Proband F wurden 214 Beobachtungen gemacht, die in der Analyse der ersten Kategorieebene eingehen.

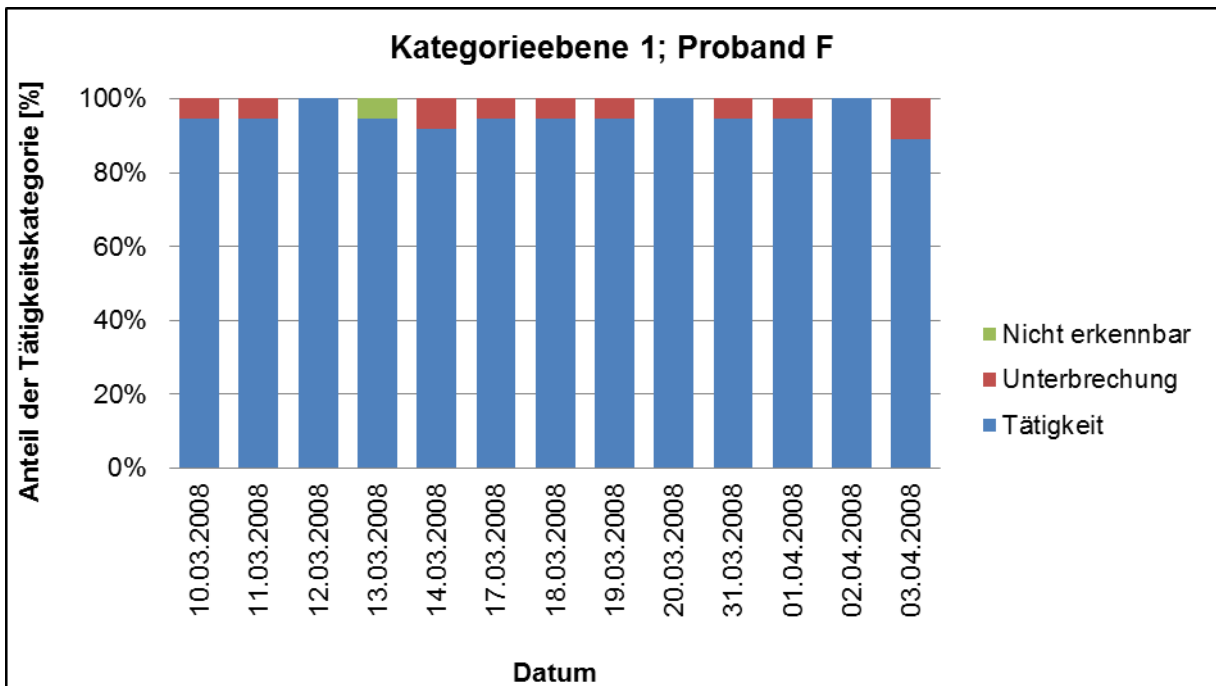


Abbildung 4-3 Kategorieebene 1; Proband F

Der Proband war an jedem Tag maximal zu 100% und minimal zu 89% mit einer Tätigkeit beschäftigt, und wurde maximal zu 11% und minimal zu 0% bei der Ausführung seiner Tätigkeit unterbrochen. Der Durchschnitt über den gesamten Beobachtungszeitraum ergab, dass der Proband zu 95,4% seine Tätigkeiten ausübte, und zu 4,2% aus verschiedenen Gründen dabei unterbrochen wurde. Ebenso wurde eine Messung unter „Nicht erkennbar“ notiert, was einen Maximalwert an diesem Tag von 6% ergibt, sich aber im Schnitt nur mit 0,5% niederschlägt.

Tabelle 4-6 Kategorieebene 1; Proband F

	Min	Max	Durchschnitt
Tätigkeit	89%	100%	95,4%
Unterbrechung	0%	11%	4,2%
Nicht erkennbar	0%	6%	0,5%

#### 4.2.2 Erste Kategorieebene; Proband Elektriker

Beim Proband Elektriker sieht die Verteilung der ersten Kategorieebene mit 199 Beobachtungen aus wie folgt:

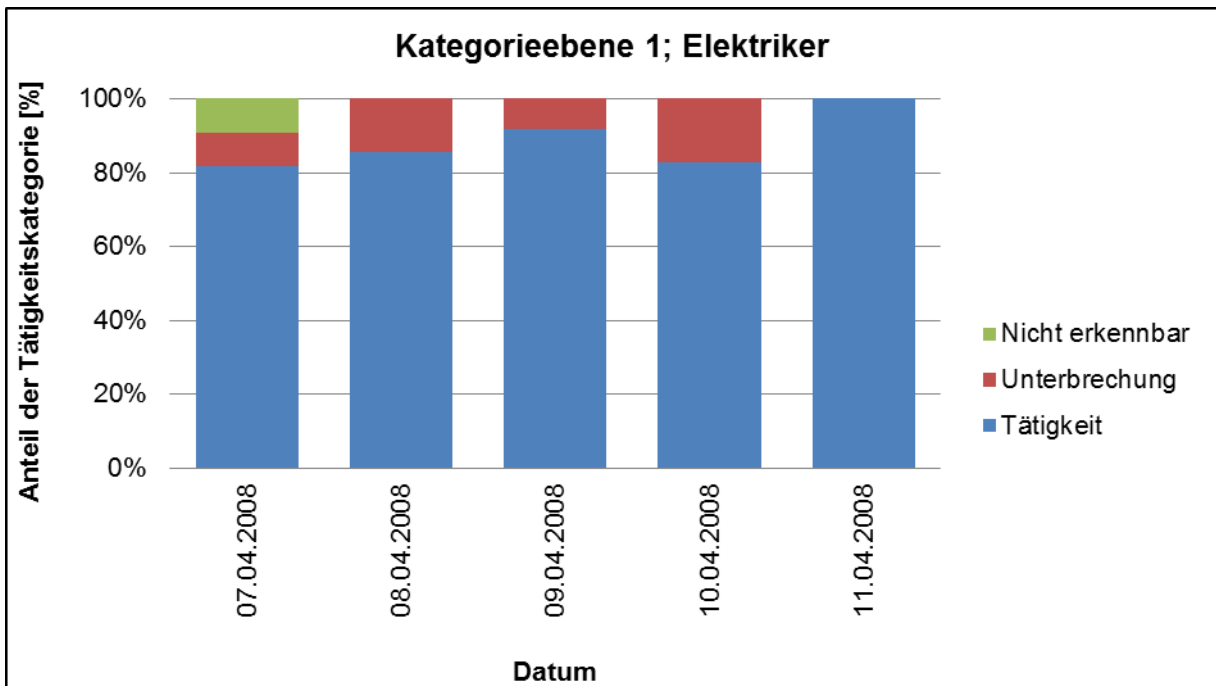


Abbildung 4-4 Kategorieebene 1; Proband Elektriker

Beim Proband Elektriker schwankt der Anteil an Tätigkeiten zwischen 82% und 100%, wobei der Durchschnitt 88% ergibt. Die Unterbrechungen betragen zwischen 0% und 17%, im Schnitt 10%. Hier wurden am ersten Beobachtungstag 3 Beobachtungen als „Nicht erkennbar“ vermerkt.

Tabelle 4-7 Minimum, Maximum und Mittelwert der Kategorieebene 1; Proband Elektriker

	Min	Max	Durchschnitt
Tätigkeit	82%	100%	88%
Unterbrechung	0%	17%	10%
Nicht erkennbar	0%	9%	2%

#### 4.2.3 Erste Kategorieebene; Proband Installateur

Beim Proband Installateur sieht die Verteilung der ersten Kategorieebene mit 210 Beobachtungen aus wie folgt:



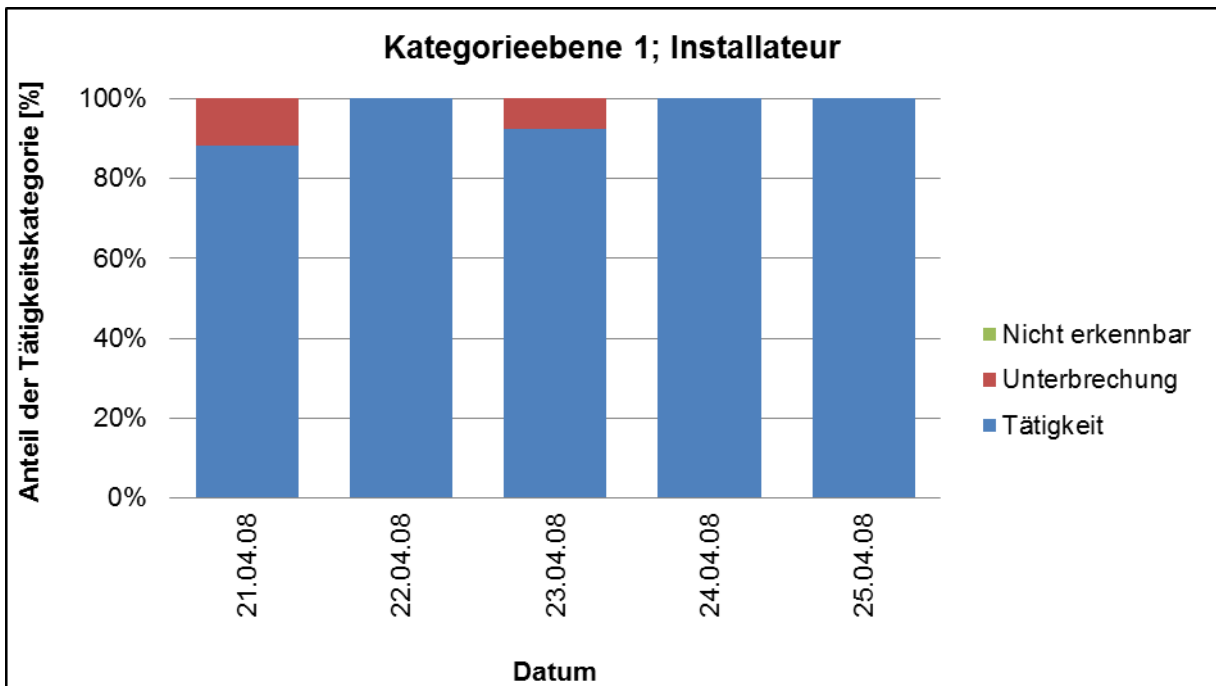


Abbildung 4-5 Kategorieebene 1; Proband Installateur

Beim Proband Installateur schwankt der Anteil an Tätigkeiten zwischen 88% und 100%, wobei der Durchschnitt 96% ergibt. Die Unterbrechungen betragen zwischen 0% und 12%, im Schnitt 4%.

Tabelle 4-8 Minimum, Maximum und Mittelwert der Kategorieebene 1; Proband Installateur

	Min	Max	Durchschnitt
Tätigkeit	88%	100%	96%
Unterbrechung	0%	12%	4%
Nicht erkennbar	0%	0%	0%

#### 4.2.4 Zusammenfassung Kategorieebene 1

Der Beobachtungen des Probanden Installateur weisen den höchsten Anteil an Tätigkeiten aller beobachteten Probanden auf, der durchschnittliche Wert von 96% ist außerordentlich hoch, 3 Tage sind sogar 100% erreicht. Der Durchschnittswert der Unterbrechungen beträgt bei 4 Probanden, zwischen 4% und 7%. Der Elektriker liegt mit 10% im Schnitt, und dem höchsten Maximum von 17% im Vergleich zu den anderen Probanden etwas höher.

### 4.3 Kategorieebene 2

Die Auswertung der zweiten Kategorieebene präziserte die erste Ebene in Form einer weitergehenden Unterteilung.

Für den Bereich „Tätigkeiten“ waren dies:

- Haupttätigkeit
- Nebentätigkeit
- zusätzliche Tätigkeit

Für den Bereich der „Unterbrechungen“ wurde unterschieden in:

- Ablaufbedingt
- Störungsbedingt
- Erholungsbedingt
- Persönlich bedingt

Sowie die nicht erkennbaren Tätigkeiten.

Die Auswertung wurde weiterhin für jeden Bauarbeiter und jeden Beobachtungstag einzeln durchgeführt, sowie eine Zusammenstellung über den gesamten Beobachtungszeitraum dargestellt und verglichen.

#### 4.3.1 Kategorieebene 2; Probanden aus dem WKS-Bereich

Anders als in Kategorieebene eins ist hier der 14.03.2008 in der Analyse berücksichtigt. Es ist der einzige beobachtete Freitag und die Tätigkeit des Aufräumens des Lagers findet in der Firma der 3 Probanden in unregelmäßigen Abständen statt, und wird daher in der Analyse der Kategorieebene 2 berücksichtigt.

##### 4.3.1.1 Kategorieebene 2; Proband G

Für Proband G ergab sich infolge der 226 Messungen dabei folgendes Ergebnis:

Tabelle 4-9 Kategorieebene 2; Proband G

	Min	Max	Durchschnitt
Haupttätigkeit	56%	72%	67%
Nebentätigkeit	6%	28%	16%
zusätzliche Tätigkeit	0%	33%	11%
Ablaufbedingte U.	0%	6%	1%
Störungsbedingte U.	0%	6%	1%
Erholungsbedingte U.	0%	0%	0%
Persönlich bedingte U.	0%	11%	4%
Nicht Erkennbar	0%	0%	0%

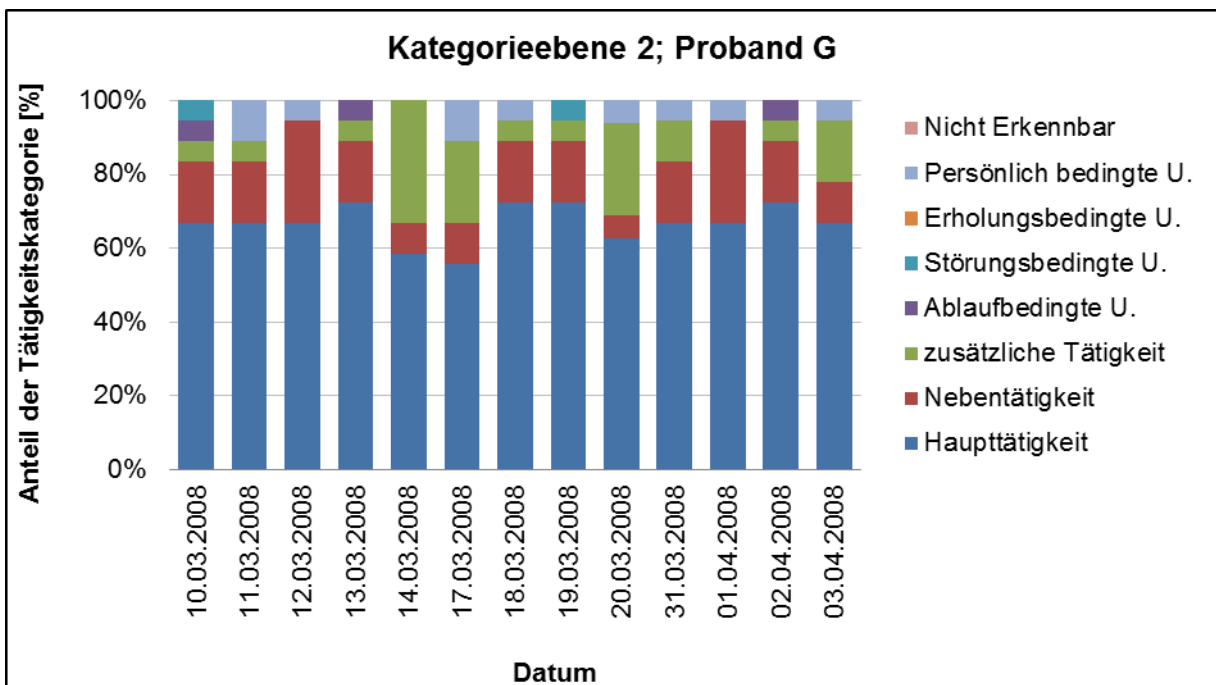


Abbildung 4-6 Kategorieebene 2; Proband G

Der durchschnittliche Wert von Proband G für Haupttätigkeiten ergibt 67%, das Maximum von 72% deutet auf eine sehr geringe Streuung der Anzahl der beobachteten Haupttätigkeiten pro Tag hin.

Das Minimum mit 56% lässt sich bei detaillierter Betrachtung im Zusammenhang mit den dazugehörigen 22% zusätzlichen Tätigkeiten erklären. Diese Beobachtung wurde am 14.03.2008 gemacht, der bei dieser Analyse im Gegensatz zur ersten Kategorieebene berücksichtigt wurde. An diesem Tag wurde auf Anweisung des Vorgesetzten sowohl die Baustelle, als auch im Anschluss das Lager der eigenen Firma zusammengeräumt, was jeweils als zusätzliche Tätigkeit notiert wurde. (Die Definition bei REFA von zusätzlichen Tätigkeiten dazu lautet: „Mithilfe bei anderen Personen oder Gruppen“, in diesem Fall mit allen

Monteuren der Firma in der Werkstatt ohne Bezug zur Leistungserbringung auf der Baustelle.)

Bei der Betrachtung der Unterbrechungen zeigt sich, dass die persönlich bedingten Unterbrechungen beinahe an allen Tagen auftreten, und mit einem Maximum von 11% und einem Schnitt von 4% den überwiegenden Teil der Unterbrechungszeit ausmachen.

Ablauf- und störungsbedingte Unterbrechungen wurden zu 1% im Schnitt und 6% als Maximum beobachtet.

Erholungsbedingte Unterbrechungen sind beim Proband G nicht angefallen und für die durchgeführten Tätigkeiten offensichtlich nicht notwendig.

#### 4.3.1.2 Kategorieebene 2; Proband V

Für Proband V ergab sich aufgrund der 190 Messungen folgendes Ergebnis:

Tabelle 4-10 Kategorieebene 2; Proband V

	Min	Max	Durchschnitt
Haupttätigkeit	42%	72%	63%
Nebentätigkeit	0%	28%	17%
zusätzliche Tätigkeit	0%	42%	15%
Ablaufbedingte U.	0%	0%	0%
Störungsbedingte U.	0%	0%	0%
Erholungsbedingte U.	0%	0%	0%
Persönlich bedingte U.	0%	11%	5%
Nicht Erkennbar	0%	6%	1%

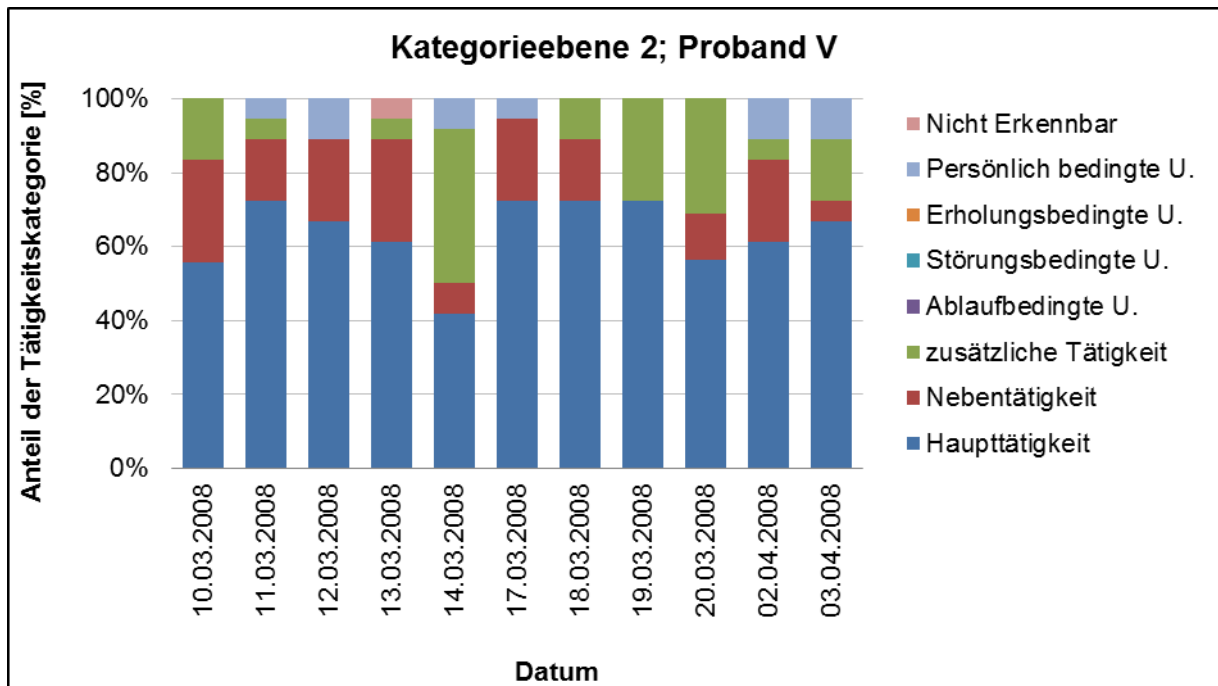


Abbildung 4-7 Kategorieebene 2; Proband V

Man erkennt hier dass der durchschnittliche Wert der Arbeitstätigkeit für Proband V für Haupttätigkeiten 63% ergibt und das Maximum 72% beträgt.

Der 14.03.2008 zeigt ein auffällig anderes Ergebnis. Das Minimum für die Haupttätigkeiten mit 42% lässt sich auch hier bei detaillierter Betrachtung im Zusammenhang mit den dazugehörigen 42% zusätzlichen Tätigkeiten erklären. Wie schon bei Proband G erwähnt, wurde an diesem Tag aufgrund einer Anweisung des Vorgesetzten sowohl die Baustelle, als auch im Anschluss das Lager der eigenen Firma zusammengeräumt, was jeweils als zusätzliche Tätigkeit notiert wurde.

Die persönlich bedingten Unterbrechungen treten an sechs der elf Beobachtungstage auf, und ergaben ein Maximum von 11% und einen Schnitt von 5%. Sie stellen die einzigen Unterbrechungen dar.

Die einzelne „nicht erkennbare“ Messung ergab sich aufgrund der Abwesenheit von der Baustelle, um kurzfristig fehlendes, aber in der Firma lagerndes Material zu holen. Der Beobachter blieb auf der Baustelle, um die zwei anderen Probanden zu beobachten.

#### 4.3.1.3 Kategorieebene 2; Proband F

Bei Proband F wurden 226 Beobachtungen vorgenommen, die sich bei der Auswertung der zweiten Kategorieebene wie folgt darstellen.

Tabelle 4-11 Kategorieebene 2; Proband F

	Min	Max	Durchschnitt
Haupttätigkeit	50%	78%	68,9%
Nebentätigkeit	6%	33%	15,7%
zusätzliche Tätigkeit	0%	33%	10,5%
Ablaufbedingte U.	0%	0%	0,0%
Störungsbedingte U.	0%	6%	0,4%
Erholungsbedingte U.	0%	0%	0,0%
Persönlich bedingte U.	0%	11%	4,1%
Nicht Erkennbar	0%	6%	0,4%

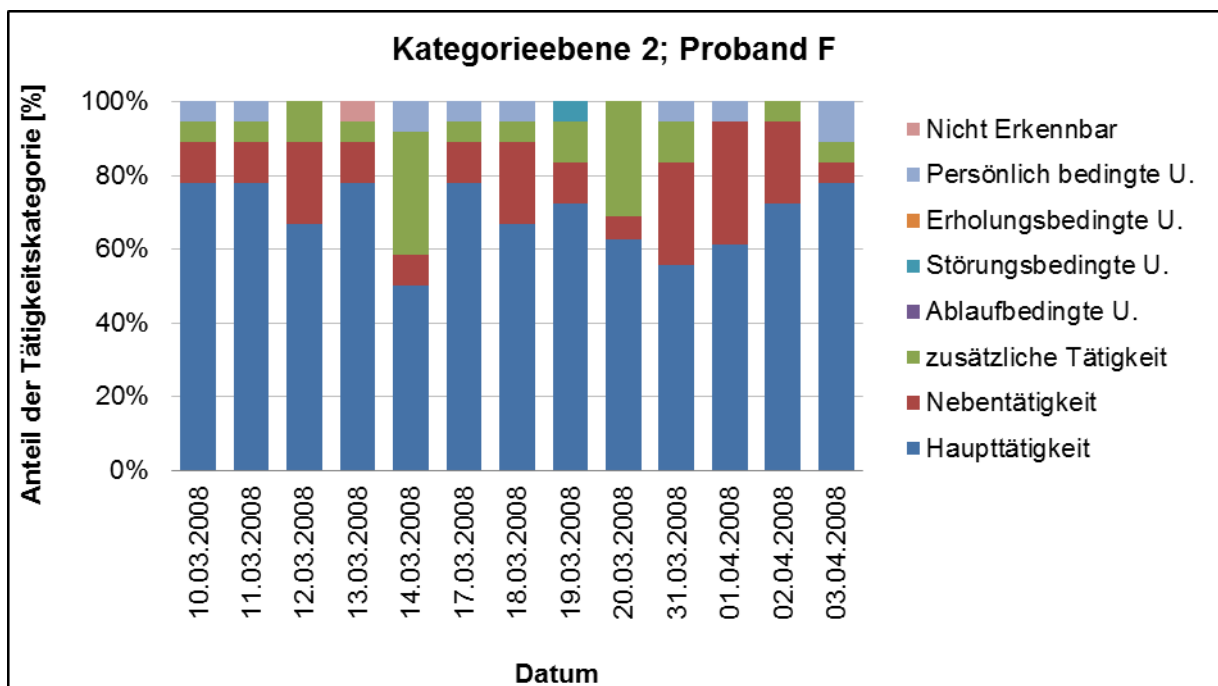


Abbildung 4-8 Kategorieebene 2; Proband F

Der durchschnittliche Wert der Beobachtungen für Proband F für Haupttätigkeiten ergibt 69%, wobei das Maximum von 78% deutlich über dem Mittelwert liegt.

Der 14.03.2008 zeigt ein Minimum mit 50% mit den dazugehörigen 33% zusätzlichen Tätigkeiten. An diesem Tag wurde aufgrund einer Anweisung des Vorgesetzten sowohl die Baustelle, als auch im Anschluss das Lager der eigenen Firma zusammengeräumt, was jeweils als zusätzliche Tätigkeit notiert wurde.

Bei der Betrachtung der Unterbrechungen zeigt sich, dass die persönlich bedingten Unterbrechungen an 10 der 13 Beobachtungstagen auftreten, und mit einem Maximum von 11% und einem Schnitt von 4% den überwiegenden Teil der Unterbrechungen ausmachen.

Der Wert der gemessenen Ablauf- und störungsbedingten Unterbrechungen fällt mit 0,4% im Schnitt und 6% als Maximum sehr gering aus.

Für störungsbedingte Unterbrechungen gab es nur eine Messung, ein Stromausfall, der eine Unterbrechung der Arbeiten aufgrund völliger Finsternis am Arbeitsplatz notwendig machte.

Erholungsbedingte Unterbrechungen sind beim Proband F ebenso nicht angefallen und für die durchgeführten Tätigkeiten offensichtlich nicht notwendig.

Es gab eine Beobachtung, die als „nicht erkennbar“ eingetragen wurde, was aber bezogen auf die Gesamtzahl der Beobachtungen nur 0,4% ausmacht.

#### 4.3.2 Kategorieebene 2; Elektriker

Beim Proband Elektriker wurde folgende Verteilung der zweiten Kategorieebene beobachtet:

Abbildung 4-9 Minimum, Maximum und Mittelwert der Kategorieebene 2; Proband Elektriker

	Min	Max	Durchschnitt
Haupttätigkeit	31%	90%	50%
Nebentätigkeit	10%	44%	25%
zusätzliche Tätigkeit	0%	33%	13%
Ablaufbedingte U.	0%	0%	0%
Störungsbedingte U.	0%	3%	1%
Erholungsbedingte U.	0%	2%	0%
Persönlich bedingte U.	0%	17%	9%
Nicht Erkennbar	0%	9%	2%

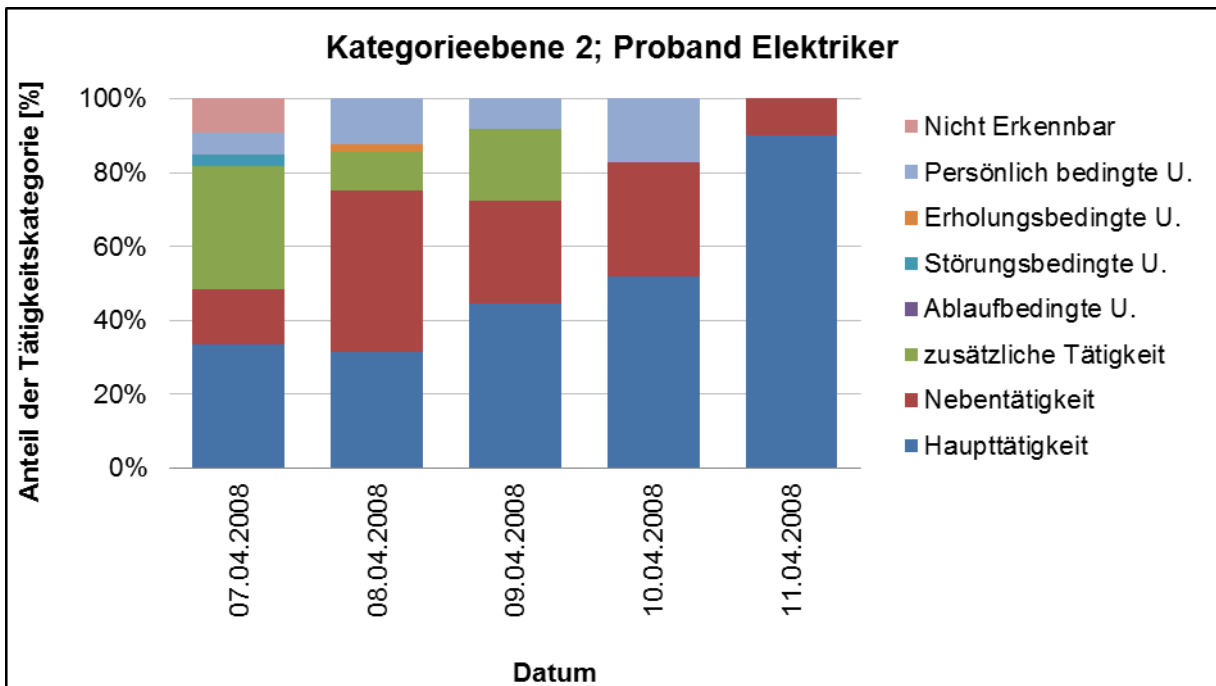


Abbildung 4-10Kategorieebene 2; Proband Elektriker

In der Analyse fällt auf, dass bis zu 17% der Arbeitszeit als persönlich bedingte Pausen beobachtet wurden, im Schnitt waren es immer noch 9%. Erholungsbedingte Pause gab es nur eine, kurz vor der Mittagspause, nach dem Tragen und Aufbauen von einem Baustellenzaun aus tragbaren Absperrgittern.

Auffällig ist auch das Minimum mit 31% bei den Haupttätigkeiten. Am gleichen Tag war auch das Maximum der zusätzlichen Tätigkeiten mit 33% und das Maximum der persönlich bedingten Pausen mit 17%.

Der Anteil der Haupttätigkeiten steigert sich im Wochenverlauf, und erreicht am Ende der Woche das Maximum von 90%. Zusammen mit den Nebentätigkeiten von 10 % sind am 14.04.2008 100% der Beobachtungen bei Haupt- und Nebentätigkeiten vermerkt worden.

Die persönlich bedingten Unterbrechungen liegen, abgesehen vom letzten Tag, bei 17%, 13 %, 8 % und 6%.

Die Beobachtungen fanden nach einem einwöchigen Urlaub des Probanden statt. Er war die Vertretung seines Bauleiters, der selbst in Urlaub gegangen ist, es hat aber keine persönliche, geordnete Baustellenübergabe stattgefunden, sondern Proband Elektriker musste sich über das Lesen von alten Wochenarbeitsberichten selbst ein Bild machen und den weiteren Arbeitsablauf der ihm unterstellten Monteure planen. Den Rest der Zeit hat er selbst produktiv gearbeitet.



### 4.3.3 Kategorieebene 2; Installateur

Bei der Analyse der zweiten Kategorieebene beim Proband Installateur zeigen die Haupttätigkeiten Werte zwischen 51% und 96%. Im Schnitt sind 70% Haupttätigkeiten beobachtet worden. Nebentätigkeiten wurden im Schnitt zu 22% beobachtet. Die Werte der zusätzlichen Tätigkeiten liegen im Durchschnitt bei 4%, und weisen ein Maximum von 6% auf.

Tabelle 4-12 Minimum, Maximum und Mittelwert der Kategorieebene 2; Proband Installateur

	Min	Max	Durchschnitt
Haupttätigkeit	51%	96%	70%
Nebentätigkeit	0%	43%	22%
zusätzliche Tätigkeit	0%	6%	4%
Ablaufbedingte U.	0%	0%	0%
Störungsbedingte U.	0%	0%	0%
Erholungsbedingte U.	0%	5%	1%
Persönlich bedingte U.	0%	12%	3%
Nicht Erkennbar	0%	0%	0%

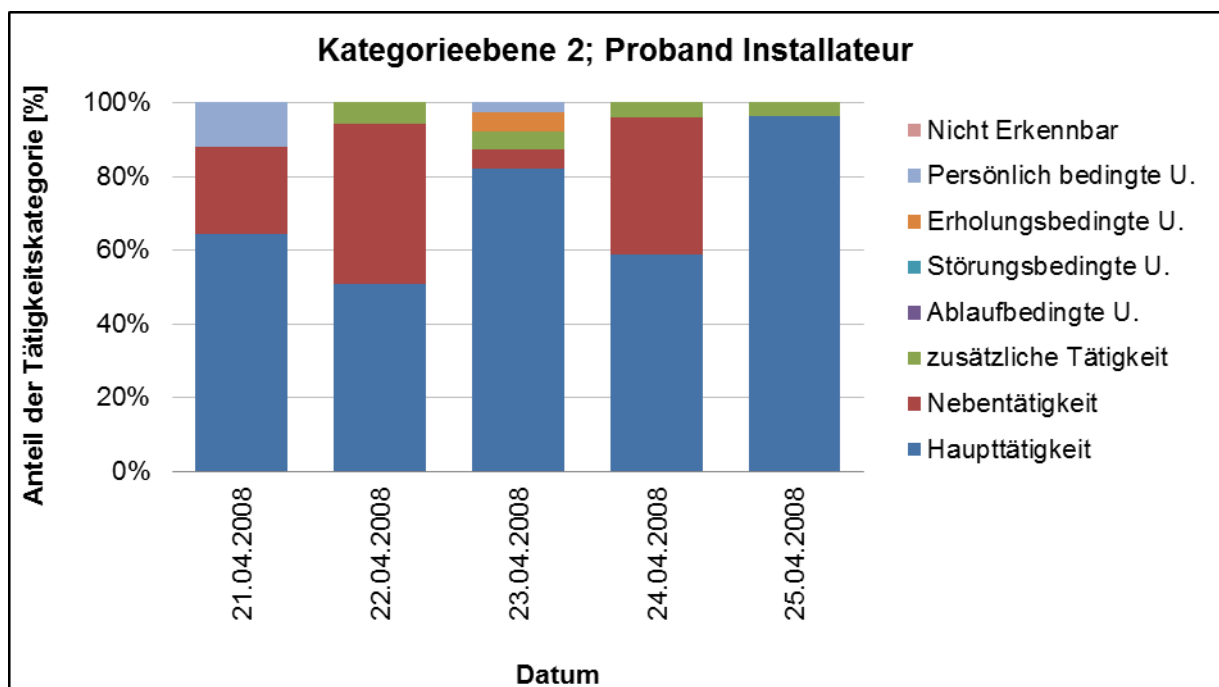


Abbildung 4-11 Kategorieebene 2; Proband Installateur

Die absolute Mehrheit der Beobachtungen wurde somit im Bereich der tatsächlich verrechenbaren Tätigkeiten gemacht. Die Unterbrechungen sind auf persönlich bedingte und erholungsbedingte beschränkt.

#### 4.3.4 Zusammenfassung Kategorieebene 2

Die Zusammenfassung der zweiten Kategorieebene wurde für die Probanden der WKSB-Dämmer ausgeführt und im Anschluss zusätzlich für alle 5 Probanden vorgenommen.

##### 4.3.4.1 Zusammenfassung Kategorieebene 2; WKSB

Beim Vergleich der Kategorieebene 2 zwischen den Probanden aus dem Bereich der WKSB-Dämmer fällt eine große Übereinstimmung der einzelnen Probanden auf. Sowohl die Summe der Prozent der Haupttätigkeiten mit 65% bis 70% als auch die der Nebentätigkeiten sind sehr ähnlich.

Die Summe der Haupt- und Nebentätigkeiten liegt bei allen drei Probanden bei ca. 80%.

Ebenso fällt auf, dass der maßgebende Anteil der Unterbrechungen den persönlich bedingten Unterbrechungen zuzuordnen ist, und bei 4% bis 5% aller Beobachtungen liegt.

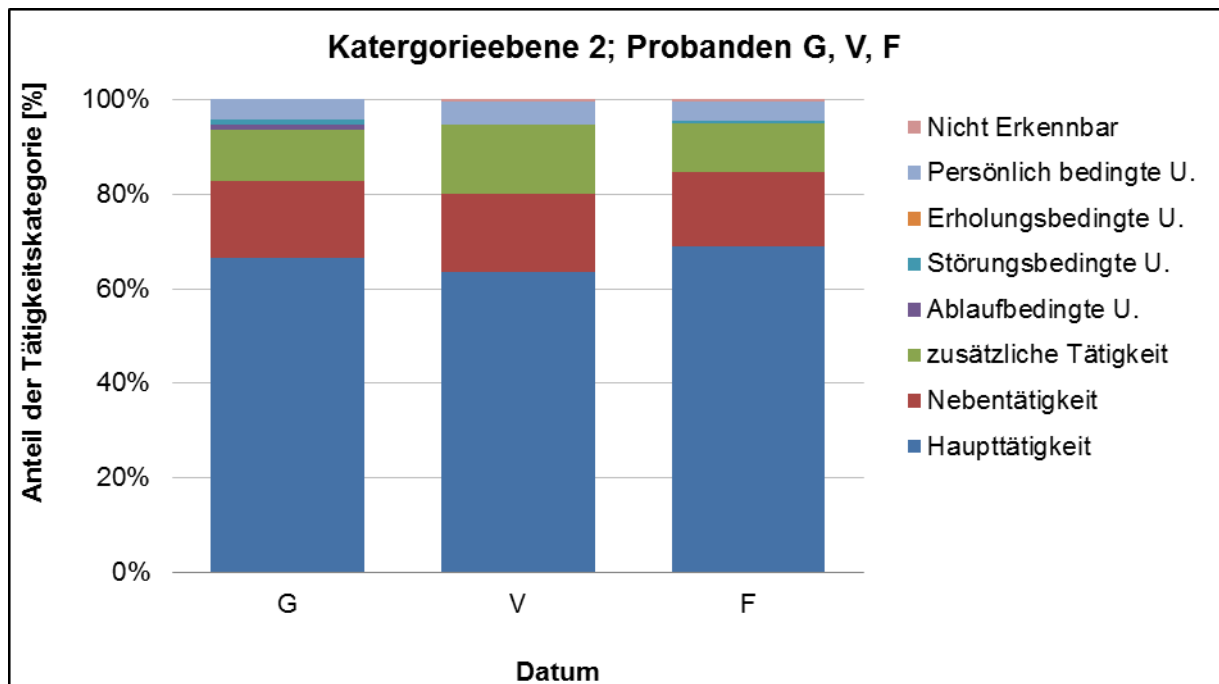


Abbildung 4-12 Vergleich Kategorieebene 2 der Probanden G, V und F

##### 4.3.4.2 Zusammenfassung Kategorieebene 2; drei Gewerke

Beim Vergleich der drei verschiedenen Gewerke zeigt sich keine so hohe Übereinstimmung.

Tabelle 4-13 Analysewerte der Kategorieebene 2 nach Gewerk

	WKS	Elektriker	Installateur
Haupttätigkeit	66,3%	50,2%	70,1%
Nebentätigkeit	16,1%	25,5%	22,3%
zusätzliche Tätigkeit	12,0%	12,6%	3,7%
Ablaufbedingte U.	0,4%	0,0%	0,0%
Störungsbedingte U.	0,4%	0,6%	0,0%
Erholungsbedingte U.	0,0%	0,4%	1,0%
Persönlich bedingte U.	4,4%	8,8%	2,9%
Nicht Erkennbar	0,3%	1,8%	0,0%

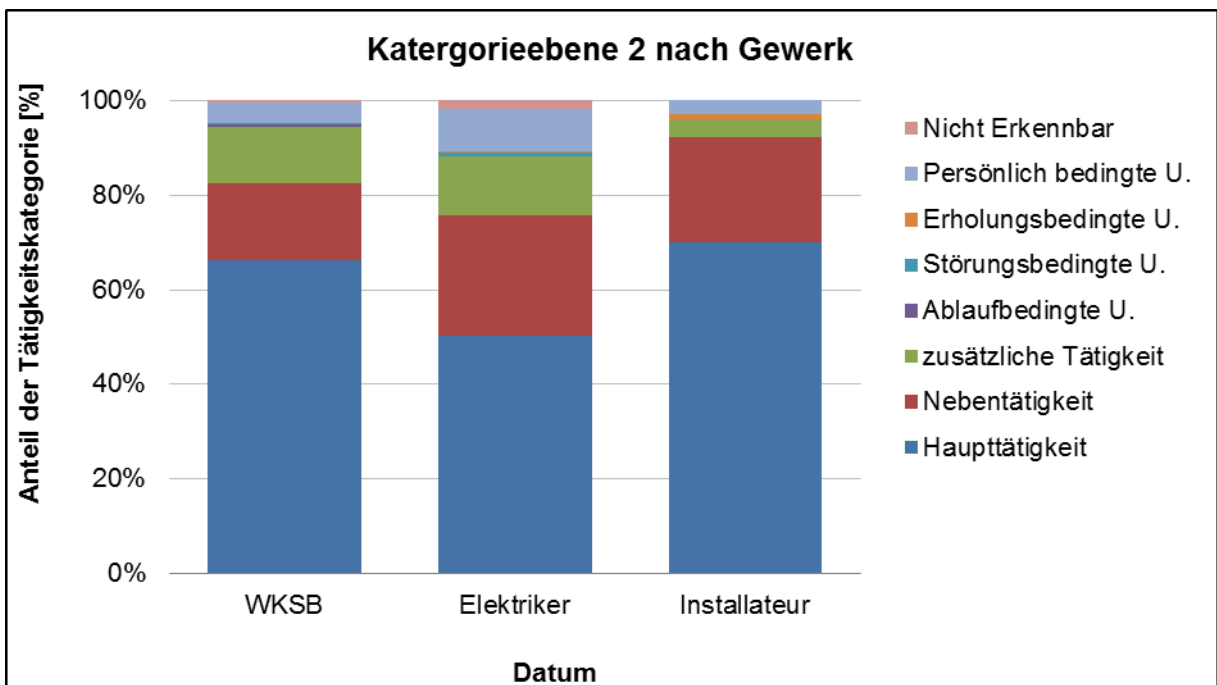


Abbildung 4-13 Kategorieebene 2 nach Gewerk

Die Prozentanzahl der gesamten Tätigkeiten ist bei allen drei Gewerken zwar annähernd gleich hoch bei etwa 90% bis 95%, deutliche Unterschiede gibt es jedoch bei der Prozentzahl der Haupttätigkeiten. Beim Elektriker, ist die Prozentzahl der Haupttätigkeiten im Vergleich zu den anderen Probanden um ca. 15% geringer. Dies ist aber sicher auf die Umstände der Urlaubsvertretung und der Rolle als Vorarbeiter zuzuschreiben. Die persönlich bedingten Unterbrechungen liegen mit 8,8% aber auch deutlich über den anderen Probanden, die mit 2,9% und 4,4% fast gleichauf liegen.

## 4.4 Herzfrequenz-Auswertung

Neben der Beobachtung der Tätigkeiten bildete die Aufzeichnung der Herzfrequenz eine weitere wesentliche Basis für die weiteren Auswertungen.

In der jeweils ersten dargestellten Abbildung der Analyse der einzelnen Probanden sind die wichtigsten Punkte des Bereichs der Herzfrequenz pro Tag dargestellt.

Für die Darstellung wurde die Form des Boxplots gewählt. Dabei werden das jeweilige Maximum, Minimum, Mittelwert, Median, 25% Quantil und 75% Quantil angezeigt.

Diese Tabelle stellt die Grundlage für weitere mögliche Überlegungen zum grundsätzlichen Verlauf, Extremwerte und deren Begründung dar.

### 4.4.1 Auswertung der Herzfrequenz für den WKSB-Bereich

Dargestellt wurden für jeden Probanden der Bereich der Herzfrequenz pro Tag in Form eines Boxplots<sup>14</sup> sowie der Verlauf der Herzfrequenz aller beobachteten Tage. Freitag der 14.03.2008 wurde aufgrund der unterschiedlichen Arbeitszeiten gesondert betrachtet.

#### 4.4.1.1 Herzfrequenz Proband G

Für Proband G sind in folgender Tabelle der Minimalwert, der Maximalwert und die Durchschnittsherzfrequenz für jeden Tag dargestellt.

---

<sup>14</sup> TUKEY, J. W.: Exploratory data analysis. S.

Tabelle 4-14 Maximum, Minimum und Mittelwert der Herzfrequenz pro Tag; Proband G

	Minimum	Durchschnitt	Maximum
10.03.08	85	114	140
11.03.08	88	106	125
12.03.08	87	103	120
13.03.08	84	100	120
14.03.08	90	107	137
17.03.08	92	102	121
18.03.08	83	99	109
19.03.08	83	108	125
20.03.08	95	109	124
31.03.08	90	105	132
01.04.08	85	99	116
02.04.08	94	104	118
03.04.08	90	105	131

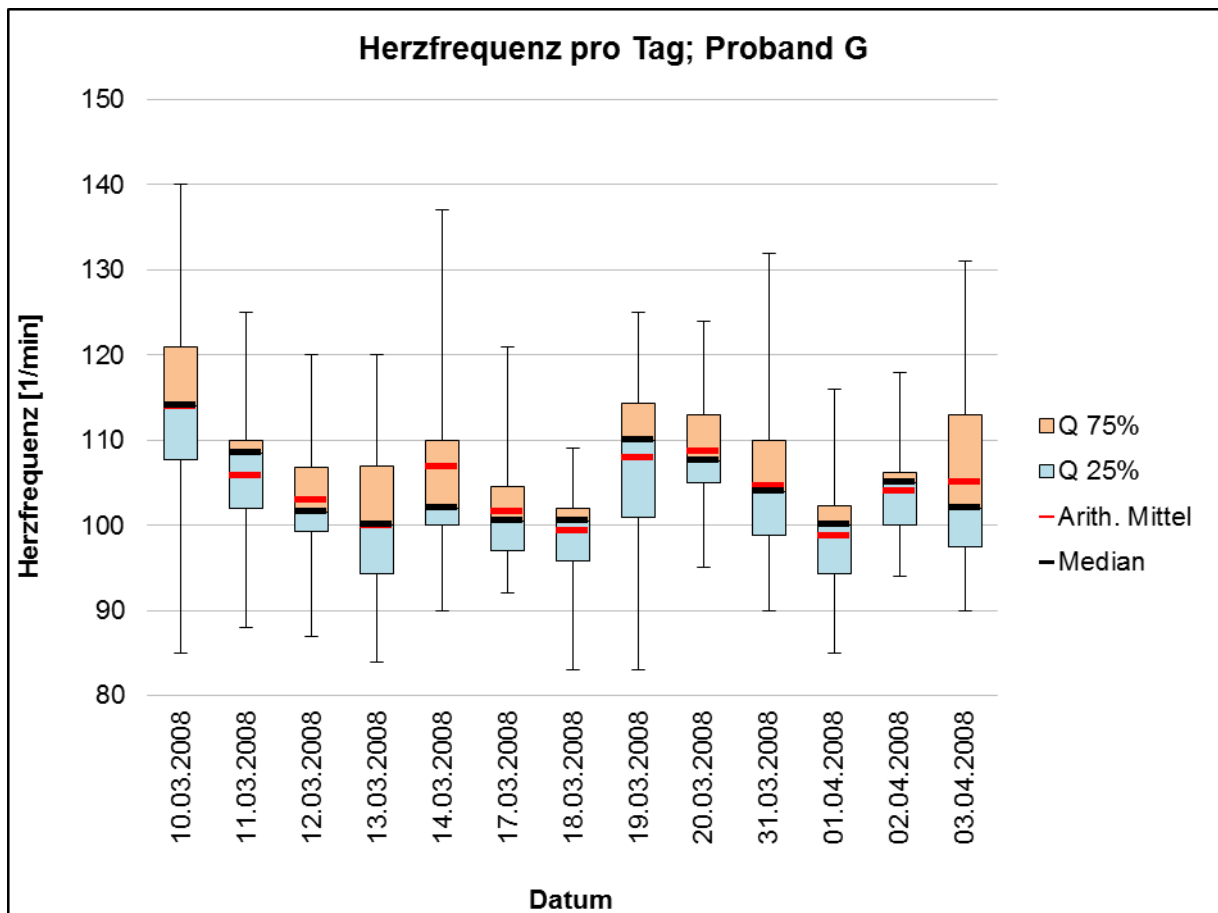


Abbildung 4-14 Herzfrequenz als Boxplot pro Tag; Proband G

Der Bereich der Herzfrequenz weist eine Wellenbewegung auf, allerdings ohne Muster, das zu den Wochentagen passt. Es ist kein wöchentlich ähnlicher Verlauf zu sehen.

Sehr auffällig ist hier der 1. Tag mit der höchsten Maximalwert und dem höchsten Durchschnittswert der Herzfrequenz. Eine Erklärung dafür ist weder bei den Beobachtungen, noch aufgrund von Termindruck oder den äußeren Rahmenbedingungen zu finden. Der Durchschnittswert über die gesamte Beobachtungsreihe ist mit 104 Herzschlägen in einem für Dauerbelastung geeigneten Bereich, der laut WHO mit 110 Herzschlägen pro Minute definiert ist.<sup>15</sup>

Weiters wurde der Verlauf der Herzfrequenz über den Tag ausgewertet. Hier wurden nicht die einzelnen Tage betrachtet, sondern aus den gesammelten Daten ein Diagramm erstellt das Maximum, Minimum, Mittelwert, 25% Quantil, Median und 75% Quantil angibt.

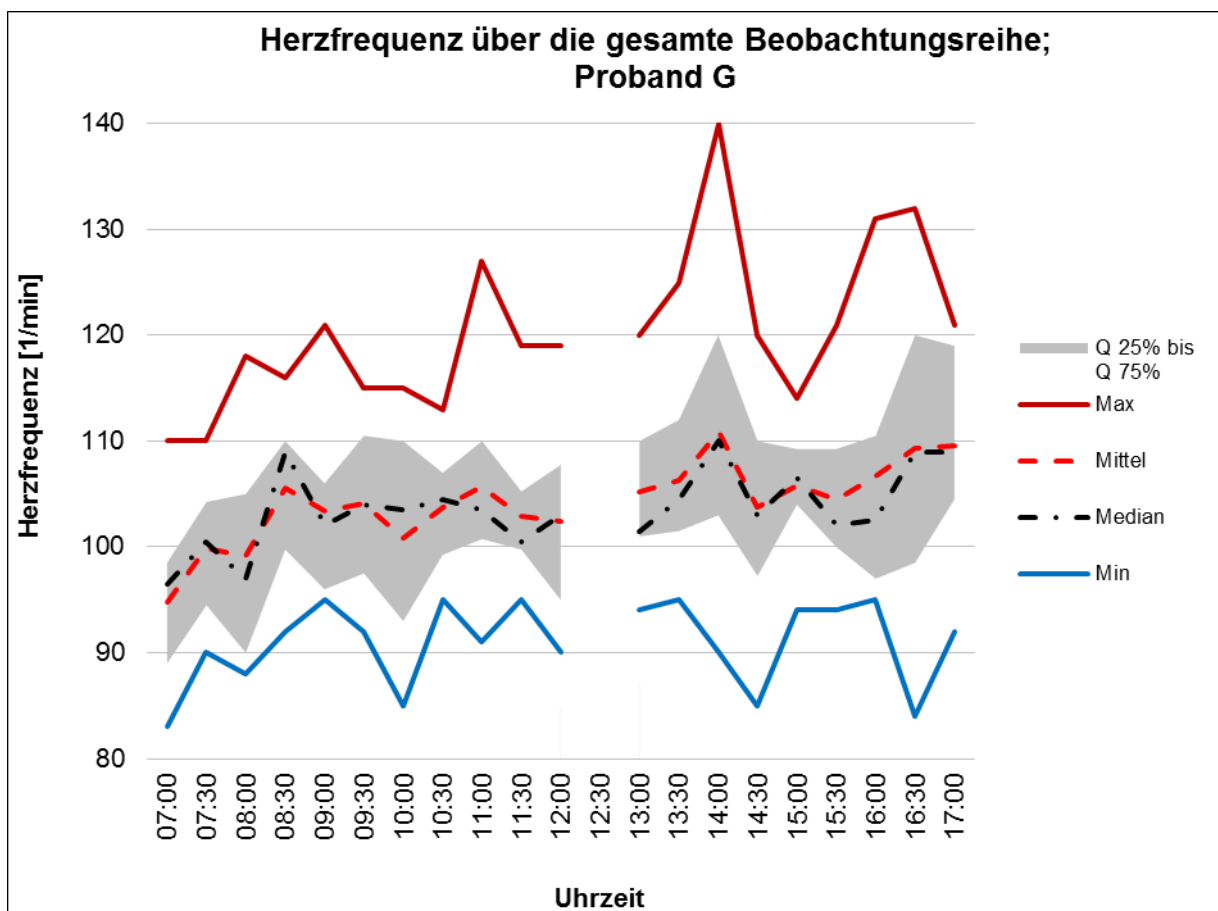


Abbildung 4-15 Herzfrequenz über die gesamte Beobachtungsreihe; Proband G

<sup>15</sup> WHO, : Health factors involved in working under conditions of heat stressS.

Grundsätzlich ist erkennbar, dass die Herzfrequenz bei Arbeitsbeginn die niederste des ganzen Tages ist. Dies gilt unabhängig davon, ob der Wert als Maximum, Minimum, Mittelwert, 25% Quantil, 75% Quantil oder Median angegeben wird.

Ein Anstieg der Herzfrequenz ist bis 08:30 zu sehen. Das Niveau der Werte flacht dann wieder ab und bleibt bis zur Mittagspause annähernd konstant.

Auffallend ist aber der kleine Herzfrequenzabfall um 11:30, der sich bis auf die Minimumlinie in allen Kurven abbildet.

Nach der Mittagspause ist die Herzfrequenz in allen Kurven, bis auf den Median, höher als vor der Pause um dann bis 14:00 Uhr einen weiteren Spitzenwert zu erreichen, der aber gleich der Messung um 08:30 Uhr wieder abfällt, und einen relativ konstanten Verlauf bis 16:00 Uhr aufweist.

Am Ende des Arbeitstages ist ein leichter Anstieg der grauen Fläche, die 50% der Werte der Herzfrequenz angibt, zu erkennen,

Es ist zu erkennen, dass die Minimumwerte sehr konstant sind, und über den ganzen Beobachtungszeitraum sehr niedere Herzfrequenzen um die 83 bis 95 Schläge pro Minute möglich sind. An der Fläche zwischen 25% Quantil und 75% Quantil ist hingegen ein Anstieg über den Tag sehr wohl erkennbar.

Der einzige Freitag der Messreihe bedarf einer eigenen Betrachtung da aufgrund der unterschiedlichen Arbeitszeit und der fehlenden Mittagspause die Daten mit den anderen Beobachtungstagen, an denen neun Stunden gearbeitet wurde, nicht vergleichbar wären. Das Problem war, dass in der sechsten Stunde des Arbeitstages an allen anderen Beobachtungstagen eine Pause stattfand und daher keine Messung zur Verfügung stand. Außerdem war von der Tätigkeit her die 6. Stunde am Freitag eigentlich gleichzusetzen der 9. Stunde der übrigen Beobachtungstage, da hier meist zusammengeräumt wurde. Der Verlauf der Herzfrequenz über den Tag kann aber mit den oben abgebildeten Kurven in der Tendenz verglichen werden.

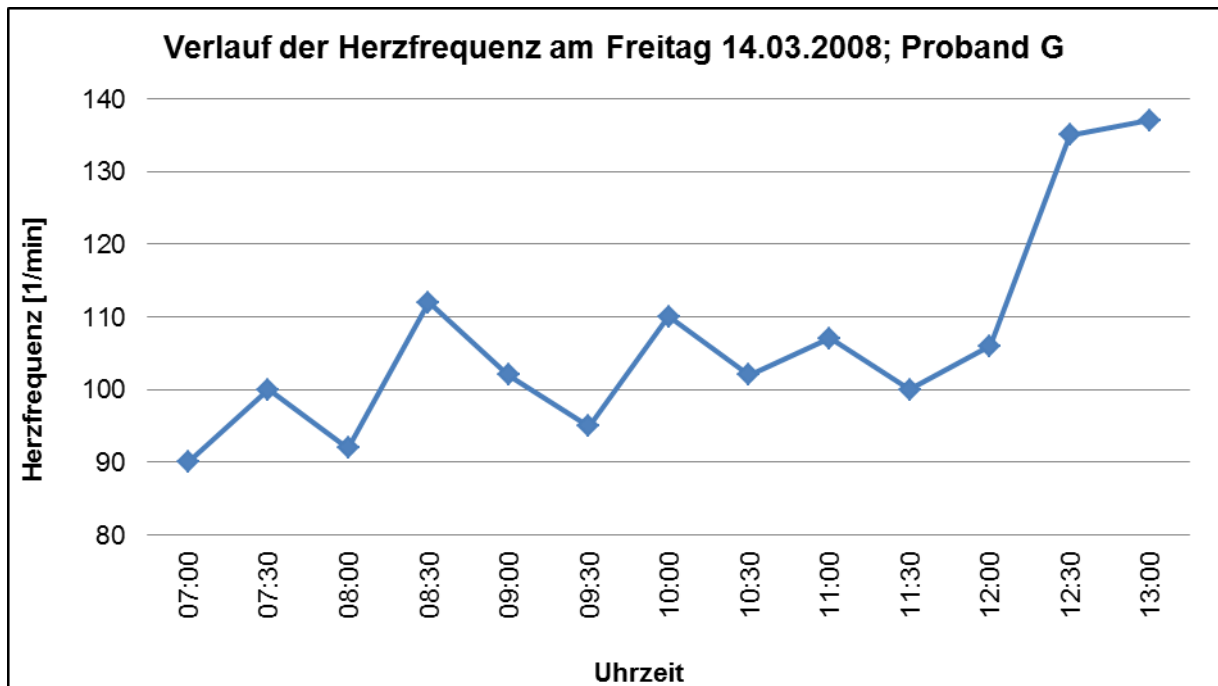


Abbildung 4-16 Verlauf der Herzfrequenz am Freitag, 14.03.2008; Proband G

Aus einer einzelnen Datenreihe ist eine detaillierte Aussage natürlich nicht zu treffen. Der Trend der Kurve ist aber vergleichbar mit der Abbildung der Herzfrequenz über die gesamte Beobachtungsreihe. Nach einer niederen Anfangsherzfrequenz mit anschließendem Anstieg und einer ersten Spitze um 08:30 Uhr folgt ein kurzer Abfall der Herzfrequenz. Bis 12:00 Uhr pendelt die Herzfrequenz im Bereich von 10 Schlägen pro Minute. Danach steigt die Herzfrequenz deutlich an.

Dies ist bei genauerer Betrachtung der Beobachtungen auf die durchgeführte Tätigkeit zurückzuführen. In der Firma des Probanden wurde das Lager zusammengeräumt. Dafür musste Material in den ersten Stock transportiert werden.

#### 4.4.1.2 Herzfrequenz Proband V

Für Proband V sind in folgender Tabelle der Minimalwert, der Maximalwert und die Durchschnittsherzfrequenz für jeden Tag dargestellt.



Tabelle 4-15 Maximum, Minimum und Mittelwert der Herzfrequenz pro Tag; Proband V

	Minimum	Durchschnitt	Maximum
10.03.08	81	93	103
11.03.08	84	97	117
12.03.08	82	102	121
13.03.08	84	99	109
14.03.08	88	100	128
17.03.08	83	107	148
18.03.08	84	110	147
19.03.08	79	102	114
20.03.08	93	106	125
02.04.08	85	96	105
03.04.08	78	99	129

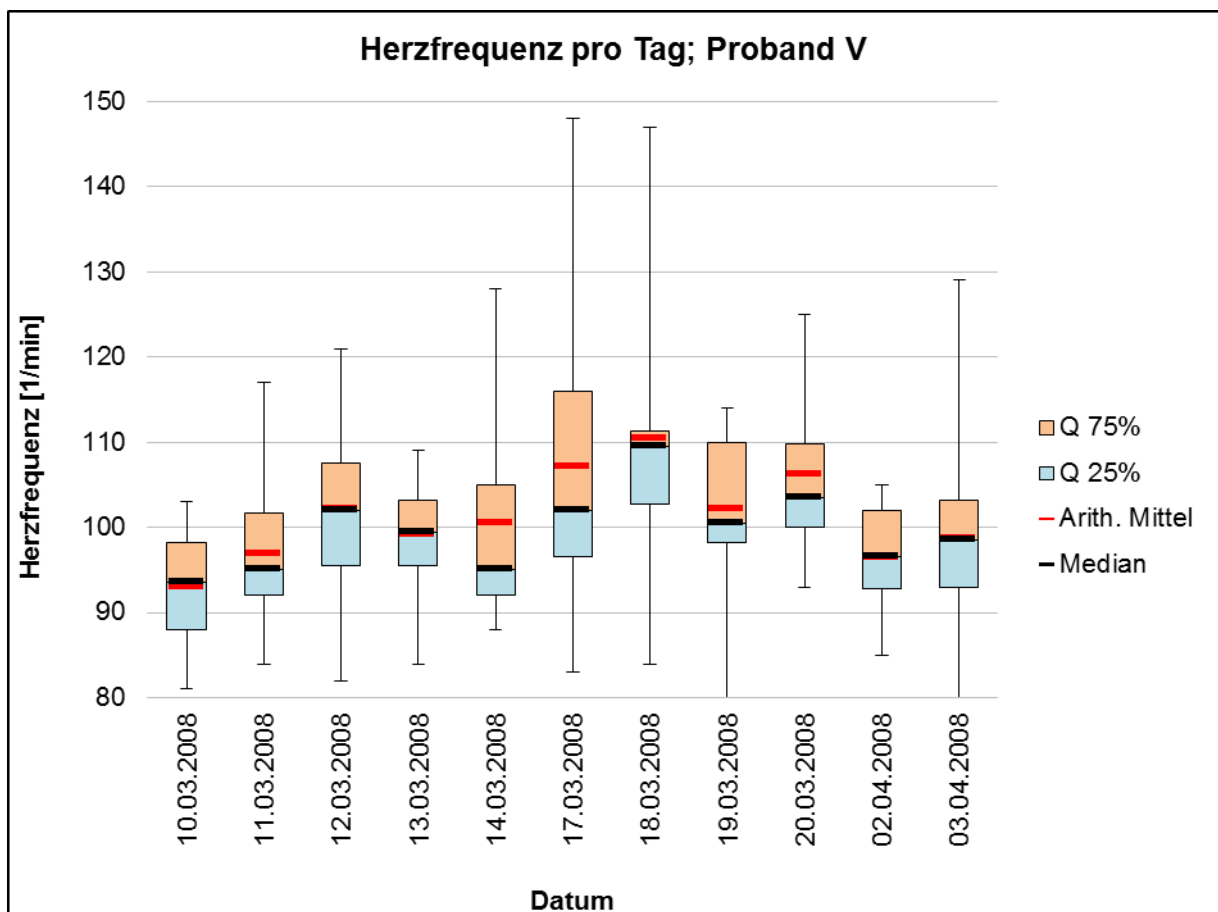


Abbildung 4-17 Herzfrequenz als Boxplot pro Tag; Proband V

Man erkennt hier zwar eine Wellenbewegung, aber keinen ähnlichen Verlauf pro Woche. Kein Montag weist einen signifikanten Unterschied

zu den anderen Tagen auf, der erste ist niedriger, der zweite ist höher als die jeweils darauffolgenden Wochentage.

Auch ist gegen Ende der Woche kein Anstieg der Herzfrequenz festzustellen, eher ein leichtes Absinken. Um hier einen Wochentrend zu erkennen, fehlen in der letzten Arbeitswoche die ersten 2 Tage. Jedenfalls ist ein sehr konstanter Bereich der Herzfrequenz ohne große Streuungen zu sehen. Der Bereich zwischen 25% Quantil und 75% Quantil befindet sich größtenteils zwischen 92 und 102 Schlägen.

Die Minimumwerte der einzelnen Tage liegen sehr eng beieinander. Die Durchschnittswerte liegen zwischen 93 und 102 Herzschlägen pro Minute, abgesehen von den zwei Ausreißern am 17.03.2008 und 18.03.2008, die mit 107 und 110 Schlägen doch deutlich höher sind. Auch die Maxima an diesen beiden Tagen sind auffällig hoch im Vergleich zu den anderen Maxima und werden daher in weiterer Folge gesondert betrachtet.

Der Durchschnittswert über die gesamte Beobachtungsreihe ist mit 101 Herzschlägen in einem für Dauerbelastung laut WHO geeigneten Bereich unter 110 Schlägen pro Minute.<sup>16</sup>

Weiters wurde der Verlauf der Herzfrequenz über den Tag ausgewertet. Hier wurden nicht die einzelnen Tage betrachtet, sondern aus den gesammelten Daten ein Diagramm erstellt das Maximum, Minimum, Mittelwert, 25% Quantil, Median und 75% Quantil angibt.

---

<sup>16</sup> WHO, : Health factors involved in working under conditions of heat stressS.

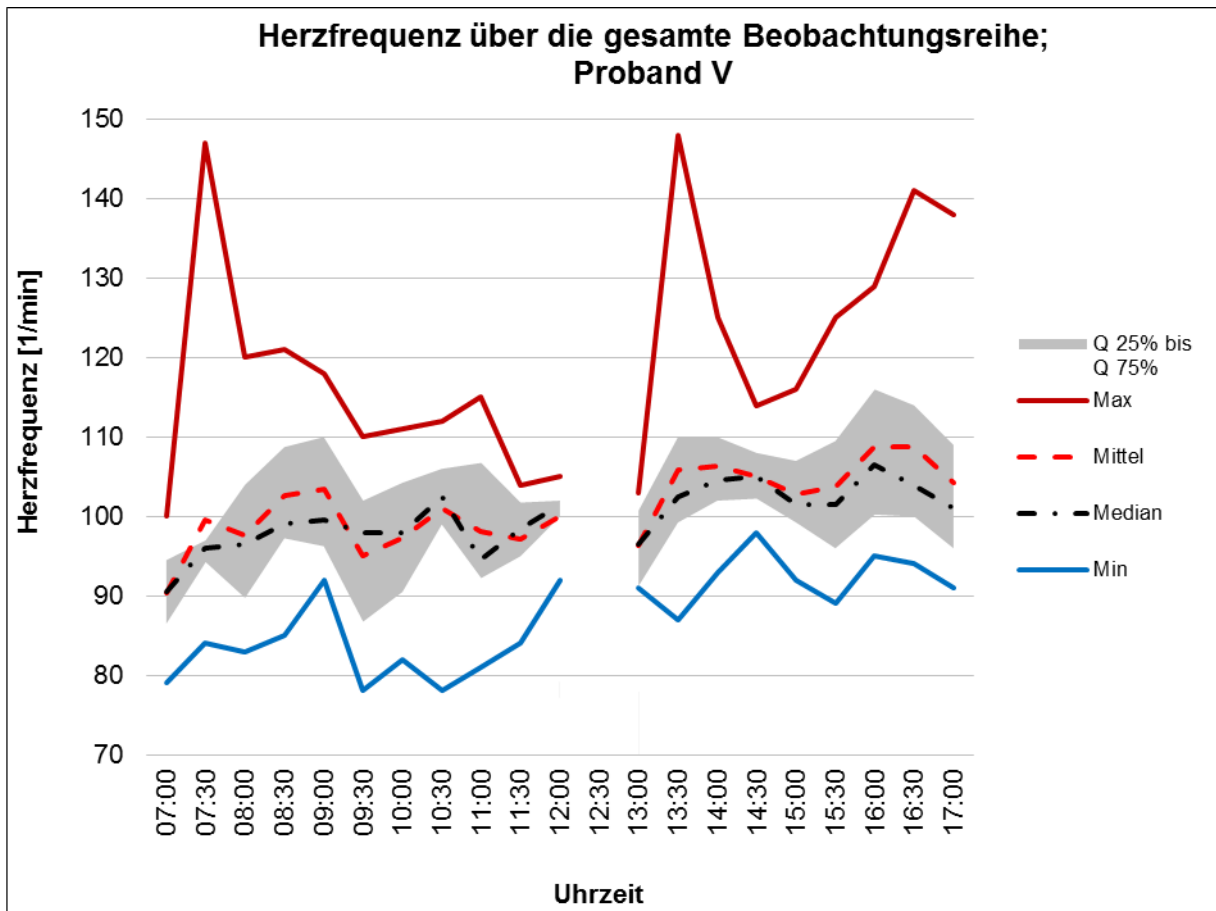


Abbildung 4-18 Herzfrequenz über die gesamte Beobachtungsreihe; Proband V

Vor allem der sehr konstante Verlauf der Herzfrequenz zeigt sich in einem sehr schmalen Bereich für 50% der Werte.

Auch hier ist ein leichter Anstieg vom tiefen Anfangswert auf ein erstes konstantes Niveau, vor allem beim Median, zu erkennen. Zwischen 11:00 Uhr und 11:30 ist in allen Kurven, bis auf die Minimumwerte eine leichte Erholung der Herzfrequenz zu sehen, um dann zur Pause bei Median, Mittelwert und 25% Quantil wieder auf das Niveau um 10:30 Uhr anzusteigen.

In der Pause kann man bei Proband V in allen Linien und in der grauen Fläche, die den Bereich zwischen 25% Quantil und 75% Quantil angibt, eine Erholung feststellen.

Nach der Pause ist im grauen Bereich eine Wellenbewegung erkennbar. Die Herzfrequenzwerte steigen an, erreichen bis 14:30 den Wellenberg, um sich daraufhin marginal zu erholen. Um 16:00 Uhr ist wieder ein Anstieg zu erkennen, etwas höher als der vorhergehende, der bis 17:00 Uhr aber wieder abflaut und die Werte von 13:30 Uhr, also 30 Minuten nach der Pause erreicht.

Die Minimalwerte erreichen am Nachmittag nicht mehr das niedere Niveau vom Vormittag.

Dass am 20.03.2008 nur bis 16:00 Uhr gearbeitet wurde, hat auf den Verlauf der Kurven keinen Einfluss. Hier die gleiche Abbildung ohne 20.03.2008 mit den Median- und Quantilwerten angegeben.

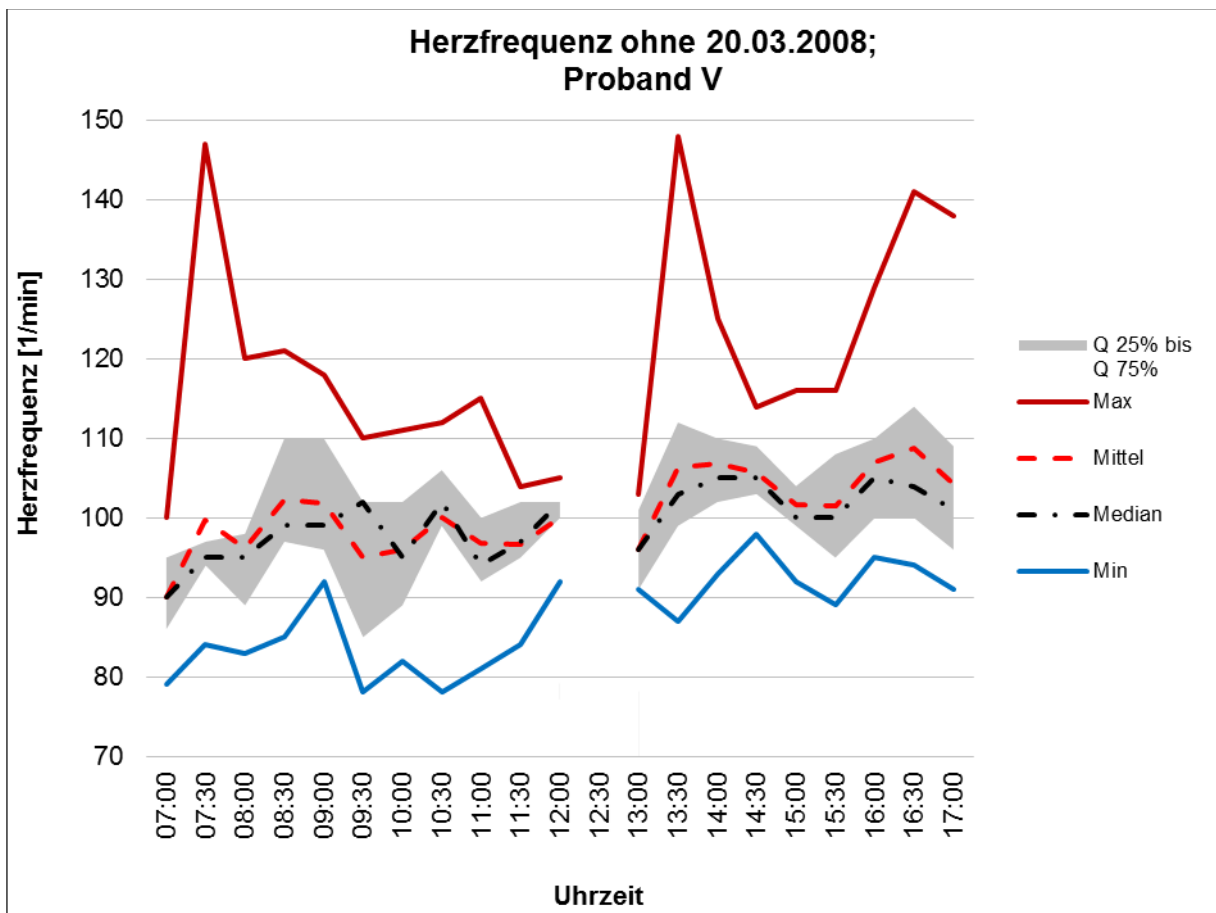


Abbildung 4-19 Verlauf der Herzfrequenz ohne 20.03.2008; Proband V

Auch in dieser Abbildung ist der Rückgang der Herzfrequenz gegen Arbeitsende erkennbar.

Der einzige Freitag der Messreihe bedarf aufgrund der unterschiedlichen Arbeitszeit und der fehlenden Mittagspause wieder einer eigenen Betrachtung. Das Problem ist, dass in der 6. Stunde des Arbeitstages an allen anderen Beobachtungstagen eine Pause stattfindet und daher keine Messung zur Verfügung steht. Außerdem ist vom Arbeitsablauf her die 6. Stunde am Freitag eigentlich gleichzusetzen der 9. Stunde der anderen Beobachtungstage, da hier meist zusammengearbeitet wurde.

Der Verlauf der Herzfrequenz über den Tag zeigt einen vergleichbaren Verlauf zum Freitag bei Proband G.

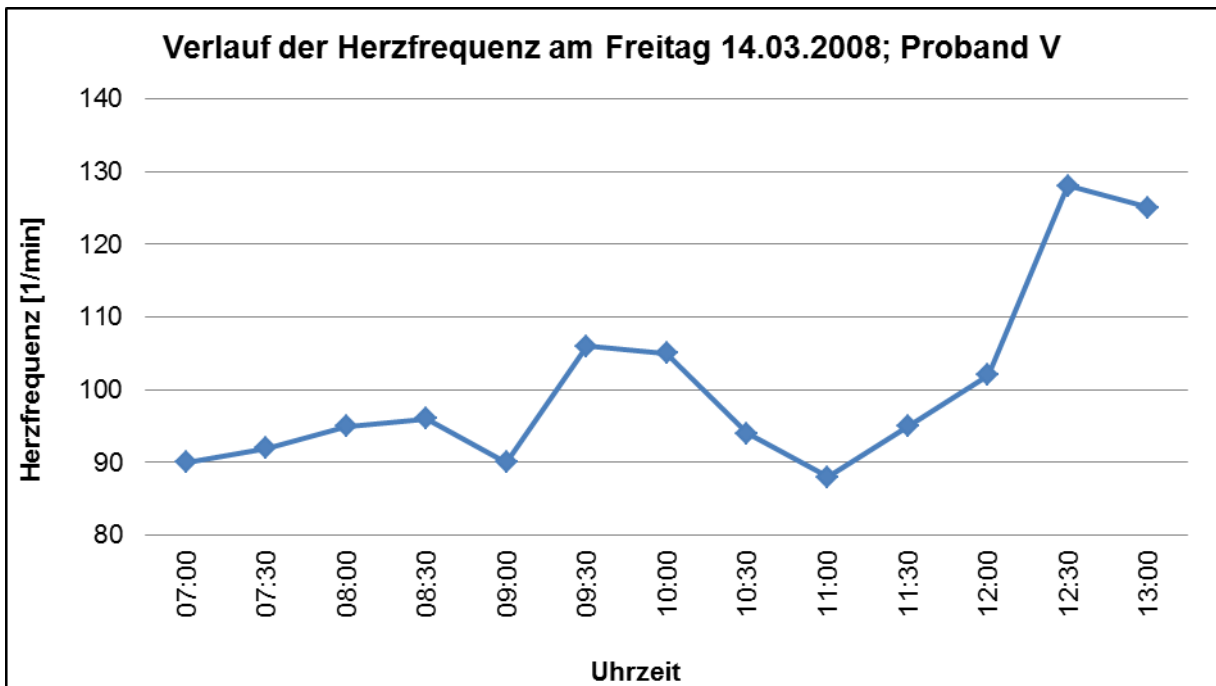


Abbildung 4-20 Verlauf der Herzfrequenz am Freitag, 14.03.2008; Proband V

Der Herzschlag steigt sehr langsam an, ist um 09:30 höher, um eine halbe Stunde darauf wieder auf ein Niveau gleich dem Anfangswert abzufallen. Die Herzfrequenz steigt ab 11:00 Uhr bis zum vorletzten Messpunkt auf das Maximum an, um sich zum Arbeitsende wieder geringfügig zu erholen.

#### 4.4.1.3 Herzfrequenz Proband F

Für Proband F sind in folgender Tabelle der Minimalwert, der Maximalwert und die Durchschnittsherzfrequenz für jeden Tag dargestellt.

Tabelle 4-16 Maximum, Minimum und Mittelwert der Herzfrequenz pro Tag; Proband F

	Minimum	Durchschnitt	Maximum
10.03.08	84	108	119
11.03.08	98	109	128
12.03.08	89	106	120
13.03.08	87	105	119
14.03.08	98	104	118
17.03.08	99	109	126
18.03.08	98	112	120
19.03.08	100	111	127
20.03.08	93	106	119
31.03.08	90	103	131
01.04.08	92	102	110
02.04.08	92	103	110
03.04.08	94	105	131

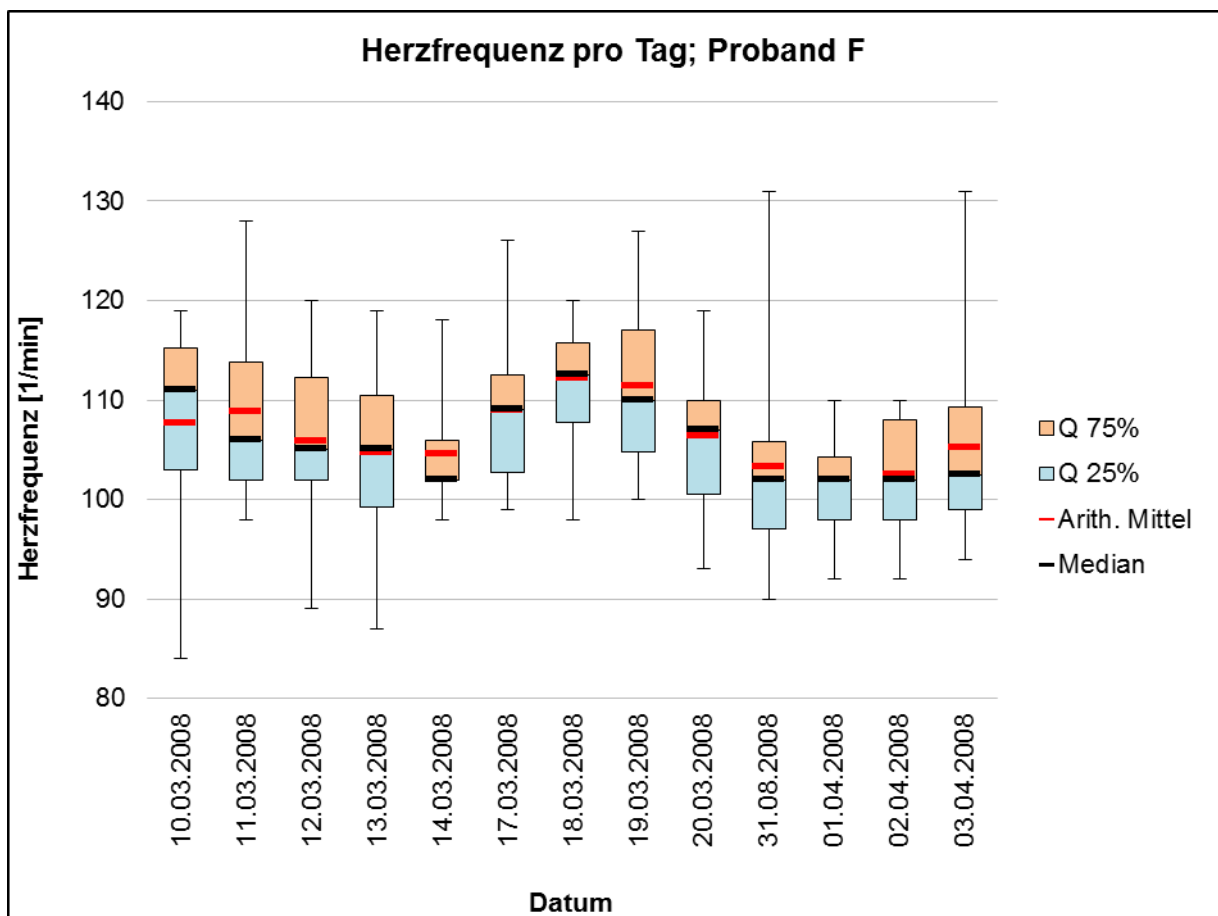


Abbildung 4-21 Herzfrequenz als Boxplot pro Tag; Proband F

Man erkennt hier wie auch schon bei den Probanden G und V eine Wellenbewegung, aber keinen Wochenrhythmus. In der ersten Woche fällt der 50% Bereich kontinuierlich ab, in der 2. Woche ist eine Welle erkennbar, mit dem Wellenberg am 2. Tag der Woche, um dann wieder abzufallen. In der 3. Woche bleibt der 25% Quantilwert für die ganze Woche beinahe gleich, nur der 75% Quantilwert steigert sich zum Ende der Woche. Gegen Ende der Arbeitswochen ist abgesehen von der 3. Woche ein leichtes Absinken feststellbar.

Jedenfalls ist ein sehr konstanter Verlauf der Herzfrequenz ohne große Streuungen in Herzfrequenzbereichen zwischen 100 und 110 Schlägen pro Minute zu erkennen. Aus den zur Verfügung stehenden Werten ist keine Aussage über einen generellen Trend des Herzfrequenzverlaufs über die Arbeitswoche zu treffen. Der Durchschnittswert der Herzfrequenz liegt bei 106 Schlägen pro Minute.

Weiters wurde wieder der Verlauf der Herzfrequenz über den Tag betrachtet. Hier wurden nicht die einzelnen Tage betrachtet, sondern aus den gesammelten Daten ein Diagramm erstellt das Maximum, Minimum, Mittelwert, 25% Quantil Median und 75% Quantil angibt.

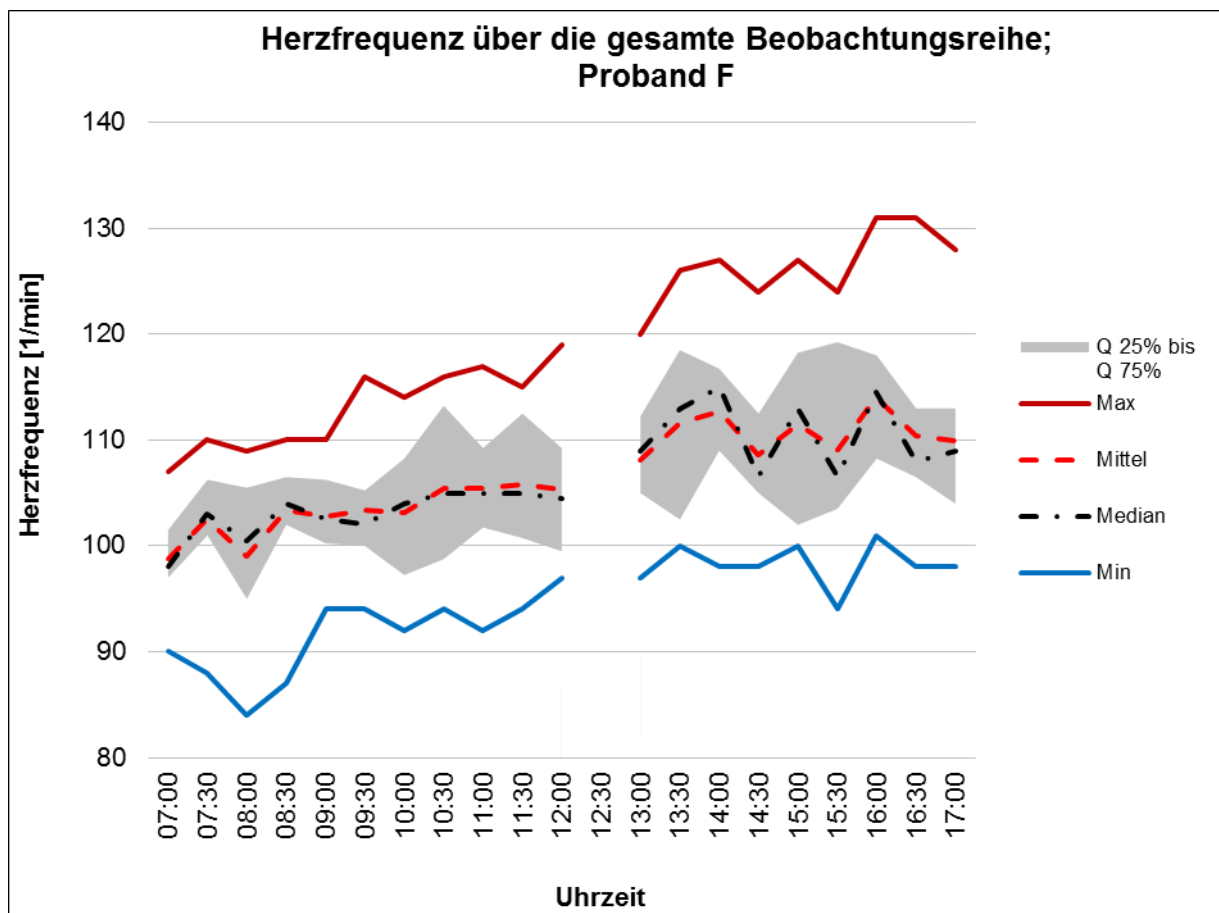


Abbildung 4-22 Herzfrequenz über die gesamte Beobachtungsreihe; Proband F

Außer der Kurve der Minimumwerte haben alle anderen Kurven den tendenziell gleichen Anstieg von der ersten Messung zur zweiten Messung. Ein Anstieg, der sich in der dritten Messung nicht fortsetzt, sondern die Herzfrequenz schwächt wieder leicht ab, um dann sehr konstant bis zur Mittagspause zu verlaufen. Es ist bis 12:00 Uhr nur ein minimaler Anstieg zur Messung um 07:30 Uhr zu erkennen. Überhaupt muss man sagen, dass der Verlauf der Minimum-, Maximum-, und Mittelwerte völlig ohne „Zacken“ verläuft, das heißt, Proband F hat sehr konstante Minima und Maxima mit einem konstanten ruhigen Anstieg der Herzfrequenz vom Arbeitsbeginn bis zur Mittagspause.

Am Nachmittag ergibt sich ein anderes Bild. 25% Quantil, 75% Quantil und der Medianverlauf weisen einen sehr unruhigen Verlauf auf und eine große Bandbreite von 15:00 Uhr bis 16:00 Uhr. In nachstehender Tabelle wird nochmals näher darauf eingegangen.

Der Schlusswert um 17:00 Uhr ist auch bei Proband F nicht der höchste des Tages, sondern der Wert um ca. 16:00 Uhr bis 16:30 Uhr.

Die Pulswerte nach der Pause um 13:00 Uhr sind höher als vor der Pause um 12:00 Uhr.

In untenstehender Tabelle sieht man die große Bandbreite an Daten am Nachmittag für 50% Prozent der Herzfrequenzwerte über den Tag. Sind es in der Früh und am Vormittag noch 5 bis 11, einmal 14 Schläge Differenz, sind es um 15:00 Uhr und um 15:30 Uhr 16 und 15 Schläge mit dazu stark abweichenden Medianwerten.



Tabelle 4-17 25% Quantil, 75% Quantil, Median; Proband F

	75%	Median	25%
07:00 Uhr	102	98	97
07:30 Uhr	106	103	101
08:00 Uhr	106	101	95
08:30 Uhr	107	104	102
09:00 Uhr	106	103	100
09:30 Uhr	105	102	100
10:00 Uhr	108	104	97
10:30 Uhr	113	105	99
11:00 Uhr	109	105	102
11:30 Uhr	113	105	101
12:00 Uhr	109	105	100
12:30 Uhr			
13:00 Uhr	112	109	105
13:30 Uhr	119	113	103
14:00 Uhr	117	115	109
14:30 Uhr	113	107	105
15:00 Uhr	118	113	102
15:30 Uhr	119	107	104
16:00 Uhr	118	115	108
16:30 Uhr	113	108	107
17:00 Uhr	113	109	104

Die Werte vom Freitag, dem 14.03.2008 bestätigen den bisher festgestellten Verlauf größtenteils. Niedriger Anfangswert, Anstieg bis 08:00 Uhr, anschließende leichte Erholung, um dann wieder auf die Spitze von 08:00 Uhr anzusteigen und dann konstant bis 11:00 Uhr zu bleiben. Um 11:30 Uhr ist, wie auch bei Proband G ein Abfall der Herzschläge pro Minute festzustellen, um dann in der 6. Arbeitsstunde konstant bis zum Arbeitsende auf das Tagesmaximum zu steigen.

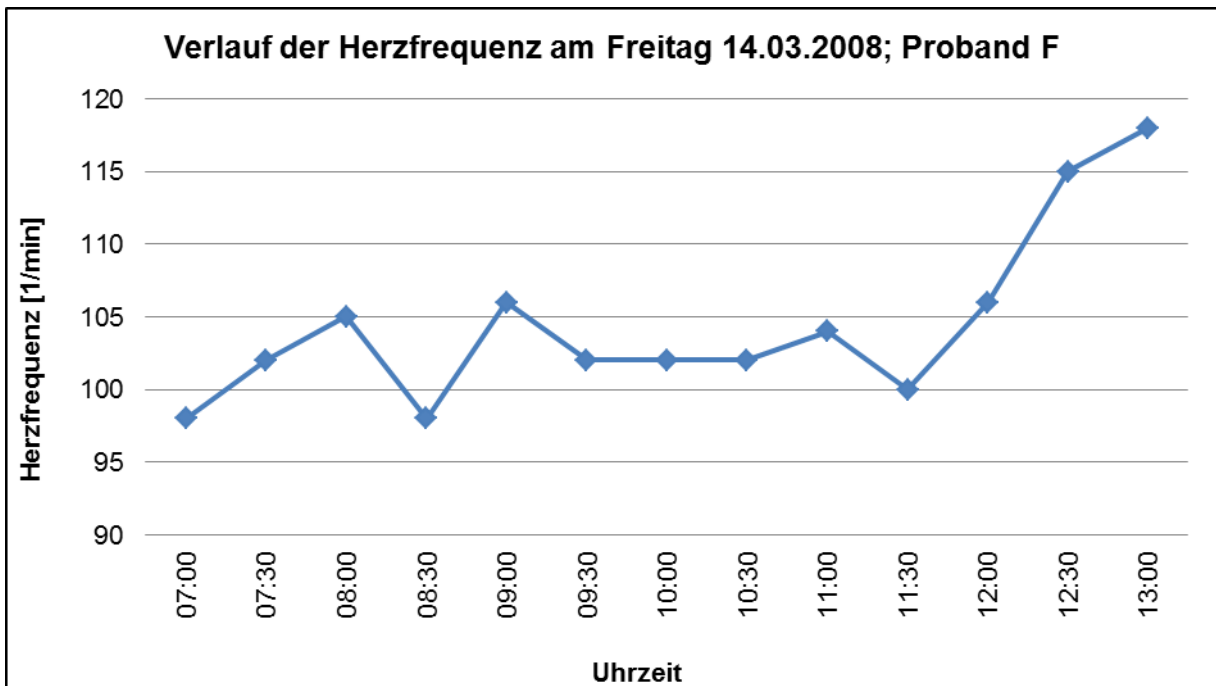


Abbildung 4-23 Verlauf der Herzfrequenz am Freitag, 14.03.2008; Proband F

#### 4.4.2 Herzfrequenz Elektriker

Beim Proband Elektriker zeigt sich ein sehr kontinuierlicher Herzfrequenzbereich an den einzelnen Arbeitstagen in der ganzen Woche. Keine nennenswerten Maxima, sehr niedrige Minima und Mittelwerte zwischen 88 und 95 Schlägen pro Minute, das mit Abstand niedrigste und gleichbleibendste Niveau aller Probanden.

Tabelle 4-18 Analysedaten für Haupt- und Nebentätigkeiten, zusätzliche Tätigkeiten und Unterbrechungen; Proband Elektriker

	Minimum	Durchschnitt	Maximum
07.04.08	71	90	122
08.04.08	72	94	125
09.04.08	68	88	105
10.04.08	72	95	122
11.04.08	80	92	104

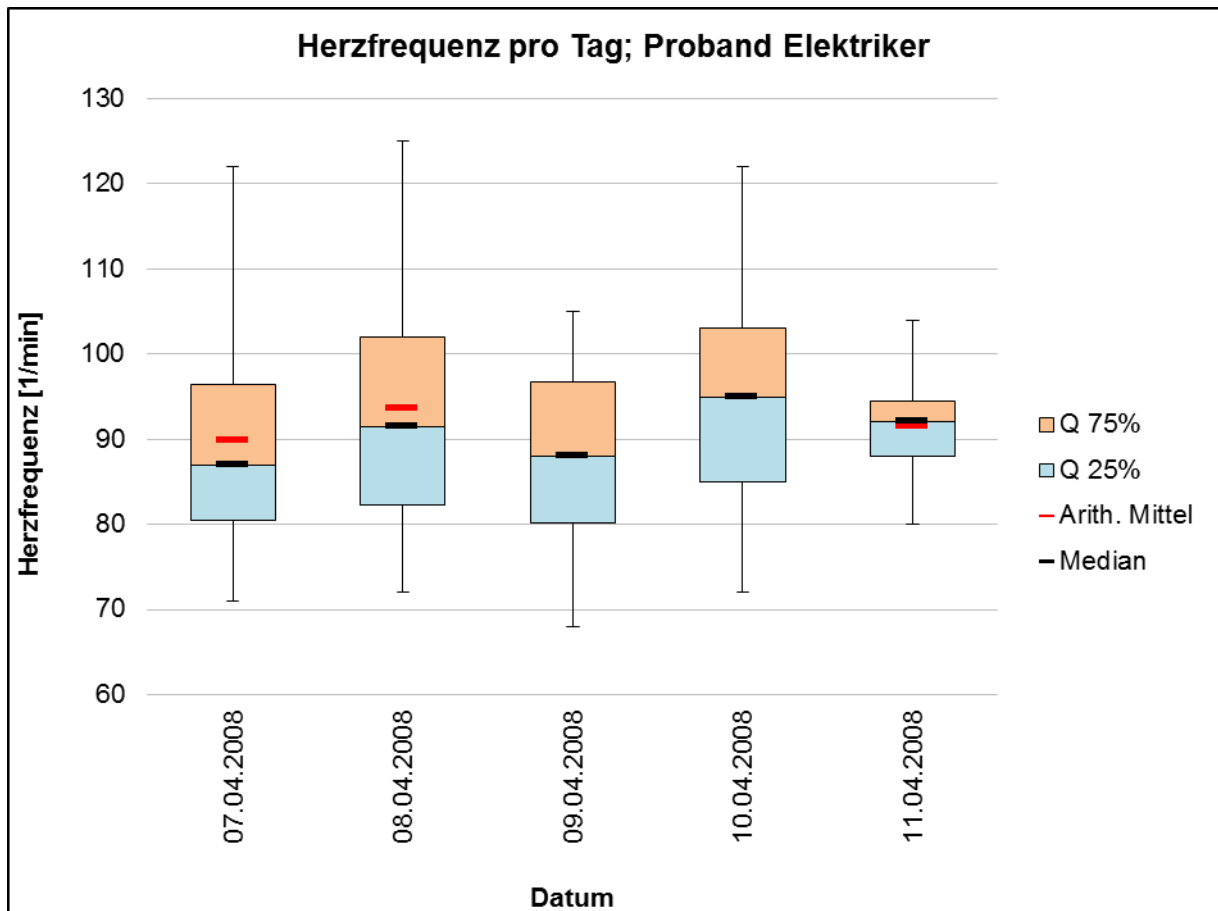


Abbildung 4-24 Herzfrequenz als Boxplot pro Tag; Proband Elektriker

Das Minimum wurde mit 68 Herzschlägen pro Minute beobachtet, die Durchschnittsherzfrequenz über alle Werte mit 92 Schlägen pro Minute berechnet.

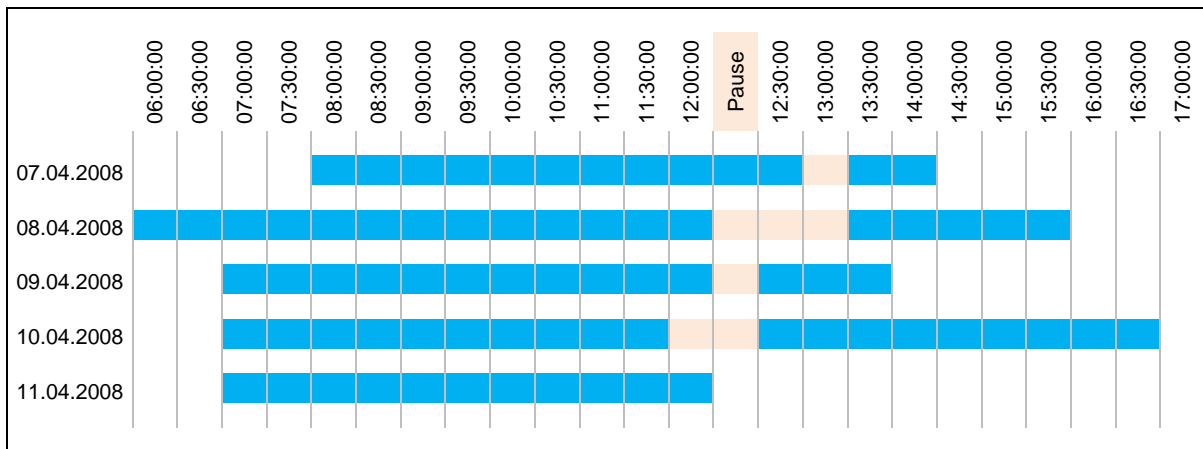
Bei der Analyse der Herzfrequenz über den Tag ergab sich aufgrund der täglich unterschiedlichen Arbeitszeiten, blau gekennzeichnet, das Problem, dass man keine vergleichbaren Daten in ausreichender Menge zur Verfügung hatte. An 5 Tagen gab es 3 verschiedene Beginnzeiten, und 5 Endzeiten.

Bei 4 Mittagspausen, beige gekennzeichnet wurden 3 verschiedene Pausenanfänge, 4 unterschiedliche Pausenlängen, und 2 Pausenendzeiten notiert.

Stundenbezogene Vergleiche pro Tag waren daher schlecht möglich, da der Verlauf der Herzfrequenz zum Beispiel am 4. Tag voraussichtlich in der 9. Stunde anders sein wird, als am 1. Tag in der 6. Stunde, als nur mehr 40 Minuten nach der Pause gearbeitet wurde. Beides waren aber die letzten Arbeitsstunden.

Eine Analyse der Herzfrequenz ist somit nur in gemeinsamer Betrachtung mit der Arbeitszeit möglich.

Tabelle 4-19 Arbeitszeit Proband Elektriker



Ausgewertet wurde daher der Bereich der ersten 3 Stunden an allen 5 Beobachtungstagen und die Zeit vor der Pause bis eine Stunde nach der Pause an vier Tagen. Die Pausenlänge wurde dabei nicht berücksichtigt. Zweitere Analyse wurde am Freitag nicht vorgenommen, da es keine Mittagspause gab, sondern der Arbeitstag ohne Pause um 12:00 Uhr beendet wurde. Die letzte Stunde vor Arbeitsende wurde ebenso ausgewertet.

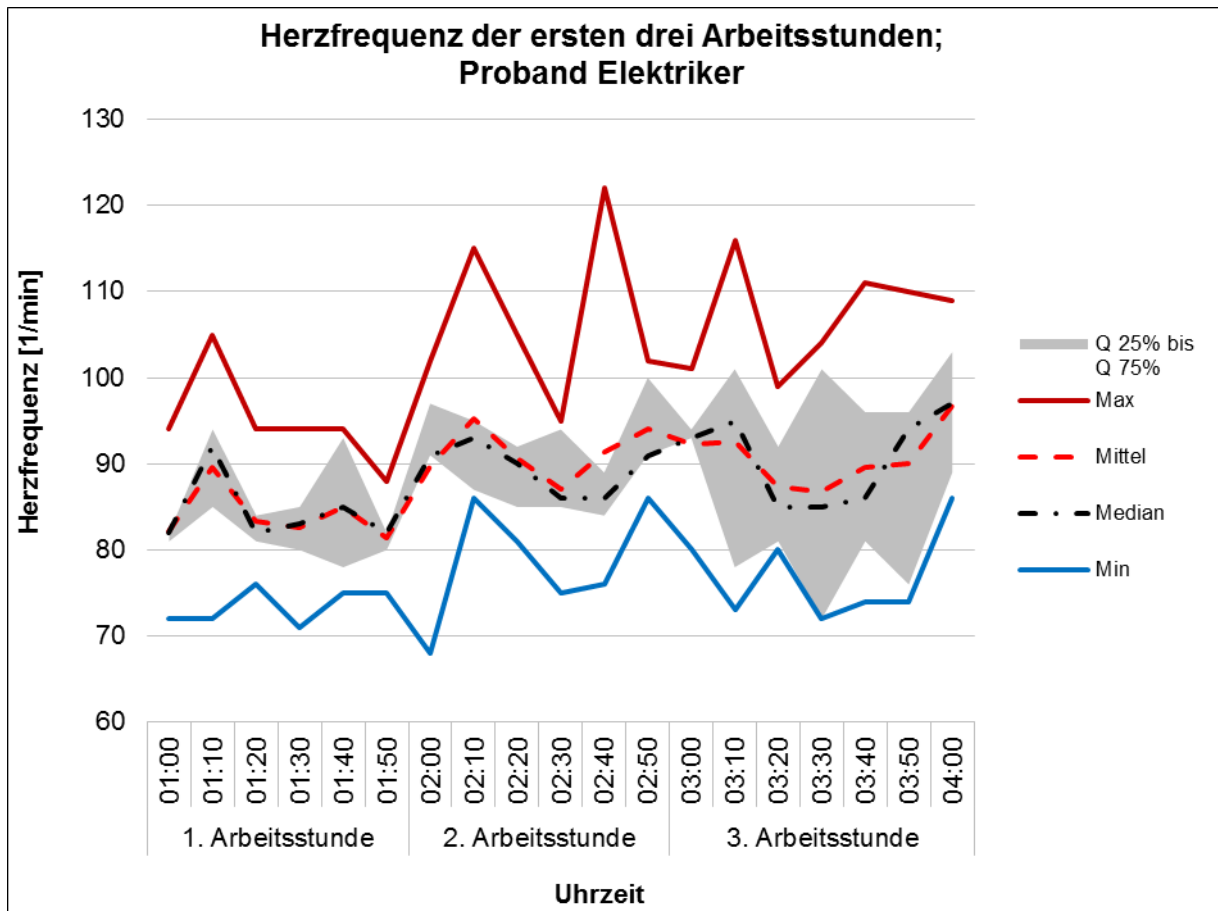


Abbildung 4-25 Herzfrequenz der ersten 3 Stunden; Proband Elektriker

Der graue Bereich zwischen 25% und 75% Quantil zeigt in den ersten beiden Stunden nur eine geringe Schwankungsbreite und wird in der dritten Stunde breiter. Es ist nur ein geringer Anstieg der Herzfrequenz in den ersten drei Stunden zu erkennen.

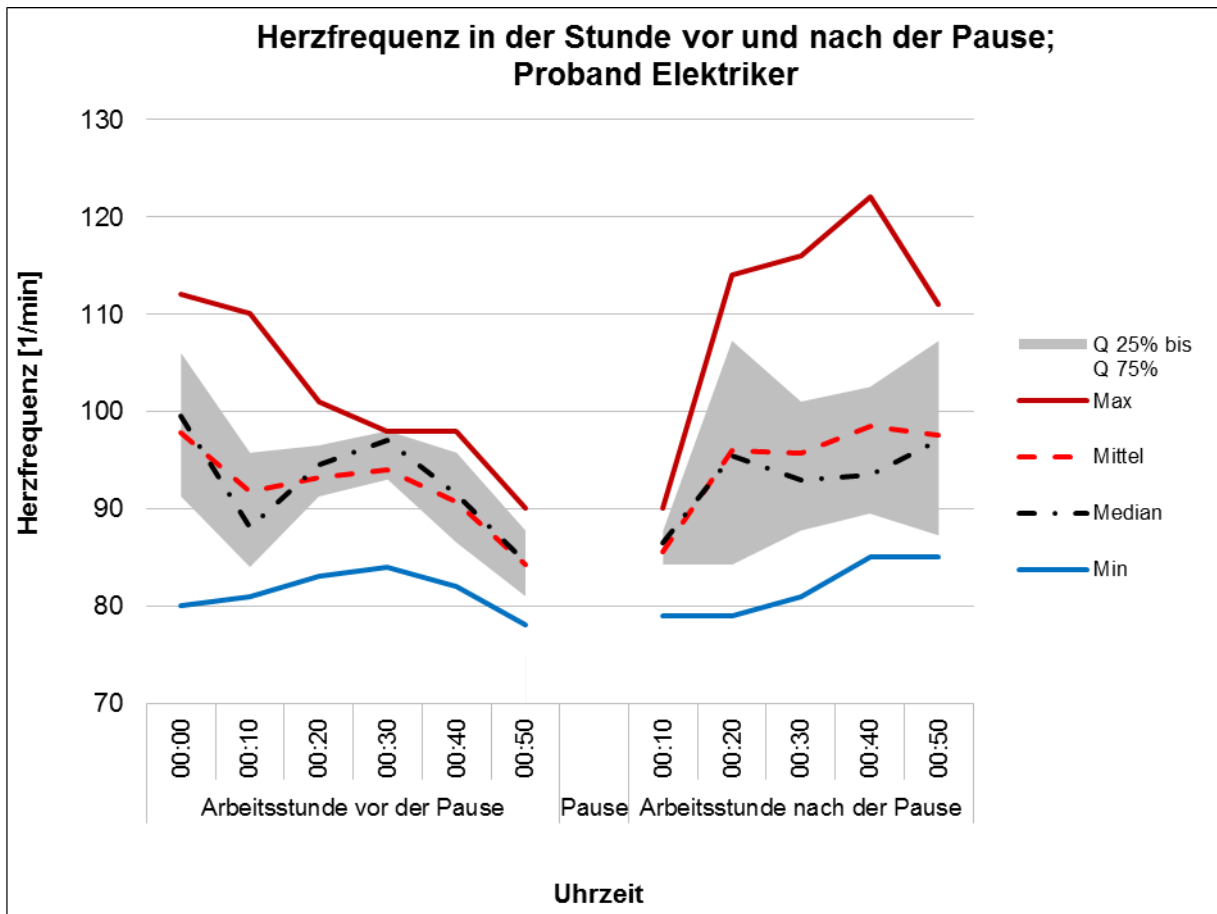


Abbildung 4-26 Herzfrequenz eine Stunde vor und nach der Pause; Elektriker

In der Abbildung der Herzfrequenz eine Stunde vor und eine Stunde nach der Pause ist ein leichter Abfall der Herzfrequenz vor der Pause zu erkennen, keine Veränderung während der Pause, aber sehr wohl ein Anstieg nach der Pause, der sich aber nach kurzer Zeit auf einem gleichmäßigen Niveau stabilisiert.

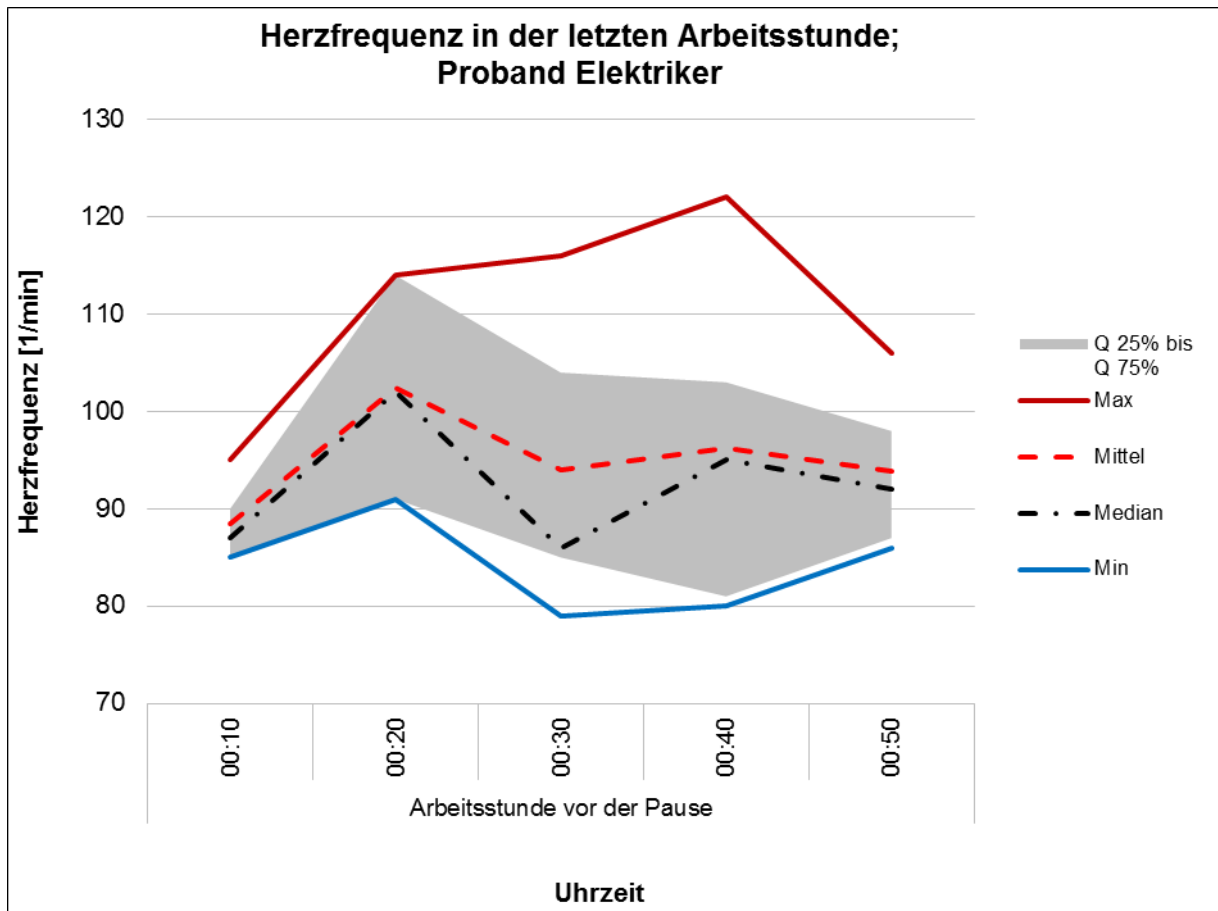


Abbildung 4-27 Herzfrequenz der letzten Stunde; Elektriker

In der Betrachtung der letzten Stunde des Arbeitstages kann man zum Arbeitsende nach einem Anstieg um 10 Herzschläge pro Minute 40 Minuten vor Arbeitsende, einen leichten Rückgang der Herzfrequenz feststellen.

#### 4.4.3 Herzfrequenz Installateur

Die durchschnittliche Herzfrequenz von Proband Installateur liegt bei 104 Schlägen pro Minute.

Beim Proband Installateur zeigen sich an drei Beobachtungstagen sehr hohe Maxima, die auf die Tätigkeit „Stemmen“ zurückzuführen sind, und im Kapitel 5.4 ausgewertet werden.

Tabelle 4-20 Analysedaten für Haupt- und Nebentätigkeiten, zusätzliche Tätigkeiten und Unterbrechungen; Proband Installateur

	Minimum	Durchschnitt	Maximum
21.04.08	74	108	130
22.04.08	75	93	111
23.04.08	82	112	161
24.04.08	82	106	181
25.04.08	82	104	147

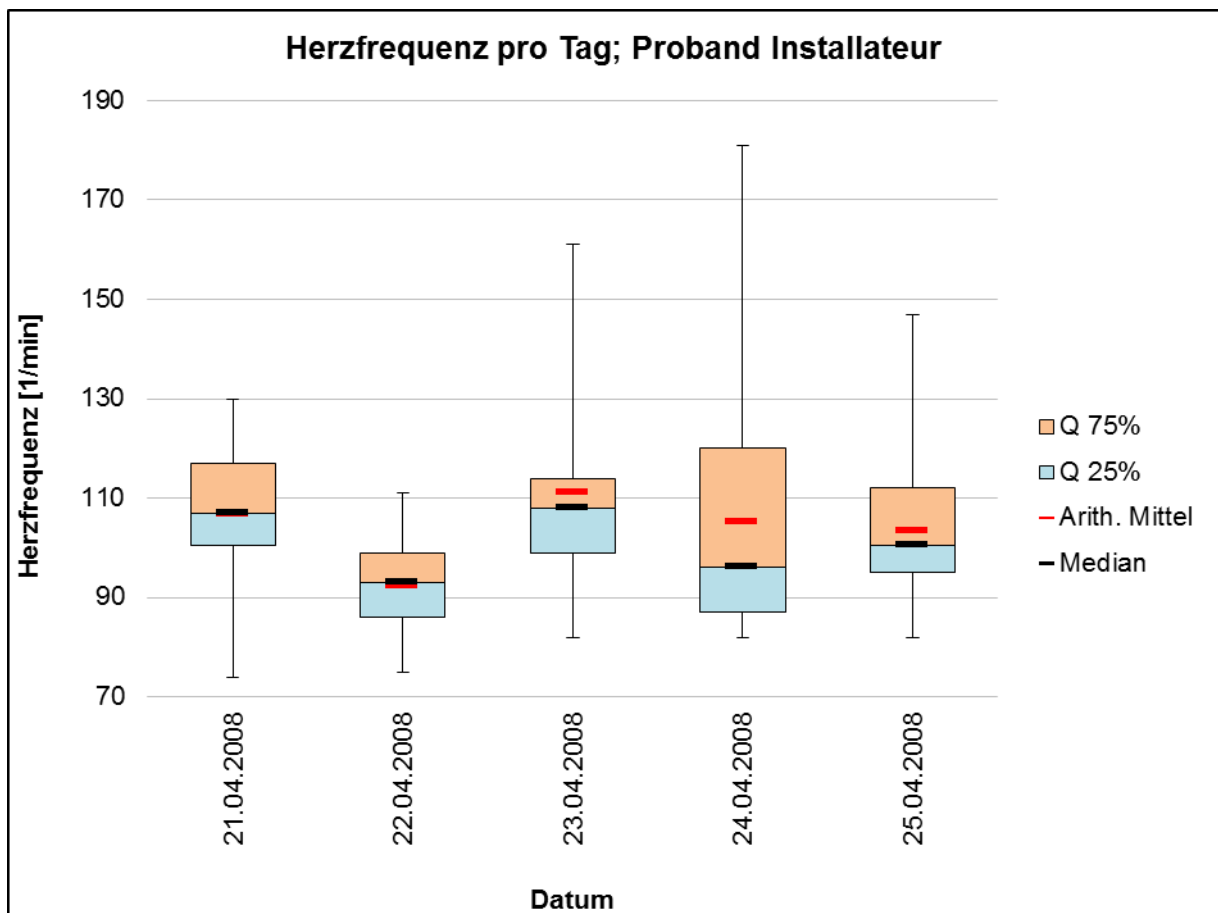


Abbildung 4-28 Herzfrequenz als Boxplot pro Tag; Proband Installateur

Bei der Analyse der Herzfrequenz über den Tag ergaben sich auch beim Proband Installateur aufgrund der täglich unterschiedlichen Arbeitszeiten, blau gekennzeichnet, das Problem, dass man keine vergleichbaren Daten in ausreichender Menge zur Verfügung hatte. An 5 Tagen gab es 2 verschiedene Beginnzeiten, und 4 unterschiedliche Endzeiten.

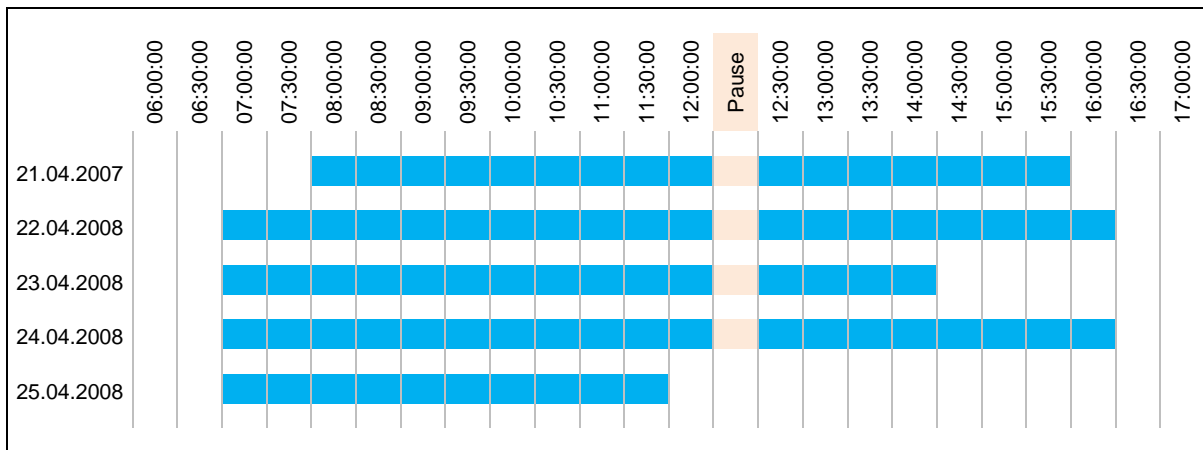
Die 4 Mittagspausen, beige gekennzeichnet, waren zeitlich gleich angelegt.

Trotzdem gab es nur 2 Tage mit gleichen Arbeitszeiten.



Zusätzlich wurden am 23.04.2008 und 24.04.2008 jeweils nachmittags besondere Tätigkeiten mit auffälligen Herzfrequenzverläufen beobachtet, und deshalb gesondert in Kapitel 5.4 betrachtet.

Tabelle 4-21 Arbeitszeit Proband Installateur



Ausgewertet wurde daher der Bereich der ersten 3 Stunden an allen 5 Beobachtungstagen, und die Zeit vor der Pause bis eine Stunde nach der Pause an vier Tagen. Die Pausenlänge wurde dabei nicht berücksichtigt. Zweitere Analyse wurde am Freitag nicht vorgenommen, da es keine Mittagspause gab, sondern der Arbeitstag ohne Pause um 12:00 Uhr beendet wurde. Die letzte Stunde vor Arbeitsende wurde ebenso ausgewertet.

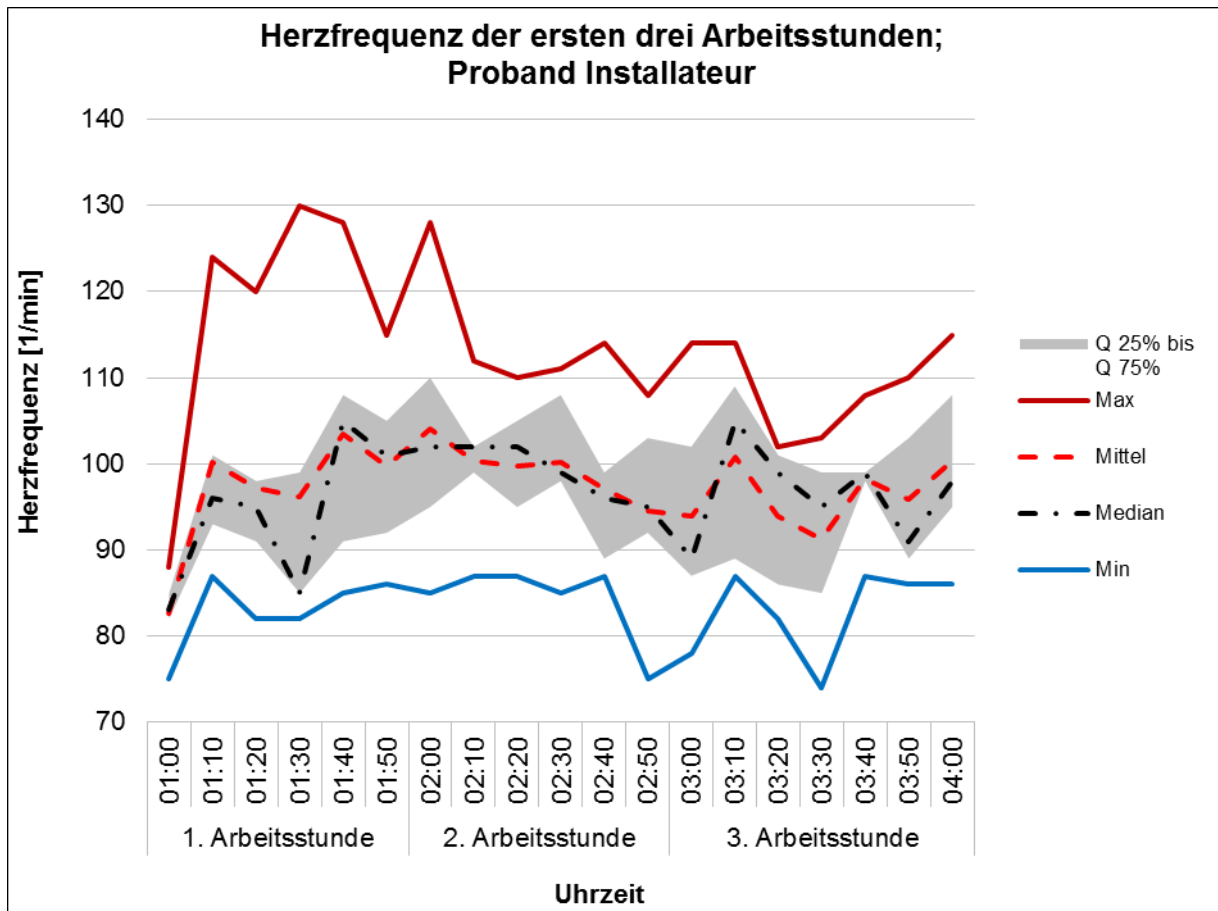


Abbildung 4-29 Herzfrequenz der ersten drei Stunden; Proband Installateur

Am Morgen steigt der Puls von einem niederen Wert auf ein konstantes Niveau, das sich bis zum Ende der dritten Arbeitsstunde zwischen 25% Quantil und 75% Quantil fortsetzt. Der Median fällt nach den ersten 30 Minuten Arbeitszeit ca. 8 Schläge ab, um 10 Minuten später um 20 Herzschläge pro Minute höher zu liegen.

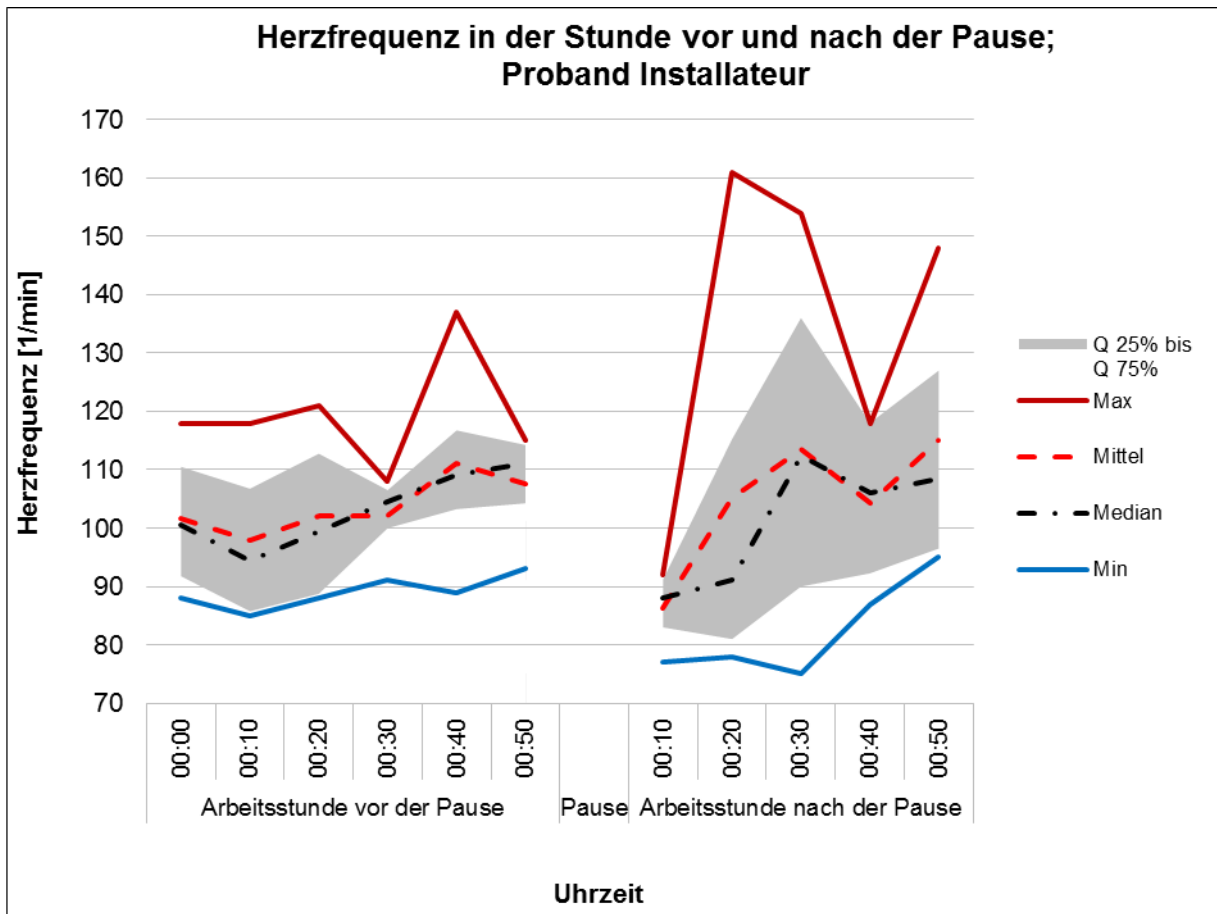


Abbildung 4-30 Herzfrequenz eine Stunde vor und nach der Pause; Installateur

In der Pause ist eine deutliche Erholung der Herzfrequenzrate zu erkennen. Nach der Pause steigt die Herzfrequenz deutlich an. Der Median steigt bis auf ein Niveau wie vor der Pause, der 75% Quantilwert steigt sogar noch höher an

Gegen Ende der Arbeitszeit fällt die Herzfrequenz wieder leicht ab.

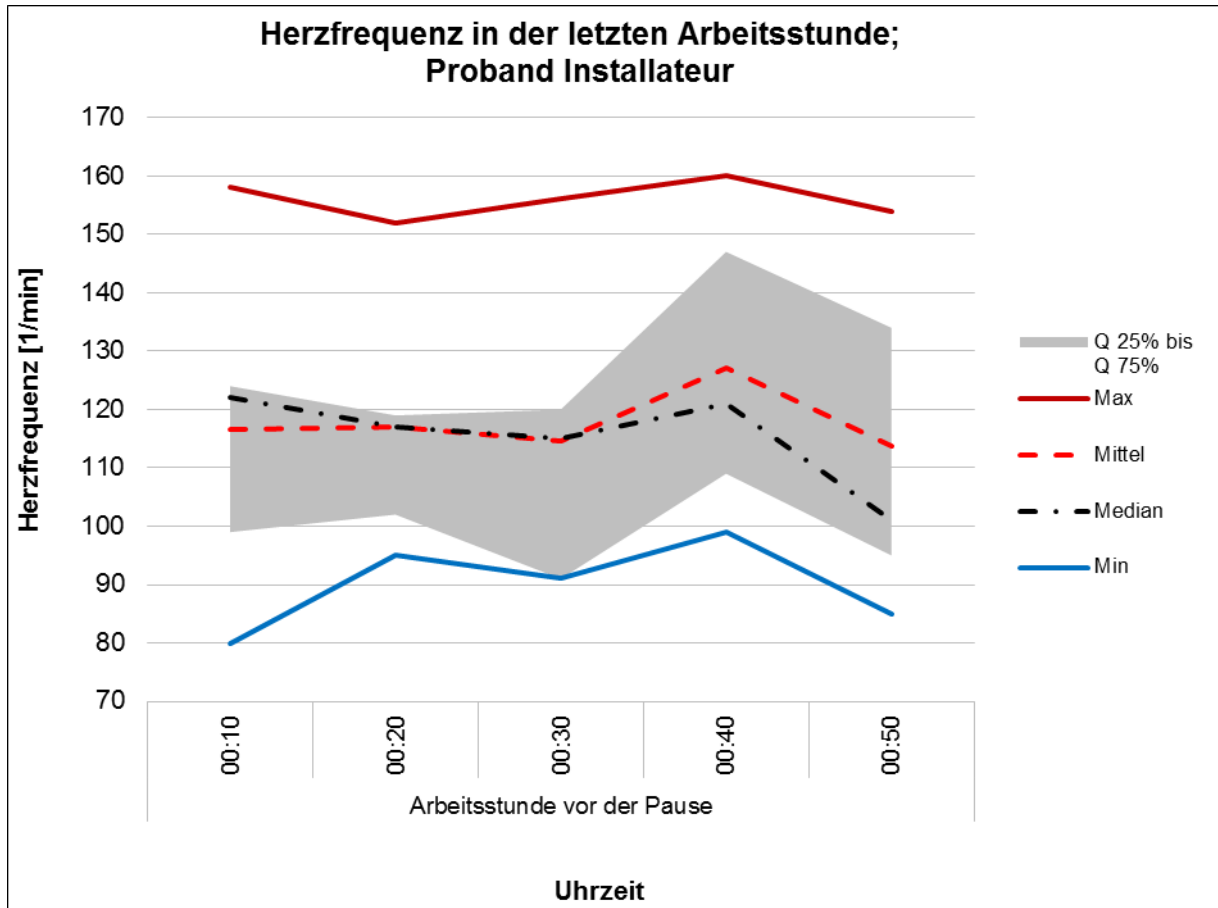


Abbildung 4-31 Herzfrequenz der letzten Stunde; Installateur

#### 4.4.4 Zusammenfassung HF-Auswertung

Die Zusammenfassung der Herzfrequenzauswertung wurde einmal für den Bereich der WKS-B-Probanden und weiters für alle Probanden gemeinsam vorgenommen.

##### 4.4.4.1 Zusammenfassung der Auswertung der Herzfrequenz für den WKS-B-Bereich

Zum Vergleich des Verlaufs der Herzfrequenz über den Tag wurde der Medianwert als aussagekräftiger Wert herangezogen, und die drei Probanden miteinander verglichen.

Das Diagramm stellt den relativen Pulsverlauf des jeweiligen Probanden in Bezug auf den Startwert dar. Wobei der Startwert dem jeweiligen ersten Messwert (Median-Wert) des Probanden entspricht (=100%). So sind die Verläufe der Herzfrequenzen besser vergleichbar, da diese nicht

direkt, sondern nur über den relativen Tagesverlauf verglichen werden (An- und Abstiege, gleichbleibende Phasen, Steilheit, ...) Außerdem wird das unterschiedliche Grundniveau der Herzfrequenz der einzelnen Probanden kompensiert.

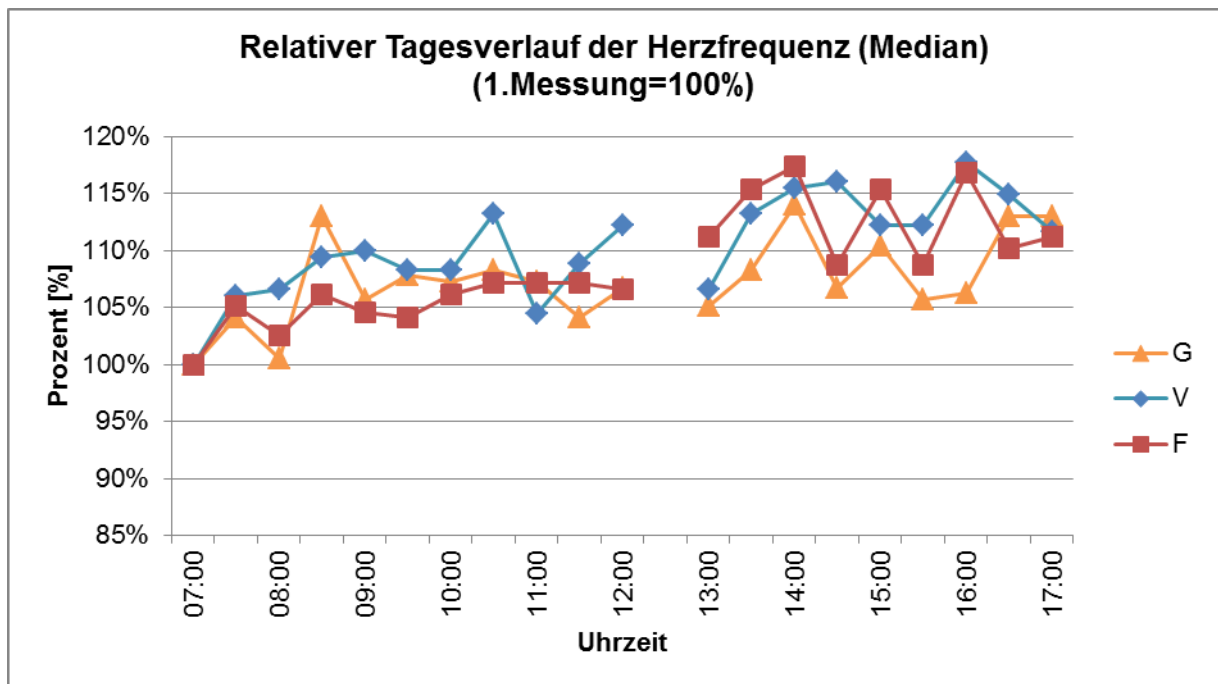


Abbildung 4-32 Vergleich des relativen Verlaufs der Herzfrequenz über den Tag der Probanden G, V und F

Ersichtlich ist bei allen drei Probanden der Anstieg vom ersten Wert in der Früh zu Arbeitsbeginn auf ein einigermaßen konstantes Niveau, das zwischen 5% und 10% höher liegt als am Vormittag. Nur Proband G hat einen Anstieg der Herzfrequenz auf 113% vom Startwert um 08:30 Uhr in der Linie, die sich aber wieder auf ein sehr konstantes Niveau 5% bis 8% Prozent über dem Wert zu Arbeitsbeginn reduziert.

Proband V zeigt von den drei Probanden bis auf zwei Beobachtungen die höchste Linie und hat um 10:30 Uhr einen Anstieg des relativen Verlaufs der Herzfrequenz auf 113%, den höchsten Anstieg aller Probanden am Vormittag.

Der Wert zu Beginn der Pause ist bei zwei Kurven mit 107% identisch, Proband V wiederum verzeichnet einen Anstieg auf 112% des Startwerts und liegt damit nur knapp unter seinem Höchstwert um 10:30 Uhr.

Eine Erholung in der Pause findet allerdings, wie schon bei der Einzelbeurteilung angemerkt, nur bei den Probanden G und V statt. Bei Proband G ist die Erholung der Herzfrequenz mit 2% nur sehr gering, bei Proband V mit 5% schon deutlich höher.

Proband F zeigt nach der Pause eine um 4% höhere Herzfrequenz als davor.

Nach der Pause steigt der Puls bei allen drei Probanden sehr schnell um bis zu 17% vom Startwert an, um danach wieder auf ein etwas tieferes Niveau zu sinken.

Der weitere Verlauf stellt ein Auf und Ab dar, bei den einzelnen Probanden unterschiedlich ausgeprägt. Das allgemeine Niveau ist allerdings um 5% bis 17% höher als am Vormittag.

Zum Ende des Arbeitstages ist kein einheitlicher Trend bei den drei Probanden zu erkennen. Bei Proband G liegt der Wert um 16:00 Uhr bei 106%, um dann bis Arbeitsende auf 111% zu steigen. Die letzte halbe Stunde bleibt der Wert gleich.

Bei Proband V steigt die Herzfrequenz um 16:00 Uhr auf 118% an, fällt dann aber bis Arbeitsende auf 112%.

Bei Proband F fällt die Herzfrequenz von einem Hoch um 16:00 Uhr mit 117% um 7% auf einen Wert von 110% um 16:30 Uhr, um dann bis Arbeitsende nur mehr geringfügig, um 1%, auf den Schlusswert von 111% anzusteigen.

Proband G hat bis auf die zwei letzten Werte die tiefsten Werte dieser drei Probanden am Nachmittag.

Der Pulsschlag nachmittags ist somit generell höher als vormittags, ein konstanter Anstieg bis zum Ende des Arbeitstages ist aber nicht erkennbar, obwohl 9 Stunden gearbeitet wurden.

#### **4.4.4.2 Zusammenfassung der Auswertung der Herzfrequenz für alle Probanden**

Beim Vergleich aller Verläufe der Herzfrequenz pro Tag kann man mehrere Gemeinsamkeiten erkennen. Am Morgen startet bei allen Probanden die Herzfrequenz sehr niedrig, um sofort erstmals anzusteigen. Anschließend zeigt sich ein gleichmäßiges Niveau bis zur Mittagspause. Teilweise kann man einen Anstieg der Herzfrequenz zwischen 11:00 Uhr und 11:30 Uhr erkennen, der sich aber nicht bis zur Pause fortsetzt.

Bis auf einen Probanden senkt sich die Herzfrequenz in der Pause auf Wert unterhalb des Anfangswerts der Pause.

Nach der Pause steigt bei allen Probanden die Herzfrequenz steil an, senkt sich aber wieder ab, und verbleibt auf einem konstanten Niveau bis zum Arbeitsende. Es ist kein Anstieg der Herzfrequenz in der letzten Stunde zu erkennen. Das Niveau am Nachmittag ist allgemein höher als vormittags, der tiefe Anfangswert zu Arbeitsbeginn wird kaum mehr erreicht.

Die Minimumwerte des Elektrikers mit 68 und 72 Herzschlägen pro Minute sind die niedersten aller Beobachtungen.

## 5 Sonderauswertungen

Als Sonderfälle in der Datenauswertung wurden die Analyse der Herzfrequenz bei Haupt- und Nebentätigkeiten- und Unterbrechungen vorgenommen, ebenso die Verteilung der Tätigkeiten nach Ausführungsart und beobachteter Herzfrequenz bei den Probanden aus dem Bereich der WKSB-Dämmungen. Weiters wurde für alle Probanden analysiert, ob Arbeiten auf einer Leiter eine zusätzliche Beanspruchung im Vergleich zu Arbeiten ohne Leiter darstellt und wie die Verteilung der Arbeitszeit pro Tag mit und ohne Leiter strukturiert ist.

### 5.1 Analyse der Ausführungen A,B,C und D

Um herauszufinden, ob es Unterschiede in der Beanspruchung des Körpers, ausgedrückt und gemessen in Form der Herzfrequenz, zwischen den einzelnen Ausführungsarten A, Elastomer, B, Lamellenmatten, C, PVC und D, Blech, gibt, wurden die Beobachtungsdaten dahingehend untersucht. Analysiert wurden alle Haupt- und Nebentätigkeiten, die einer Ausführung direkt zugeschrieben werden konnten. Der Anfangswert um 07:00 Uhr und der Wert am Ende der Pause um 13:00 Uhr wurden daher nicht berücksichtigt.

#### 5.1.1 Proband G

In der tabellarischen Darstellung wie auch in der Darstellung als Boxplot kann man erkennen, dass die 3 gemessenen Ausführungen in der Höhe der Herzfrequenz für Proband G vergleichbar sind.

Tabelle 5-1 Herzfrequenzwerte der einzelnen Ausführungsarten; Proband G

Ausführung A; Elastomer		Ausführung B; Matten		Ausführung D; Blech	
Anzahl Messungen	96	Anzahl Messungen	103	Anzahl Messungen	28
Max	140	Max	125	Max	125
Durchschnitt	104	Durchschnitt	102	Durchschnitt	105
Min	84	Min	84	Min	94
25% Quantil	99	25% Quantil	96	25% Quantil	99
Median	104	Median	101	Median	102
75% Quantil	110	75% Quantil	107	75% Quantil	110

Ausführung A, Isolierung von Kaltwasserleitungen mit Elastomer, hat einen Extremwert mit einer Herzfrequenz von 140 Schlägen, liegt ansonsten aber gleichauf mit der Ausführung D, Montage eines Blechmantels. Ausführung B, Dämmen von Heizungsleitungen, ist in allen Werten außer dem Minimum 3 bis 4 Herzschläge pro Minute niedriger als Ausführung A und Blech, hat aber den gleichen Extremwert



wie die Ausführung Blech und bis auf einen Herzschlag auch den gleichen Medianwert. Ausführung B weist einen geringfügig niedrigeren Bereich der beobachteten Herzfrequenz auf als Ausführung A und C.

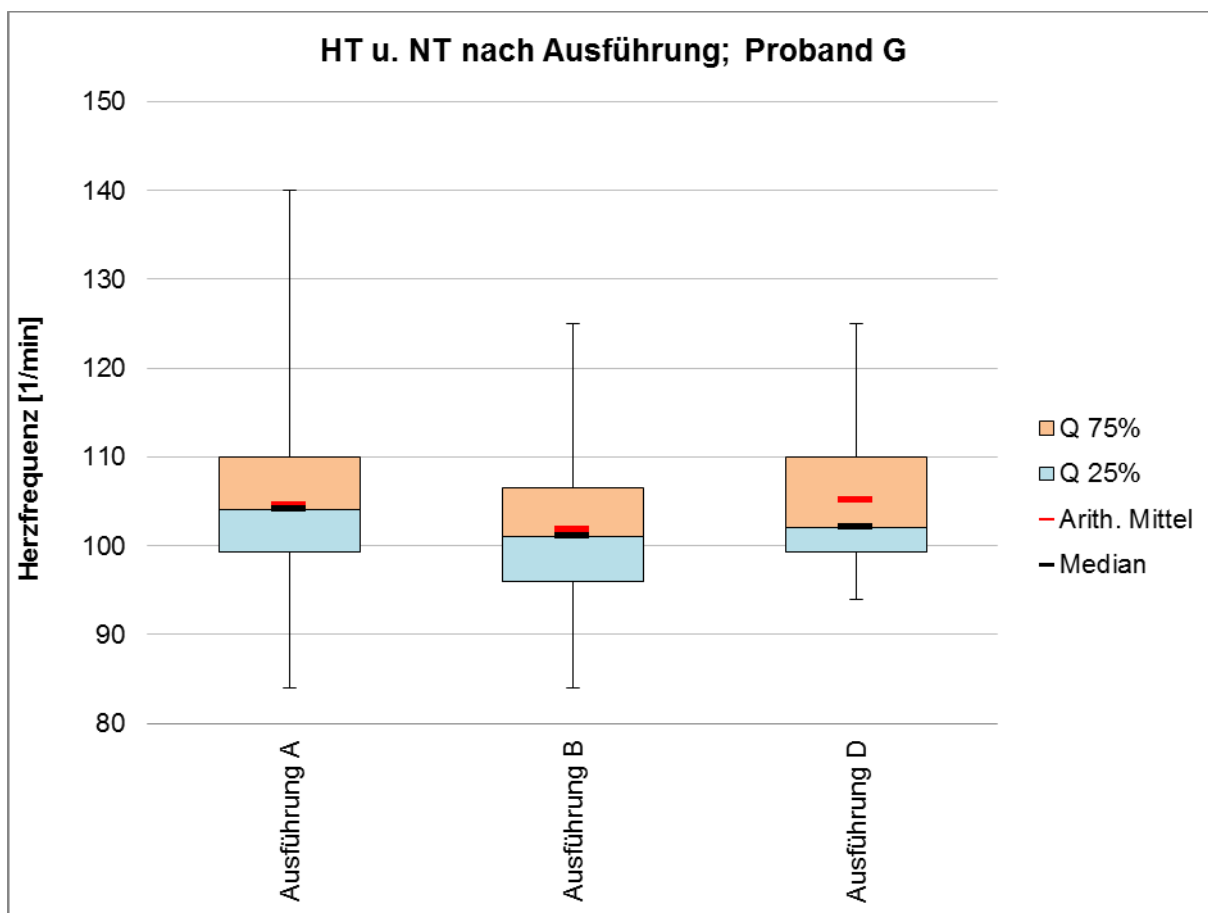


Abbildung 5-1 Boxplot für Haupt- und Nebentätigkeiten nach Ausführungsart; Proband G

Bei einer genaueren Betrachtung und Suche nach dem Grund für die erhöhte Herzfrequenz bei Ausführung A wurden die Werte der einzelnen Tage miteinander verglichen und festgestellt, dass Proband G am ersten Tag sehr nervös war und überdurchschnittlich hohe Pulswerte im Vergleich zu den anderen Tagen bei dieser Ausführung hatte.

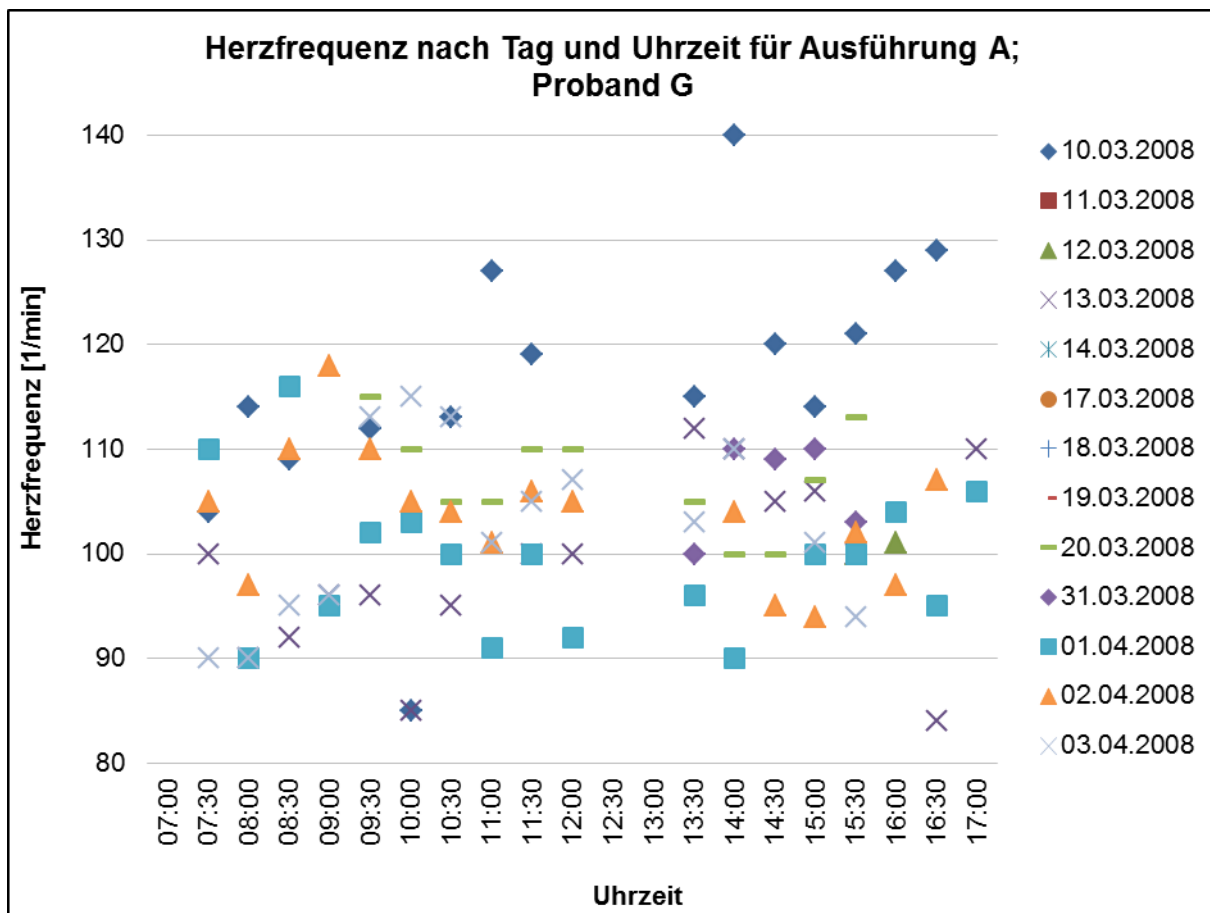


Abbildung 5-2 Punktdiagramm der Herzfrequenz für Ausführungsart A; Proband G

Die Datenreihe 1 gibt den ersten Arbeitstag an. Ersichtlich ist hier, dass die Werte des 1. Tages überdurchschnittlich hoch sind. Daher wurde die Datenauswertung für die einzelnen Ausführungen für die Ausführung A nochmals durchgeführt, allerdings wurden die Werte des 1. Tages nicht berücksichtigt, was zu folgendem Ergebnis führte.

Tabelle 5-2 Berichtigte Herzfrequenzwerte der Ausführungsart A; Proband G

Ausführung A; Elastomer; berichtigt	Ausführung B; Matten	Ausführung D; Blech
Anzahl Messung	81	Anzahl Messungen 28
Max	118	Max 125
Durchschnitt	102	Durchschnitt 105
Min	84	Min 94
25% Quantil	96	25% Quantil 99
Median	102	Median 102
75% Quantil	107	75% Quantil 110

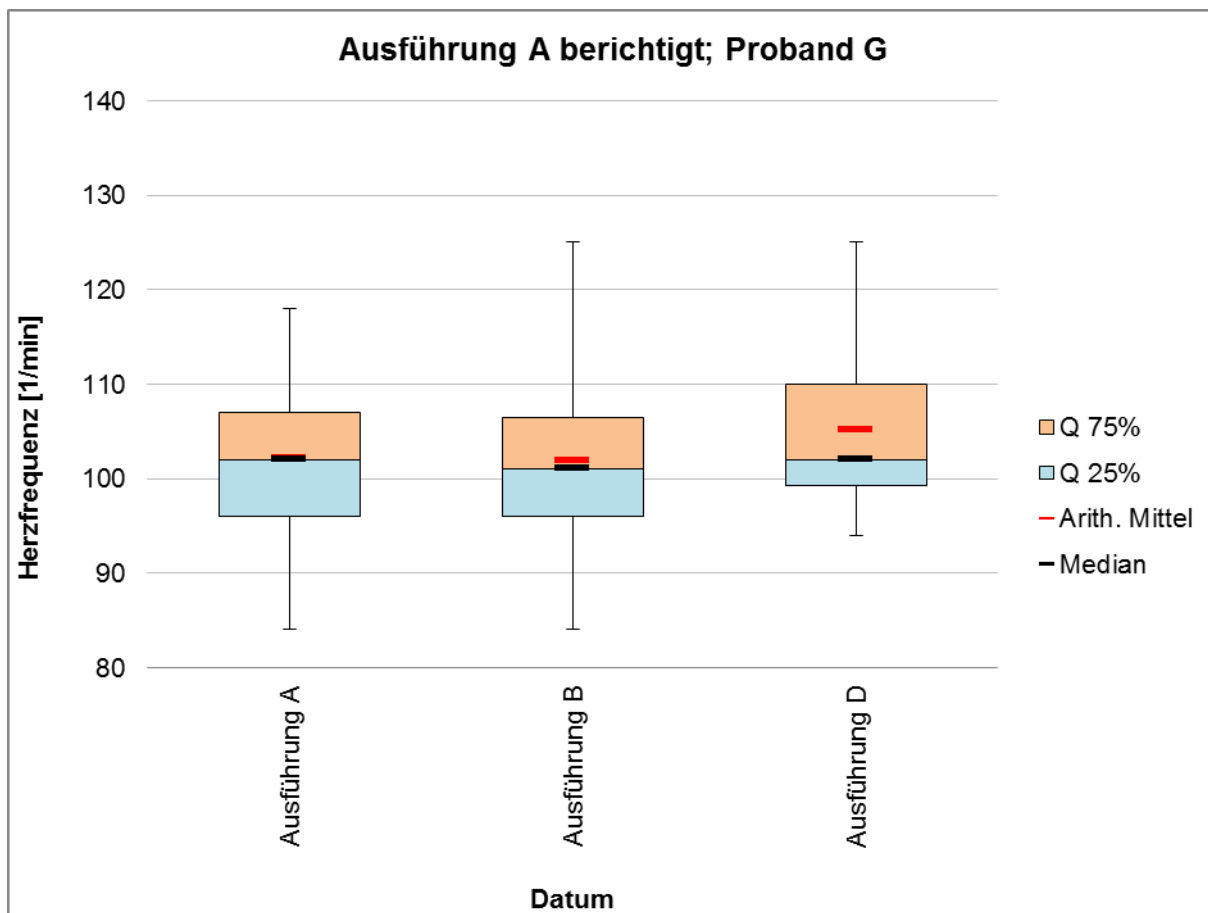


Abbildung 5-3 Boxplot für Haupt- und Nebentätigkeiten nach Ausführungsart; Proband G

Alle auffallenden Werte sind nicht mehr vorhanden.

Ausführung A entspricht damit von der Herzfrequenz her Ausführung B, ist sogar im Maximum noch deutlich niedriger. Somit stellt die Ausführung D, Blech, die minimal höhere Belastung für den menschlichen Körper bei Proband G dar, was auf einen höheren Kraftaufwand für die Montage schließen lässt.

In Abbildung 5-2 ist weiters ersichtlich, dass die Herzfrequenzwerte bei Tätigkeiten der Ausführung A im Laufe des Tages nicht ansteigen.

### 5.1.1.1 Proband V

In der tabellarischen Darstellung wie auch in der Darstellung als Boxplot kann man erkennen, dass die drei gemessenen Ausführungen doch merkliche Unterschiede in der Herzfrequenz aufweisen.

Tabelle 5-3 Herzfrequenzwerte der einzelnen Ausführungsarten; Proband V

Ausführung A; Elastomer		Ausführung B; Matten		Ausführung D; Blech	
Anzahl Messungen	96	Anzahl Messungen	41	Anzahl Messungen	17
Max	125	Max	147	Max	148
Durchschnitt	100	Durchschnitt	102	Durchschnitt	114
Min	78	Min	83	Min	99
25% Quantil	95	25% Quantil	94	25% Quantil	105
Median	100	Median	101	Median	110
75% Quantil	104	75% Quantil	108	75% Quantil	116

Alle drei Ausführungen haben nur einen sehr schmalen Bereich an auftretenden Herzfrequenzen. Bei Ausführung A sind 50% der Werte in einem Bereich von neun Herzschlägen pro Minute.

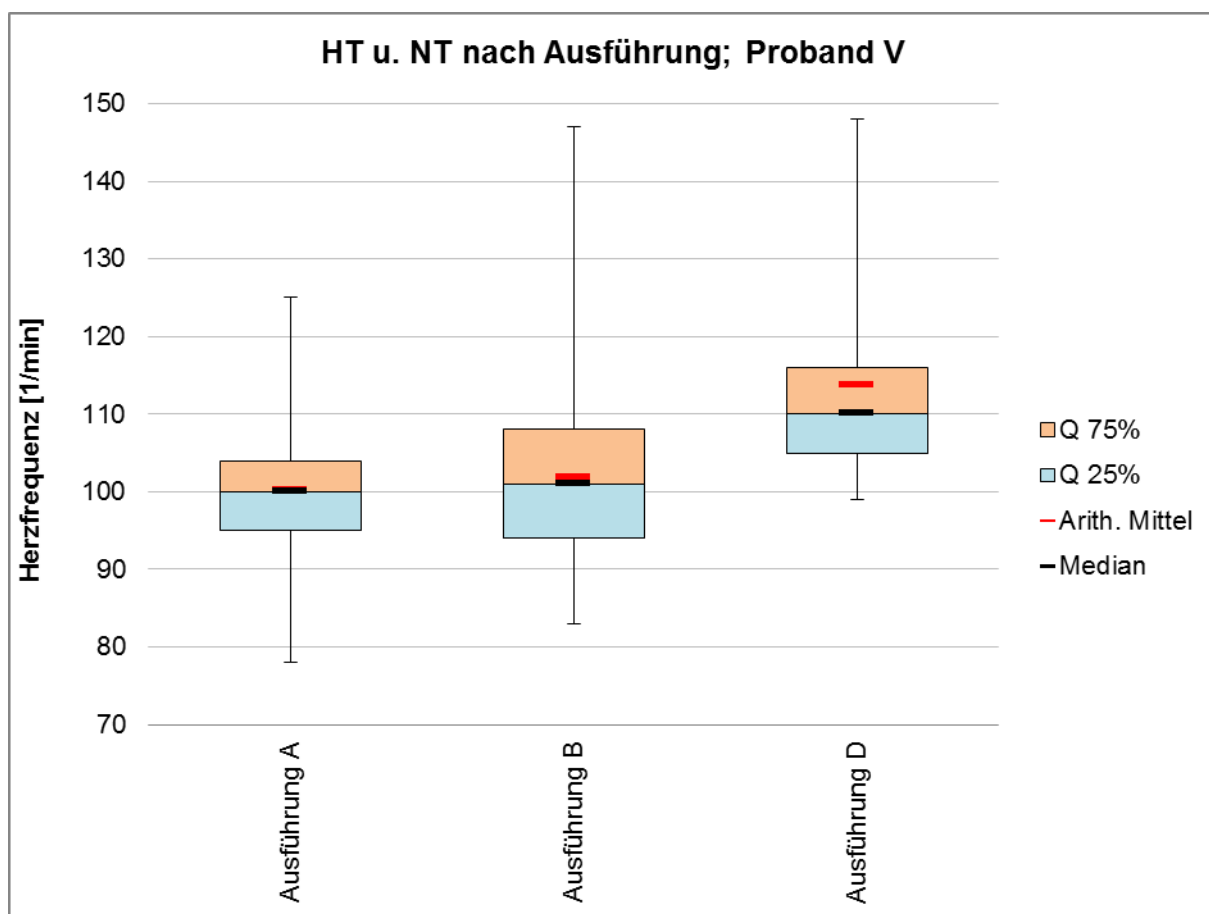


Abbildung 5-4 Boxplot für Haupt- und Nebentätigkeiten nach Ausführungsart; Proband V

Allerdings weisen die Ausführungen B, Matten, und D, Blech, sehr hohe Maximalwerte auf, die die weiteren Werte verfälschen, da sie Sonderfälle darstellen, die mit der allgemeinen Belastung auf den Körper bei normalem Bauablauf nicht übereinstimmen. Daher wurden für die tatsächlichen Datenauswertungen diese Extremwerte, die wieder mit Material- und Maschinentransport in Zusammenhang stehen, nicht berücksichtigt.

**Tabelle 5-4 Berichtigte Herzfrequenzwerte der einzelnen Ausführungsarten; Proband V**

<b>Ausführung A; Elastomer</b>		<b>Ausführung B; Matten</b>		<b>Ausführung D; Blech</b>	
Anzahl Messungen	96	Anzahl Messungen	40	Anzahl Messungen	15
Max	125	Max	120	Max	125
Durchschnitt	100	Durchschnitt	101	Durchschnitt	110
Min	78	Min	83	Min	99
25% Quantil	95	25% Quantil	94	25% Quantil	104
Median	100	Median	101	Median	110
75% Quantil	104	75% Quantil	107	75% Quantil	115

Hier ist im Vergleich eindeutig Ausführung A, Elastomer, für Proband V am wenigsten anstrengend.

Die Ausführung Blech ist wieder die mit Abstand anstrengendste der drei beobachteten Ausführungsarten bei allen Werten, und liegt im Grenzwert der WHO für dauerhaft ermüdungsfreie Arbeitstätigkeit von 110 Herzschlägen im Schnitt.<sup>17</sup>

Ausführung B liegt annähernd auf Niveau von Ausführung A.

### 5.1.1.2 Proband F

In der tabellarischen Darstellung wie auch in der Darstellung als Boxplot kann man erkennen, dass diesmal für alle vier Ausführungen zu analysierende Werte vorhanden sind, wobei die Anzahl der Beobachtungen bei Ausführung A sehr gering ist. In der Darstellung als Boxplot wurde Ausführung A daher nicht dargestellt.

<sup>17</sup> WHO, : Health factors involved in working under conditions of heat stressS.

Tabelle 5-5 Herzfrequenzwerte der einzelnen Ausführungsarten; Proband F

Ausführung A; Elastomer		Ausführung B; Matten		Ausführung C; PVC		Ausführung D; Blech	
Anzahl Messungen	5	Anzahl Messungen	53	Anzahl Messungen	107	Anzahl Messungen	28
Max	105	Max	126	Max	127	Max	127
Durchschnitt	102	Durchschnitt	107	Durchschnitt	105	Durchschnitt	113
Min	100	Min	94	Min	84	Min	100
25% Quantil	102	25% Quantil	102	25% Quartile	100	25% Quantil	106
Median	102	Median	106	Median	105	Median	115
75% Quantil	102	75% Quantil	110	75% Quartile	110	75% Quantil	119

Die Werte bei Ausführung A sind aber sehr konstant und weisen nur eine geringe Schwankungsbreite auf. Ausführung B, Matten, und C, Blech liegen sehr nah beieinander, Ausführung D, Blech ist bis zu zehn Herzschlägen pro Minute höher.

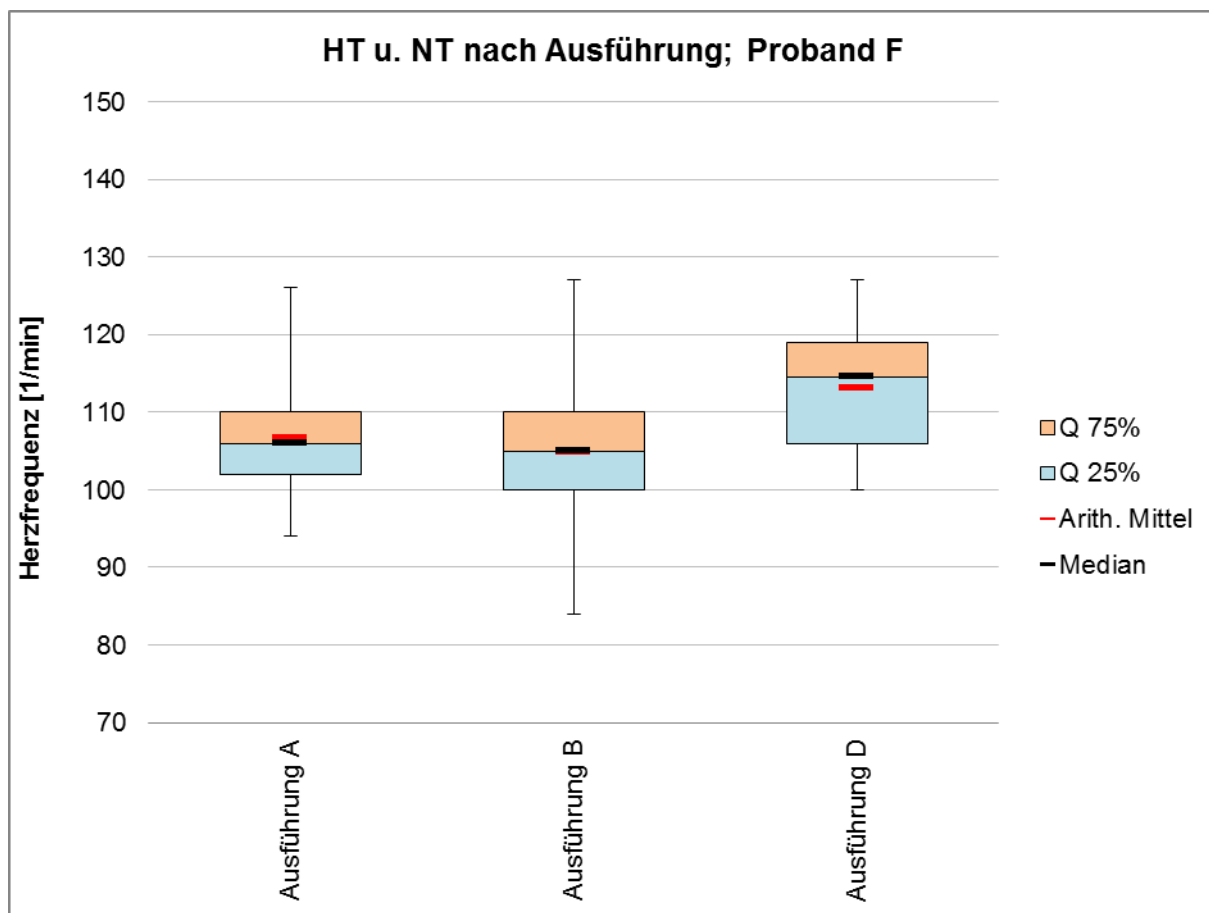


Abbildung 5-5 Boxplot für Haupt- und Nebentätigkeiten nach Ausführungsart; Proband F

Das Niveau der Herzfrequenz ist bei allen drei dargestellten Ausführungen, und speziell bei Ausführung Blech mit einem Medianwert von 115 Schlägen, höher als bei den Probanden G und V.

Bei einer Betrachtung der zwei Arbeitstage, an denen die Ausführung D, Blech vorkommt ist ein Anstieg der Herzfrequenz am Nachmittag erkennbar.

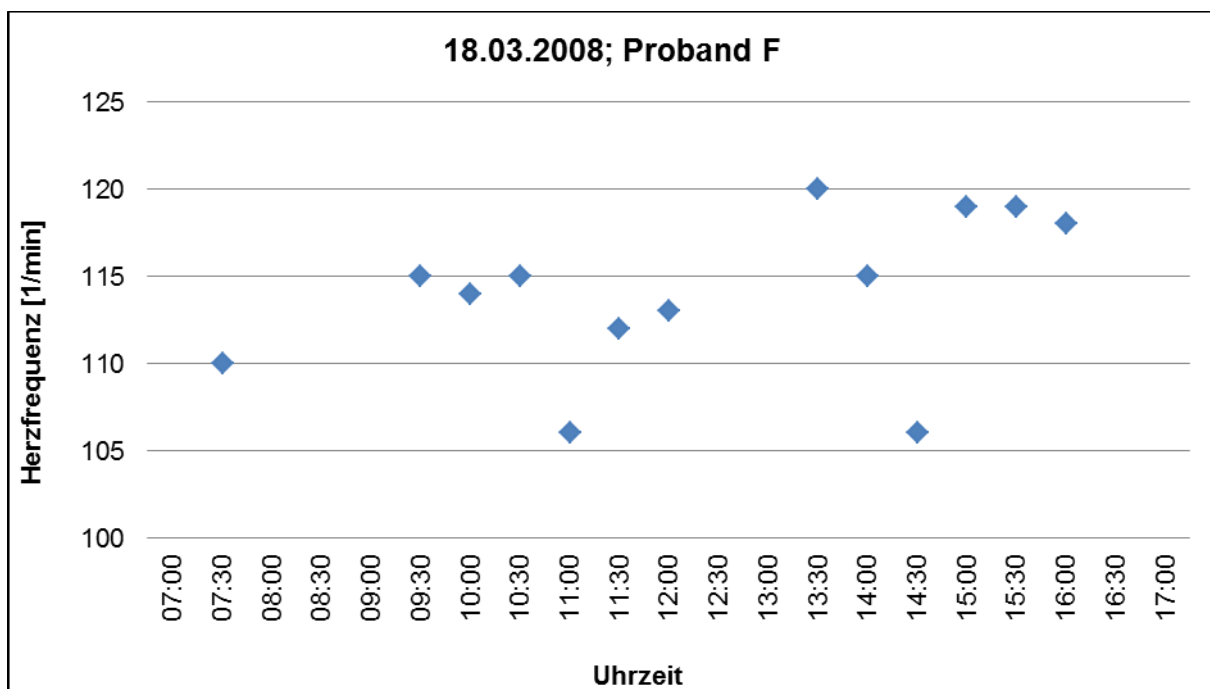


Abbildung 5-6 Ausführungsart Blech am 18.03.2008; Proband F

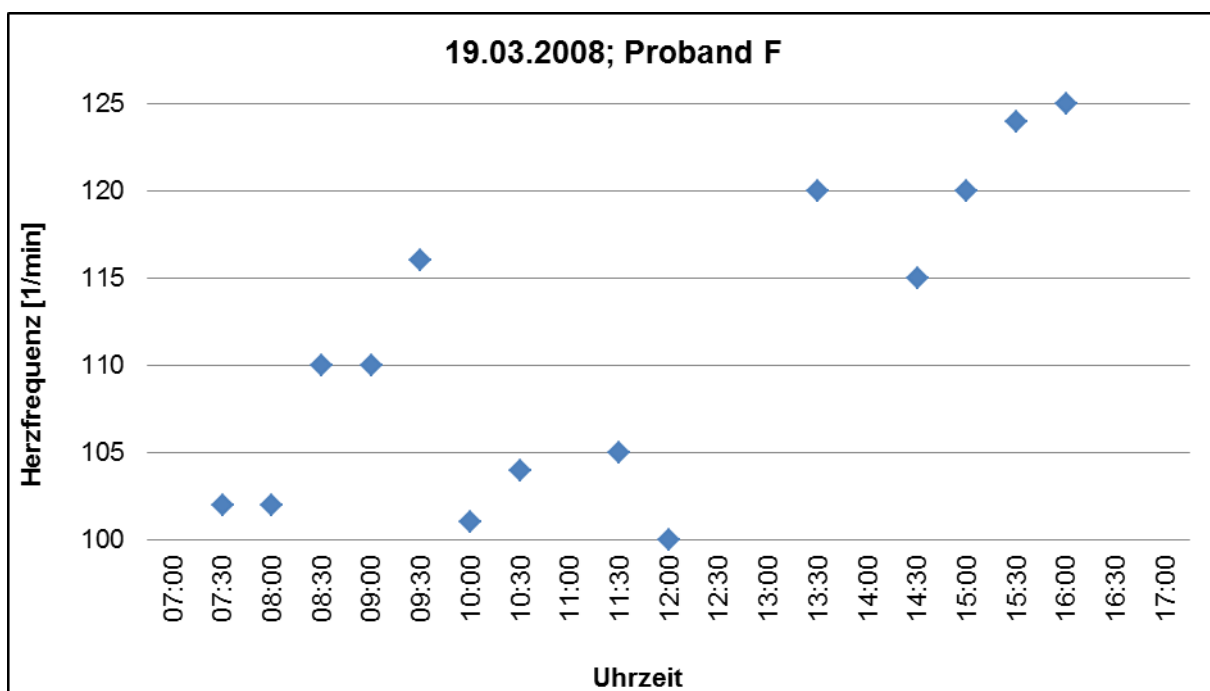


Abbildung 5-7 Ausführungsart Blech am 19.03.2008; Proband F

Bis auf den Wert um 14:30 Uhr am 18.03.2008 sind die Werte am Nachmittag höher als am Vormittag.

### 5.1.2 Zusammenfassung Ausführung A, B, C und D

Für den Vergleich der Probanden G, V und F wurde der Median der jeweiligen Ausführung von jedem Proband herangezogen. Bei Proband G wurde für die Ausführung A, Matten, der berichtete Wert mit 102 statt 104 Schlägen pro Minute, wie bereits in Kapitel 5.1.1 beschrieben, für den Vergleich in Betracht gezogen.

Die Ausführung C, PVC, wurde für den Vergleich nicht herangezogen, da nur Proband F dabei beobachtet wurde.

Bei zwei Probanden ist die Ausführung D, Blech, die anstrengendste, und zwar um bis zu neun Herzschläge pro Minute höher als Ausführung A, Elastomer, und B, Matten. Ausführung A, Elastomer, scheint hingegen als die mit der geringsten Beanspruchung der körperlichen Leistungsfähigkeit.

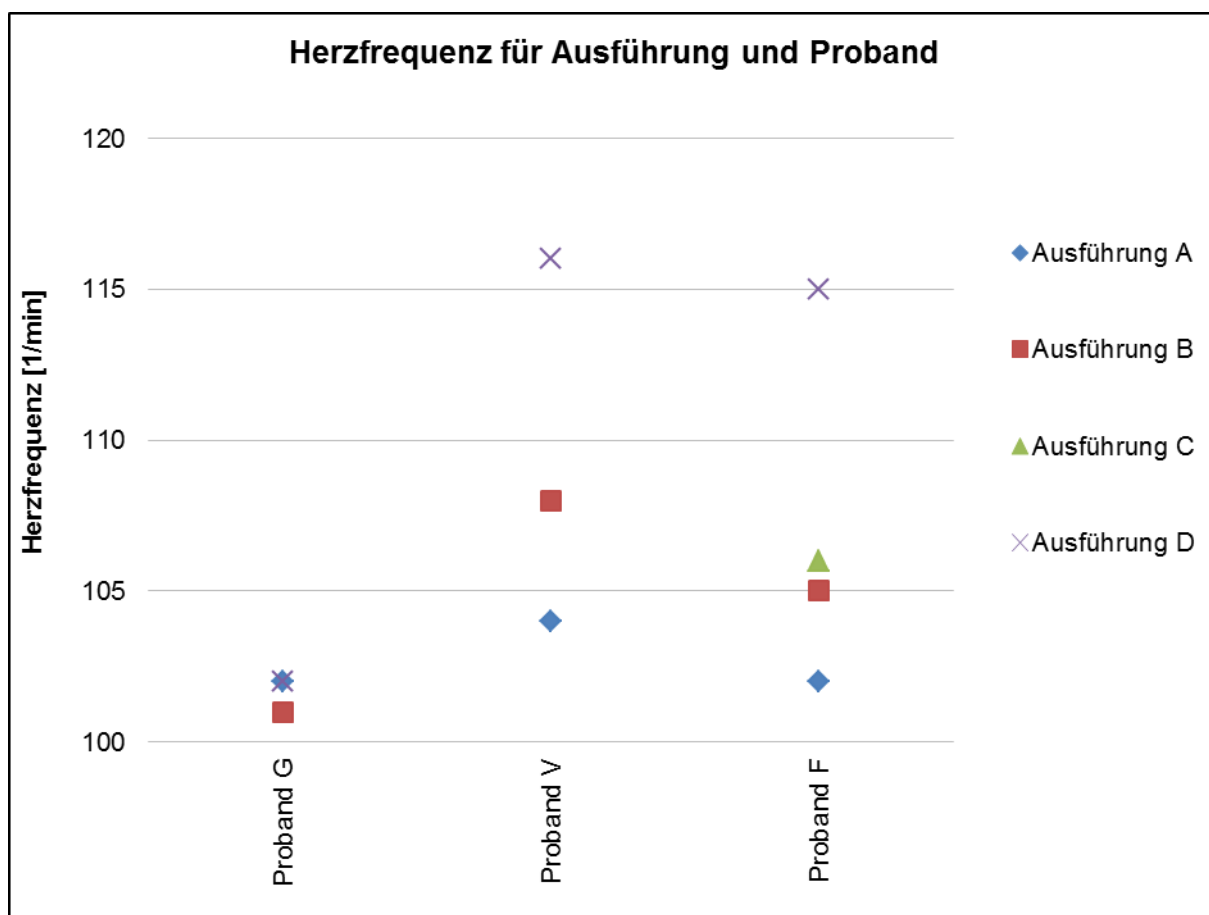


Abbildung 5-8 Vergleich der Herzfrequenz der einzelnen Ausführungsarten pro Proband



Für Proband G sind im Gegensatz zu seinen Kollegen alle Ausführungen gleich anstrengend.

## 5.2 Analyse der Tätigkeiten, Unterbrechungen

Untersucht wurde für die Probanden aus dem Bereich der WKSB-Dämmer der Bereich der Herzfrequenz nach Haupt- und Nebentätigkeit, zusätzlichen Tätigkeiten und Unterbrechungen. Zusätzlich wurden auffällige Tätigkeiten wie „Zusammenräumen“ untersucht. Ebenso wurden persönlich bedingte Unterbrechungen als maßgebender Teil der Unterbrechungen analysiert.

Die Anzahl der jeweiligen Beobachtungen ist in jeder Tabelle angegeben.

### 5.2.1 Analyse der Tätigkeiten und Unterbrechungen für die Probanden WKSB

Analysiert wurden wieder Minimum, Maximum, Durchschnitt, 25% Quantil, 75% Quantil, Median sowie die Anzahl der Tätigkeiten.

Analysiert wurden auch die Herzfrequenzwerte für Haupt- und Nebentätigkeiten, Zusatz Tätigkeiten und Unterbrechungen, wobei bei den beiden letzten jeweils die am häufigsten beobachtete Tätigkeit oder Unterbrechung gesondert ausgewertet wurde und mit den Haupt- und Nebentätigkeiten verglichen wurden.

#### 5.2.1.1 Tätigkeiten und Unterbrechungen; Proband G

Tabelle 5-6 Analysedaten für Haupt- und Nebentätigkeiten, zusätzliche Tätigkeiten und Unterbrechungen; Proband G

Haupt- u. Nebentätigkeiten		Zusätzliche Tätigkeiten		Unterbrechungen Allgemein	
Anzahl Messungen	188	Anzahl Messungen	23	Anzahl Messungen	15
Max	140	Max	137	Max	116
Durchschnitt	104	Durchschnitt	114	Durchschnitt	101
Min	84	Min	97	Min	85
25% Quantil	97	25% Quantil	106	25% Quantil	94
Median	104	Median	110	Median	100
75% Quantil	110	75% Quantil	120	75% Quantil	107

Im direkten Vergleich zwischen den Werten der Herzfrequenz der zusätzlichen Tätigkeiten und denen der Haupt- und Nebentätigkeiten sind Erstere durchwegs höher und zwar zwischen 6 Schlägen beim Median und 13 Schlägen beim Minimum. Nur das Maximum ist bei den Haupt- und Nebentätigkeiten höher.

Die Unterbrechungen liegen um 3 bis 4 Schläge unter den Haupt- und Nebentätigkeiten. Das Maximum ist hier im Vergleich zu den Tätigkeiten niedriger.

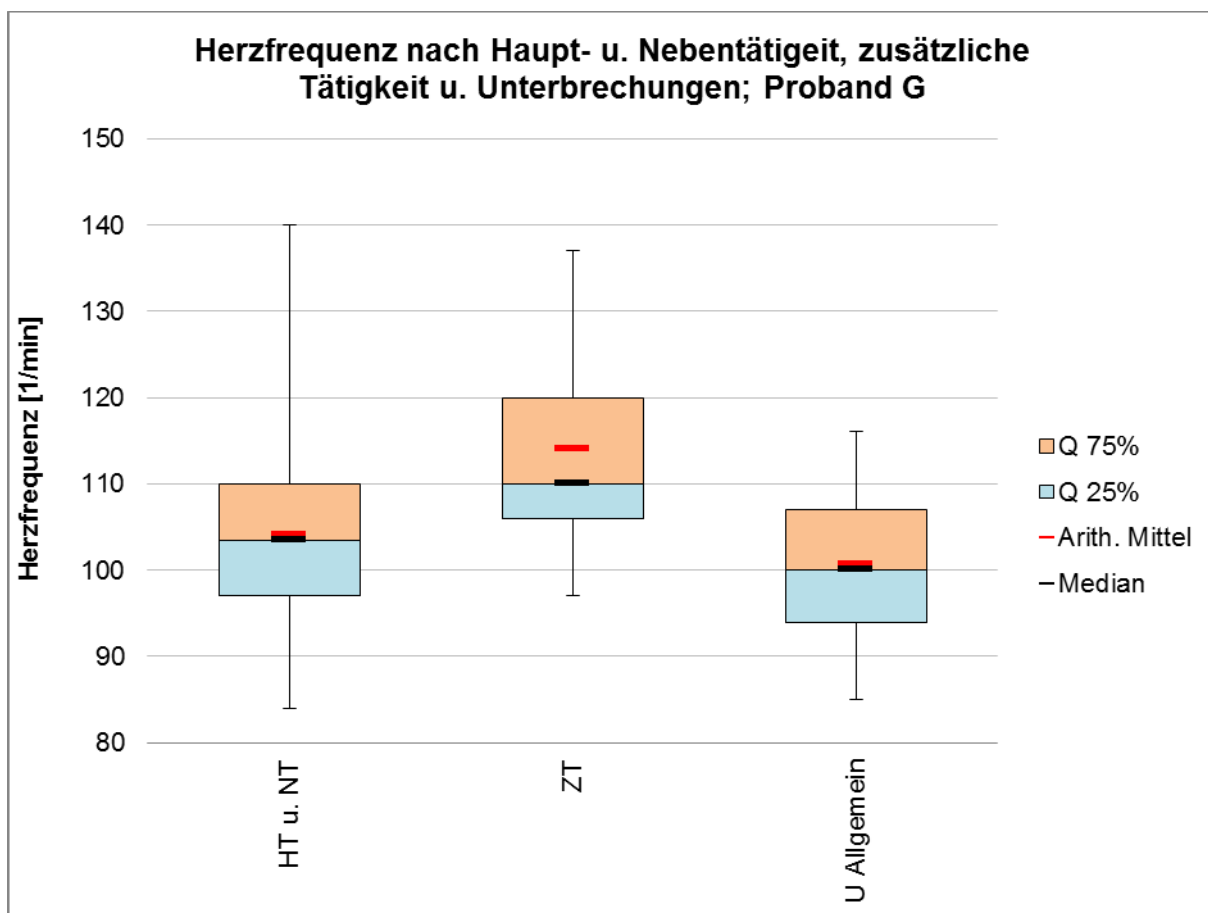


Abbildung 5-9 Herzfrequenz nach Haupt- und Nebentätigkeit, zusätzliche Tätigkeit und Unterbrechungen; Proband G

Betrachtet man in obiger Abbildung alle zusätzlichen Tätigkeiten, die mit Material abladen, Material schichten, Zusammenräumen, d.h. alle Arbeiten, die zusammengefasst mit Materialtransport direkt zu tun haben, gesondert, kann man nochmals höhere Werte erkennen.

Tabelle 5-7 Vergleich von Haupt- und Nebentätigkeiten mit zusätzlichen Tätigkeiten und im speziellen „Zusammenräumen“; Proband G

Haupt- u. Nebentätigkeiten		Zusätzliche Tätigkeiten		Zusammenräumen	
Anzahl Messungen	188	Anzahl Messungen	23	Anzahl Mess.	18
Max	140	Max	137	Max	137
Durchschnitt	104	Durchschnitt	114	Durchschnitt	115
Min	84	Min	97	Min	97
25% Quantil	97	25% Quantil	106	25% Quartile	106
Median	104	Median	110	Median	113
75% Quantil	110	75% Quantil	120	75% Quartile	121

Der Median der zusätzlichen Tätigkeit „Materialtransport“ mit 113 Schlägen pro Minute im Vergleich zum Median der Haupt- und Nebentätigkeiten mit 104 Schlägen pro Minute, zeigt eine deutliche Steigerung.

Bei den Unterbrechungen ist eine leichte Erholung der Pulsfrequenz zu erkennen, vor allem beim Maximum.

**Tabelle 5-8 Vergleich von Haupt- und Nebentätigkeiten mit Unterbrechungen und im speziellen den persönlich bedingten Unterbrechungen; Proband G**

Haupt- u. Nebentätigkeiten		Unterbrechungen Allgemein		Unterbrechungen Pers. Bedingt	
Anzahl Messungen	188	Anzahl Messungen	15	Anzahl Mess.	10
Max	140	Max	116	Max	116
Durchschnitt	104	Durchschnitt	101	Durchschnitt	99
Min	84	Min	85	Min	85
25% Quantil	97	25% Quantil	94	25% Quartile	92
Median	104	Median	100	Median	98
75% Quantil	110	75% Quantil	107	75% Quartile	107

Eine Korrektur der Werte durch Vernachlässigen des ersten Tages wie in Kapitel 5.1.1 zeigt hier zwar auch eine Veränderung der Werte nach unten, aber nicht in diesem Ausmaß wie bei der Datenauswertung für Ausführung A. Das Maximum allerdings relativiert sich deutlich.

**Tabelle 5-9 Haupt- und Nebentätigkeiten um ersten Tag berichtet; Proband G**

Haupt- u. Nebentätigkeit berichtet		Haupt- u. Nebentätigkeit	
Anzahl Messungen	173	Anzahl Messungen	188
Max	125	Max	140
Durchschnitt	103	Durchschnitt	104
Min	84	Min	84
25% Quantil	97	25% Quantil	97
Median	102	Median	104
75% Quantil	109	75% Quantil	110

Weitere Analysen mit Beteiligung oder Vergleichen zu Haupt- und Nebentätigkeiten wurden daher mit den ursprünglichen Daten vorgenommen.

### 5.2.1.2 Tätigkeiten und Unterbrechungen; Proband V

Im direkten Vergleich zwischen den Werten der Haupt- und Nebentätigkeiten und denen der zusätzlichen Tätigkeiten sind zweitens knapp höher.

Tabelle 5-10 Analysedaten für Haupt- und Nebentätigkeiten, zusätzliche Tätigkeiten und Unterbrechungen; Proband V

Haupt- u. Nebentätigkeiten		Zusätzliche Tätigkeiten		Unterbrechungen Allgemein	
Anzahl Messungen	154	Anzahl Messungen	26	Anzahl Messungen	9
Max	148	Max	141	Max	95
Durchschnitt	102	Durchschnitt	106	Durchschnitt	89
Min	78	Min	88	Min	78
25% Quantil	95	25% Quantil	95	25% Quantil	85
Median	102	Median	102	Median	92
75% Quantil	106	75% Quantil	110	75% Quantil	94

Der 25% Quantilwert und der Median sind zwar gleich, der 75% Quantilwert, und der Mittelwert sind allerdings um vier Schläge höher, das Minimum sogar um zehn Schläge.

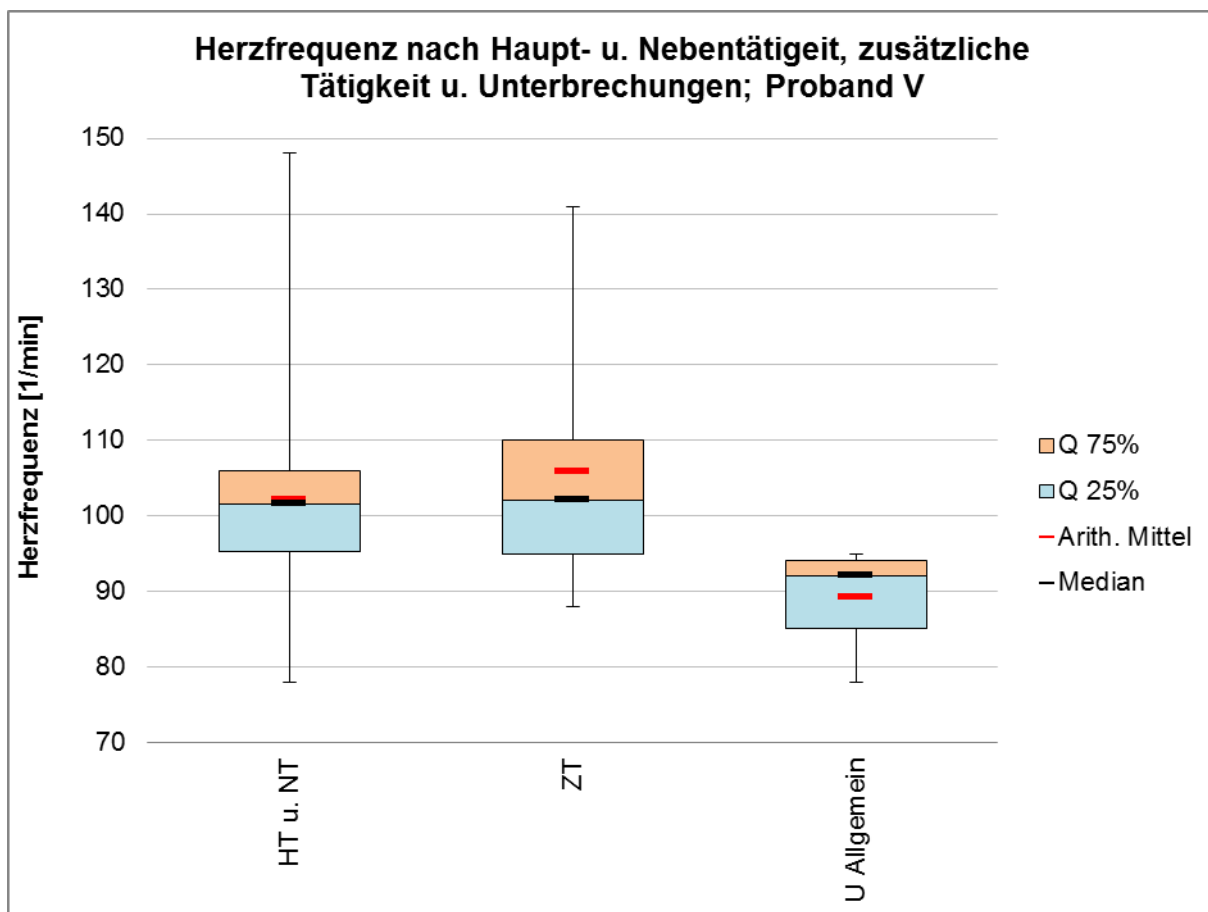


Abbildung 5-10 Herzfrequenz nach Haupt- und Nebentätigkeit, zusätzliche Tätigkeit und Unterbrechungen; Proband V

Die allgemeinen Unterbrechungen entsprechen auch den persönlich bedingten Unterbrechungen, da keine andere Beobachtung vermerkt wurden.

Die Werte dabei sind sehr nieder im Vergleich zu den Haupt- und Nebentätigkeiten, sowie den zusätzlichen Tätigkeiten, und zeigen eine Verlangsamung der Herzfrequenz und eine große Erholungswirkung des Herzschlages in den kurzen Pausen.

Werden alle zusätzlichen Tätigkeiten betrachtet, die mit Material abladen, Material schlichten, Zusammenräumen, d.h. alle Arbeiten, die zusammengefasst mit Materialtransport direkt zu tun haben, kann man nochmals höhere Werte beim 75% Quantil und beim Durchschnitt erkennen. Das Maximum mit 141 Schlägen ist auch wieder im Material- und Maschinentransport zu finden, was abermals das anstrengendste für Proband V von all seinen Tätigkeiten darstellt, vor allem, wenn man die drei Maximalwerte mit 148, 147 und 139 Schlägen von den Haupt- und Nebentätigkeiten noch zusätzlich berücksichtigt. Diese sind auch beim Material- und Maschinentransport beobachtet worden.

**Tabelle 5-11 Vergleich von Haupt- und Nebentätigkeiten mit zusätzlichen Tätigkeiten und im speziellen „Zusammenräumen“; Proband V**

Haupt- u. Nebentätigkeiten		Zusätzliche Tätigkeiten		Zusammenräumen	
Anzahl Messungen	154	Anzahl Messungen	26	Anzahl Messungen	13
Max	148	Max	141	Max	141
Durchschnitt	102	Durchschnitt	106	Durchschnitt	108
Min	78	Min	88	Min	89
25% Quantil	95	25% Quantil	95	25% Quantil	95
Median	102	Median	102	Median	102
75% Quantil	106	75% Quantil	110	75% Quantil	125

### 5.2.1.3 Tätigkeiten und Unterbrechungen; Proband F

Auch bei Proband F liegen die Werte für die zusätzlichen Tätigkeiten ca. zwei bis fünf Schläge, über denen der Haupt- und Nebentätigkeiten. Die Unterbrechungen liegen ca. drei Schläge darunter. Der Minimumwert, der Unterbrechungen befindet sich zwischen den beiden anderen Minima.

Proband F zeigt kleine Streuungsbereiche der Werte. Dieses hohe Niveau der Herzfrequenz in einer kleinen Streuungsbreite zieht sich durch die ganze Datenerhebung und Datenanalyse von Proband F

Tabelle 5-12 Analysedaten für Haupt- und Nebentätigkeiten, zusätzliche Tätigkeiten und Unterbrechungen; Proband F

Haupt- u. Nebentätigkeiten		Zusätzliche Tätigkeiten		Unterbrechungen Allgemein	
Anzahl Messungen	193	Anzahl Messungen	22	Anzahl Messungen	10
Max	127	Max	131	Max	116
Durchschnitt	106	Durchschnitt	111	Durchschnitt	104
Min	87	Min	98	Min	92
25% Quantil	102	25% Quantil	104	25% Quantil	101
Median	106	Median	109	Median	103
75% Quantil	112	75% Quantil	116	75% Quantil	109

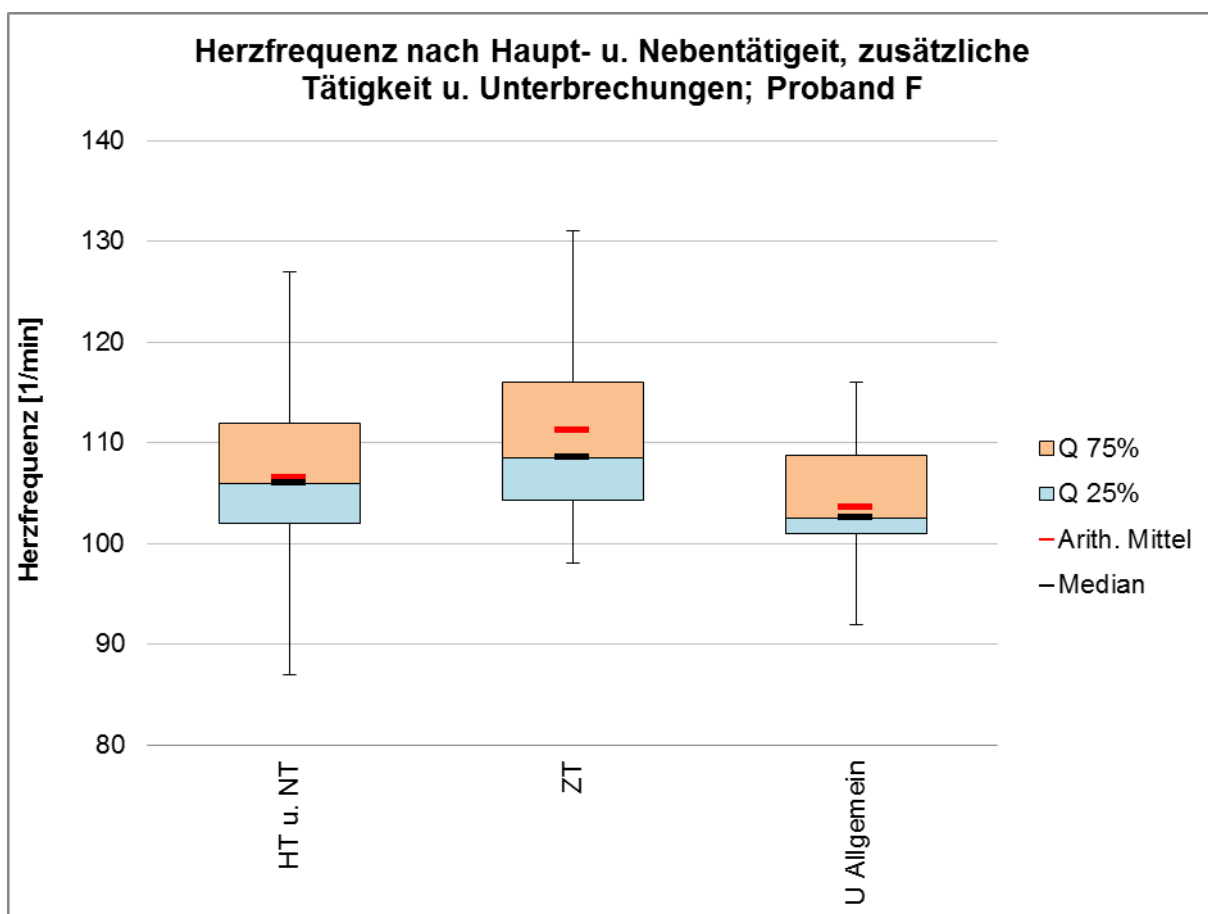


Abbildung 5-11 Herzfrequenz nach Haupt- und Nebentätigkeit, zusätzliche Tätigkeit und Unterbrechungen; Proband F

Zusammenräumen als die häufigste der zusätzlichen Tätigkeiten zeigt wieder ein höheres Niveau als die Zusätzlichen Tätigkeiten allgemein.

Das Maximum ist mit 131 Schlägen wieder in dieser Zusätzlichen Tätigkeit zu finden.

Tabelle 5-13 Vergleich von Haupt- und Nebentätigkeiten mit zusätzlichen Tätigkeiten und im speziellen „Zusammenräumen“; Proband F

Haupt- u. Nebentätigkeiten		Zusätzliche Tätigkeiten		Zusammenräumen	
Anzahl Messungen	193	Anzahl Messungen	22	Anzahl Messungen	18
Max	127	Max	131	Max	131
Durchschnitt	106	Durchschnitt	111	Durchschnitt	112
Min	87	Min	98	Min	98
25% Quantil	102	25% Quantil	104	25% Quantil	105
Median	106	Median	109	Median	110
75% Quantil	112	75% Quantil	116	75% Quantil	118

Die Herzfrequenzwerte der allgemeinen Unterbrechungen, die bis auf eine Beobachtung den persönlichen Unterbrechungen entsprechen, liegen zwei bis vier Schläge unter den Haupt- und Nebentätigkeiten.

Das Maximum weicht nach unten ab. Aber mit neun Schlägen fällt der Unterschied zwischen dem Maximum der Zusätzliche Tätigkeiten und dem Maximum der Haupt- und Nebentätigkeiten geringer aus als bei den Probanden G und V.

Die eine fehlende Unterbrechung war eine störungsbedingte Unterbrechung und weist einen Herzschlag von 110 Schlägen auf.

Tabelle 5-14 Vergleich von Haupt- und Nebentätigkeiten mit Unterbrechungen und im speziellen den persönlich bedingten Unterbrechungen; Proband F

Haupt- u. Nebentätigkeiten		Unterbrechungen Allgemein		Unterbrechungen Pers. Bedingt	
Anzahl Messungen	193	Anzahl Messungen	10	Anzahl Messungen	9
Max	127	Max	116	Max	116
Durchschnitt	106	Durchschnitt	104	Durchschnitt	103
Min	87	Min	92	Min	92
25% Quantil	102	25% Quantil	101	25% Quantil	101
Median	106	Median	103	Median	102
75% Quantil	112	75% Quantil	109	75% Quantil	105

## 5.2.2 Tätigkeiten und Unterbrechungen; Elektriker

Beim Elektriker befindet sich die Herzfrequenz in einem sehr schmalen Bereich ohne große Streuungen.

Tabelle 5-15 Analysedaten für Haupt- und Nebentätigkeiten, zusätzliche Tätigkeiten und Unterbrechungen; Proband Elektriker

Haupt- u. Nebentätigkeiten		Zusätzliche Tätigkeiten		Unterbrechungen Allgemein	
Anzahl Messungen	150	Anzahl Messungen	23	Anzahl Messungen	22
Max	125	Max	106	Max	103
Durchschnitt	95	Durchschnitt	87	Durchschnitt	83
Min	68	Min	71	Min	72
25% Quantil	86	25% Quantil	79	25% Quantil	79
Median	94	Median	84	Median	83
75% Quantil	102	75% Quantil	94	75% Quantil	86

Die zusätzlichen Tätigkeiten, die meist aus sitzendem Lesen von Arbeitsberichten bestand, ist eindeutig weniger anstrengend, als Haupt- oder Nebentätigkeiten.

Unterbrechungen, die größtenteils beim Kaffeetrinken verbracht wurden, zeigen sehr ausgeprägt die Erholung der Herzfrequenz bei einer persönlich bedingten Pause. Da die persönlich bedingten Unterbrechungen teilweise direkt nach den Mittagspausen, ohne vorhergehender Tätigkeit, beobachtet wurden, ergibt sich auch dieser extrem niedrige Wert und die geringe Streuung der Herzfrequenz.

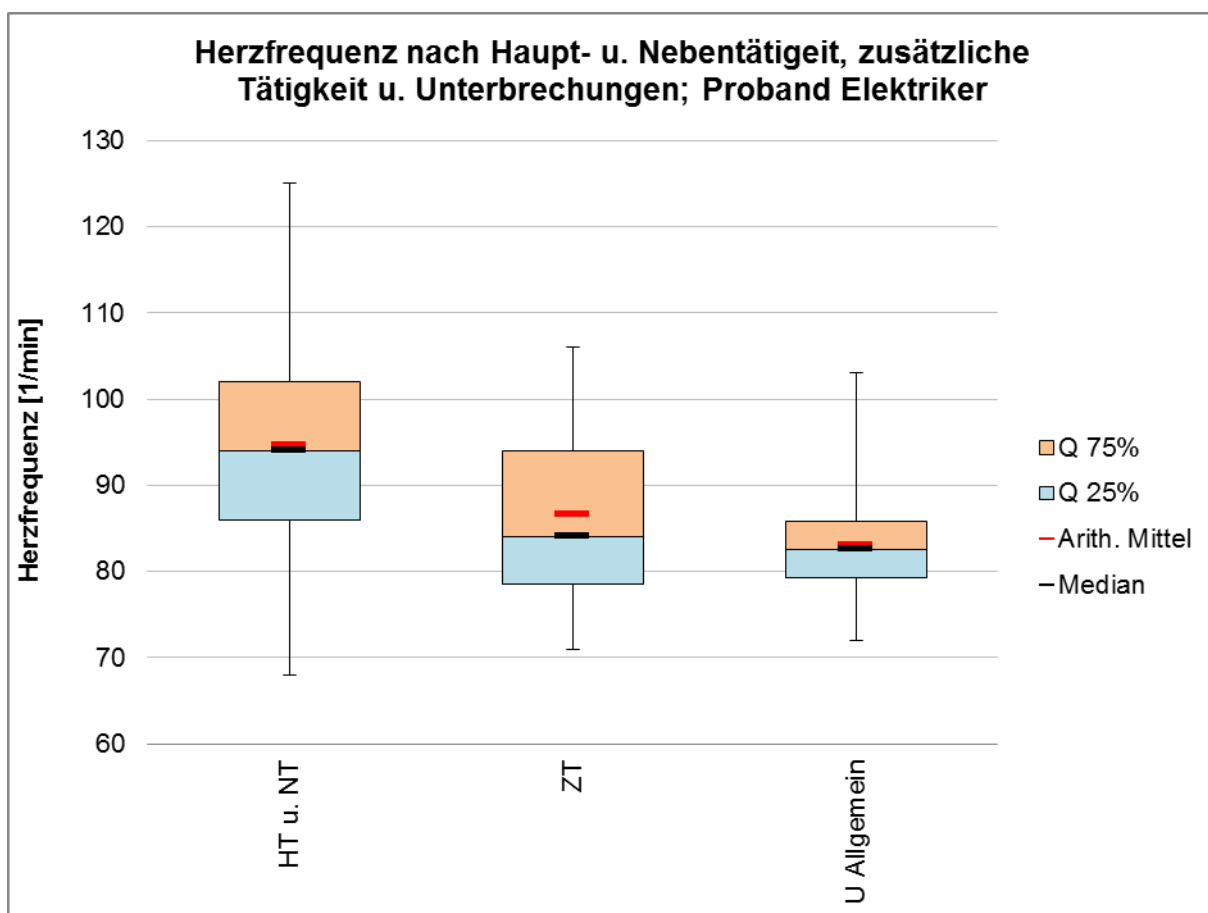


Abbildung 5-12 Herzfrequenz nach Haupt- und Nebentätigkeit, zusätzliche Tätigkeit und Unterbrechungen; Proband Elektriker



### 5.2.3 Tätigkeiten und Unterbrechungen; Installateur

Die Werte der Haupt- und Nebentätigkeiten vom Proband Installateur sind, abgesehen vom Extremwert bei den Tätigkeiten, sehr ähnlich, Unterbrechungen sind geringfügig anstrengender.

Tabelle 5-16 Analysedaten für Haupt- und Nebentätigkeiten, zusätzliche Tätigkeiten und Unterbrechungen; Proband Installateur

Haupt- u. Nebentätigkeiten		Zusätzliche Tätigkeiten/ Auto fahren		Unterbrechungen Allgemein	
Anzahl Messungen	194	Anzahl Messungen	8	Anzahl Messungen	8
Max	181	Max	93	Max	122
Durchschnitt	105	Durchschnitt	85	Durchschnitt	105
Min	74	Min	78	Min	82
25% Quantil	91	25% Quantil	82	25% Quantil	97
Median	102	Median	85	Median	107
75% Quantil	112	75% Quantil	86	75% Quantil	115

Bei den zusätzlichen Tätigkeiten und bei den Unterbrechungen wurden jeweils nur acht Beobachtungen gemacht, bei den Haupt- und Nebentätigkeiten 194 Beobachtungen.

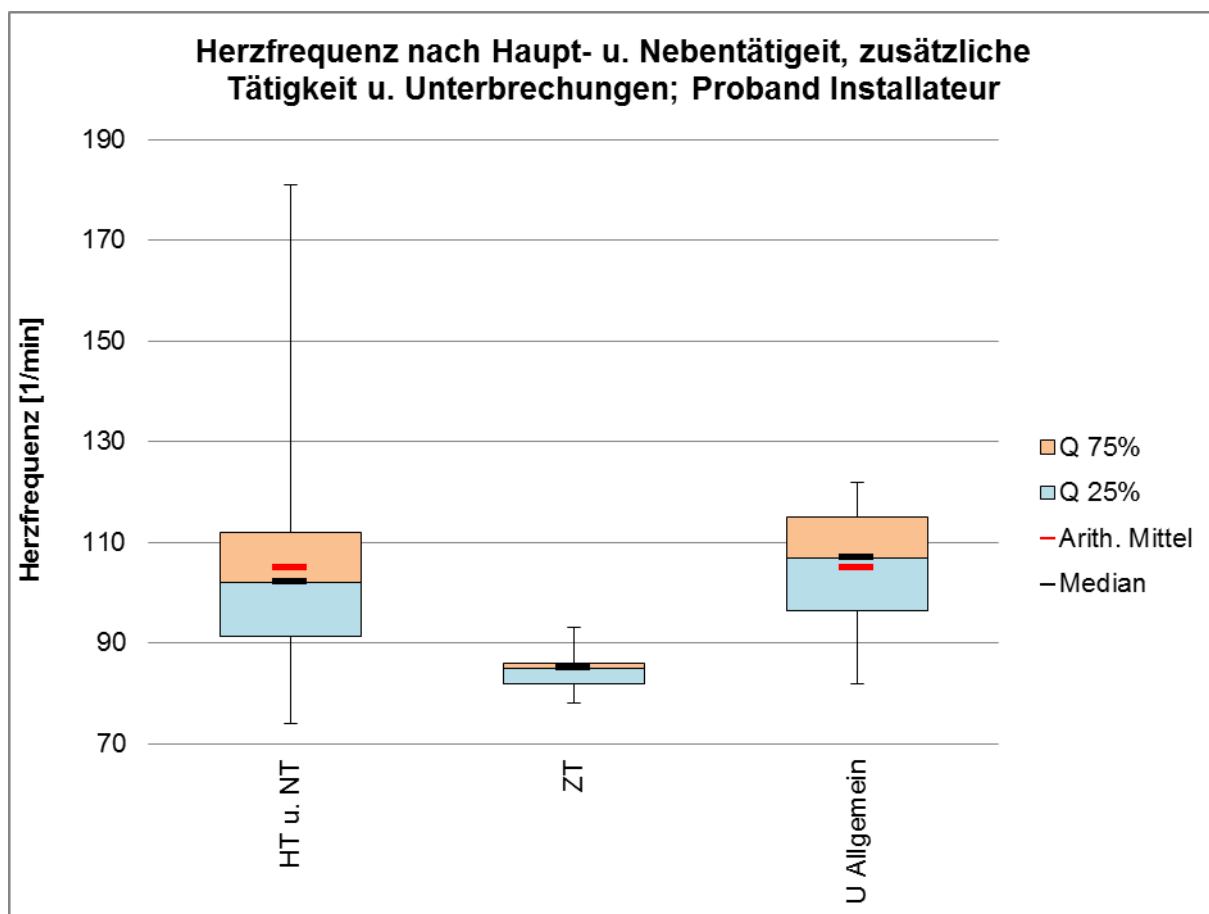


Abbildung 5-13 Herzfrequenz nach Haupt- und Nebentätigkeit, zusätzliche Tätigkeit und Unterbrechungen; Proband Installateur

Bei den Unterbrechungen sind 6 Messungen persönlich bedingt. Drei davon wurden beim Einkaufen vor der Mittagspause mit Herzfrequenzen von 106, 108 und 114 Schlägen pro Minute beobachtet und zwei erholungsbedingte Messungen mit 118 und 122 Schlägen infolge einer notwendigen Unterbrechung von Stemmarbeiten.

Als Nebentätigkeiten wurde nur „Auto fahren“ beobachtet. Es gab aber, wie auch bei den Unterbrechungen, nur acht Messungen, trotzdem ist die Streuung der Daten extrem gering und die Herzfrequenz sehr niedrig.

#### **5.2.4 Zusammenfassung der Datenauswertung der Haupt- und Nebentätigkeiten und Unterbrechungen**

Die Zusammenfassung der Datenauswertung der Haupt- und Nebentätigkeiten und der Unterbrechungen wurde für die drei Probanden aus dem WKSB-Bereich vorgenommen, und im Anschluss für alle fünf Probanden.

##### **5.2.4.1 Zusammenfassung der Analyse der Haupt- und Nebentätigkeiten und Unterbrechungen für den WKSB-Bereich**

Aus der Analyse geht hervor, dass das Anstrengendste, was ein Monteur aus dem Bereich der WKSB-Dämmungen auf einer Baustelle oder in seiner Firma tun kann, der Material- und Maschinentransport ist. Das Material ist nicht schwer, aber das Volumen und die Menge und vor allem die langen Wege und Höhenunterschiede stellen hier die entscheidenden Faktoren für die Beanspruchung des menschlichen Körpers dar.

Der Median für die Haupt- und Nebentätigkeiten, zusätzlichen Tätigkeiten und Unterbrechungen zeigt auch wieder ein sehr gut vergleichbares Bild.

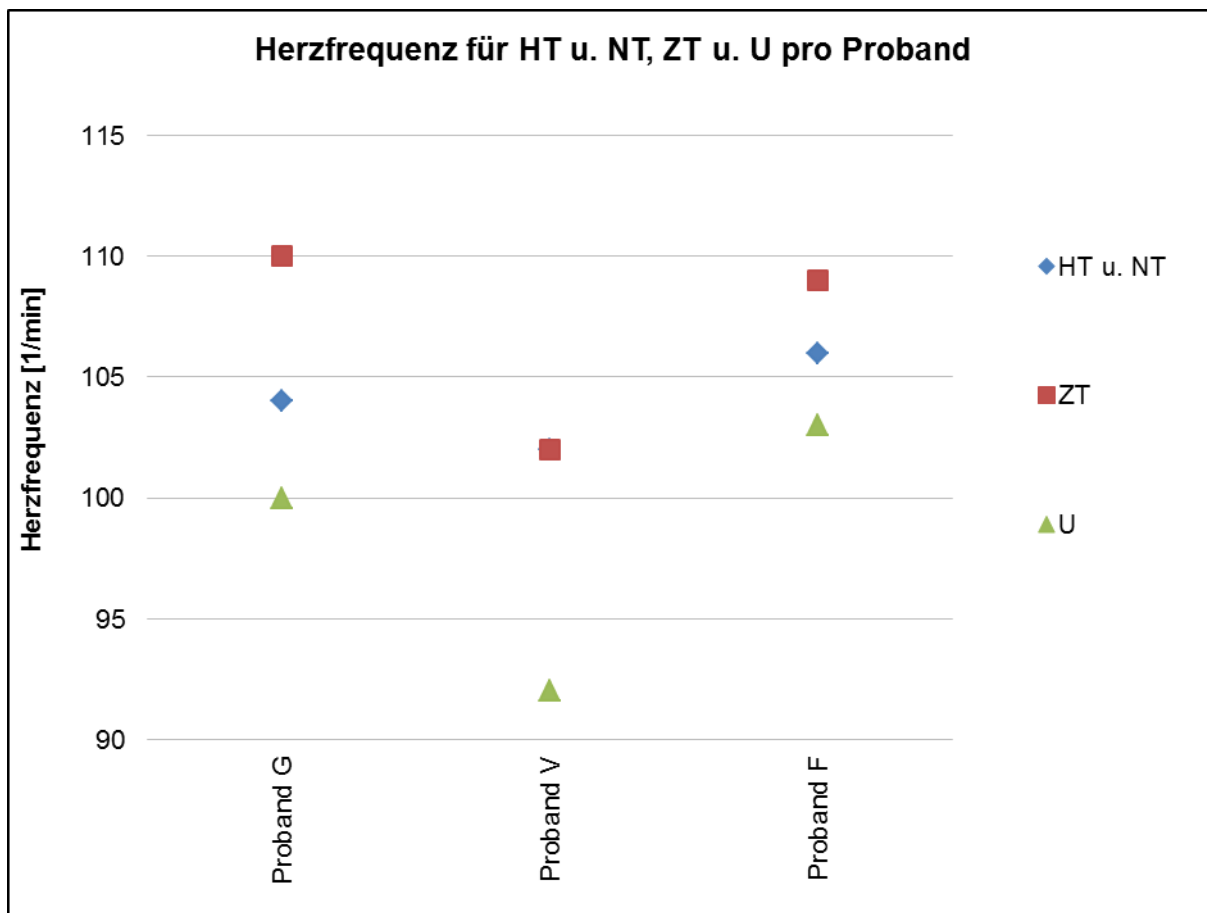


Abbildung 5-14 Vergleich der Herzfrequenz der Probanden G, V und F für Haupt- und Nebentätigkeiten, zusätzlichen Tätigkeiten und Unterbrechungen

Unterbrechungen, die großteils aus persönlich bedingten Unterbrechungen für Kaffee, Rauchen oder Telefonieren bestehen, weisen bei allen drei Probanden den niedrigsten Wert auf. Die zusätzlichen Tätigkeiten, die vor allem mit Materialtransport und Maschinentransport zu tun hatten, liegen beim Proband V gleichauf mit den Haupt- und Nebentätigkeiten, bei den anderen zwei Probanden darüber.

#### 5.2.4.2 Zusammenfassung der Analyse der Haupt- und Nebentätigkeiten und Unterbrechungen für alle Probanden

Beim Proband Installateur sind die Unterbrechungen geringfügig höher als die Haupt- und Nebentätigkeiten, die zusätzlichen Tätigkeiten weisen nur eine geringe Schwankungsbreite auf und haben die geringste Herzfrequenz. Dies stimmt nicht mit der Verteilung der Probanden aus dem WKSB-Bereich überein.

Beim Proband Installateur sind die Unterbrechungen wie bei den WKSB-Probanden mit der tiefsten Herzfrequenz beobachtet worden, aber die

Haupt- und Nebentätigkeiten weisen die höchste Herzfrequenz auf. Bei den Probanden aus dem WKSB-Bereich haben aber die zusätzlichen Tätigkeiten die höchste Herzfrequenz.

### 5.3 Datenauswertung für Haupt- und Nebentätigkeiten mit und ohne Leiter

Bereits sehr früh wurde festgestellt, dass sehr viele Tätigkeiten auf einer Leiter stehend durchgeführt werden. Diese Beobachtungen wurden im Datenerhebungsblatt zusätzlich mit einem L gekennzeichnet.

Analysiert und verglichen wurden vorerst der Anteil von Arbeiten auf einer Leiter pro Tag und in weiterer Folge der Zusammenhang mit der Herzfrequenz. Es wurde jeder Proband einzeln betrachtet.

#### 5.3.1 Datenauswertung für die Verteilung von Haupt- und Nebentätigkeiten mit und ohne Leiter für den WKSB-Bereich

Ausgewertet wurden die beobachteten Tätigkeiten mit und ohne Leiter der Probanden G, V und F.

##### 5.3.1.1 Tätigkeiten mit und ohne Leiter; Proband G

Beim Proband G äußert sich dies wie folgt:

Tabelle 5-17 Anteil der Tätigkeiten mit und ohne Leitern pro Tag

	Min	Max	Durchschnitt
Tätigkeit mit Leiter	11%	75%	42%
Tätigkeit ohne Leiter	17%	83%	51%

Ein konstanter Verlauf an Tätigkeiten ohne Leiter ist nicht zu erkennen.

Die Minima mit 11% bei Tätigkeiten mit Leiter und 17% bei Tätigkeiten ohne Leiter beziehungsweise das jeweilige Maximum mit 75% bei Tätigkeiten mit Leiter und 83% bei Tätigkeiten ohne Leiter ist annähernd gleich. Im Durchschnitt war Proband G 42% des Arbeitstages auf einer Leiter stehend bei der Verrichtung seiner Tätigkeiten.

Arbeitstage gänzlich ohne Leiter wurden nicht beobachtet. Grund dafür war die Verlegeart der Rohrleitungen an der Decke der Räumlichkeiten.

Zum besseren Verständnis wurde das Verhältnis von Tätigkeiten mit bzw. ohne Leiter nochmals extra dargestellt, bezogen nur auf die Tätigkeiten, um das Verhältnis zueinander besser darzustellen.

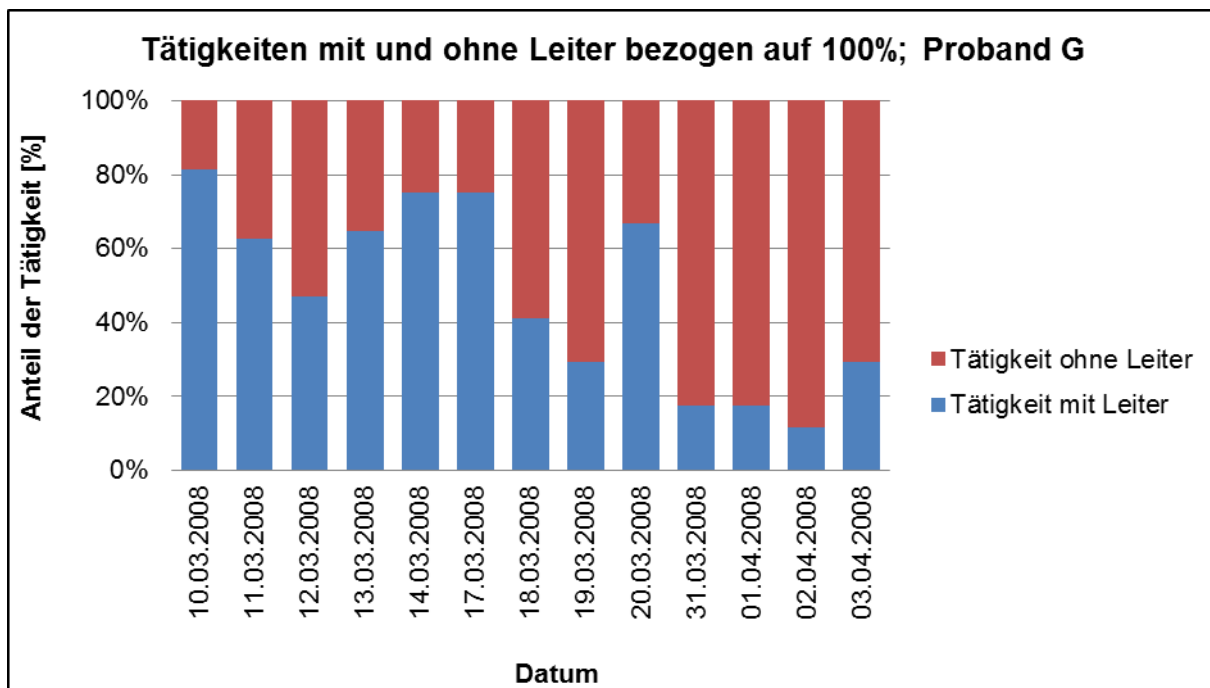


Abbildung 5-15 Anteil der Tätigkeiten mit und ohne Leitern bezogen auf 100%; Proband G

Bei der Darstellung der Tätigkeiten mit oder ohne Leiter bezogen auf die Tätigkeiten ergibt sich folgendes.

Tabelle 5-18 Anteil der Tätigkeiten mit und ohne Leitern bezogen auf 100%, Minimum, Maximum, Mittelwert; Proband G

	Min	Max	Durchschnitt
Tätigkeit mit Leiter	12%	81%	46%
Tätigkeit ohne Leiter	19%	88%	54%

Proband G hat fast die Hälfte seiner Tätigkeiten auf Leitern ausgeführt und ein Maximum von 81% an Tätigkeiten auf einer Leiter erreicht.

### 5.3.1.2 Tätigkeiten mit und ohne Leiter; Proband V

Bei Proband V ergab die Datenauswertung in Bezug auf Tätigkeiten mit und ohne Leiter folgendes Ergebnis.

Tabelle 5-19 Anteil der Tätigkeiten mit und ohne Leitern pro Tag; Proband V

	Min	Max	Durchschnitt
Tätigkeit mit Leiter	0%	67%	38%
Tätigkeit ohne Leiter	28%	100%	57%

Wiederum kann man hier keinen konstanten Verlauf der Tätigkeiten mit oder ohne Leiter pro Tag erkennen. Proband V hat Tage, mit 100% maximalen Anteil und mindestens 28% an Tätigkeiten ohne Leiter. Tätigkeiten mit Leiter schlagen sich mit 0% bis maximal 67% zu Buche, der Durchschnitt beträgt hier 38%, was im Vergleich zu den 57% an Tätigkeiten ohne Leiter pro Tag deutlich weniger ist.

Zur besseren Darstellung wurde das Verhältnis von Tätigkeiten mit bzw. ohne Leiter nochmals extra dargestellt, bezogen nur auf die Tätigkeiten. Aufgrund des hohen Anteils an Tätigkeiten bezogen auf die gesamten Beobachtungen pro Tag, ist der Unterschied hier wieder gering.

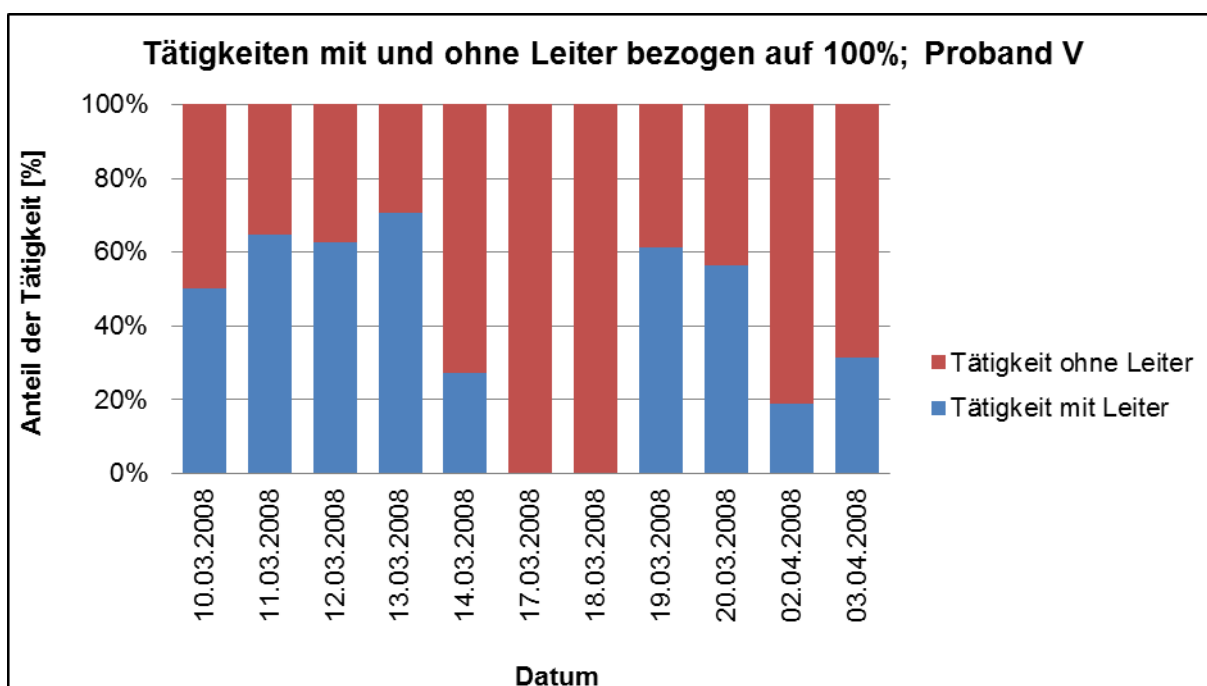


Abbildung 5-16 Anteil der Tätigkeiten mit und ohne Leitern pro Tag bezogen auf die Tätigkeiten; Proband V

Proband V hat 40% seiner Tätigkeiten auf Leiter ausgeführt, und ein Maximum von 71% an Tätigkeiten auf Leitern erreicht.

Tabelle 5-20 Anteil der Tätigkeiten mit und ohne Leitern pro Tag bezogen auf die Tätigkeiten; Proband V

	Min	Max	Durchschnitt
Tätigkeit mit Leiter	0%	71%	40%
Tätigkeit ohne Leiter	29%	100%	60%

### 5.3.1.3 Tätigkeiten mit und ohne Leiter; Proband F

Tabelle 5-21 Tätigkeiten mit und ohne Leiter bezogen auf 100%; Proband F

	Min	Max	Durchschnitt
Tätigkeit mit Leiter	0%	72%	35%
Tätigkeit ohne Leiter	22%	89%	60%

Proband F hatte einen Tag, mit 100% maximalen Anteil und mindestens 22% an Tätigkeiten ohne Leiter an den anderen Beobachtungstagen.

Tätigkeiten mit Leitern schlugen sich mit 0% bis maximal 72% zu Buche, der Durchschnitt betrug hier 35%.

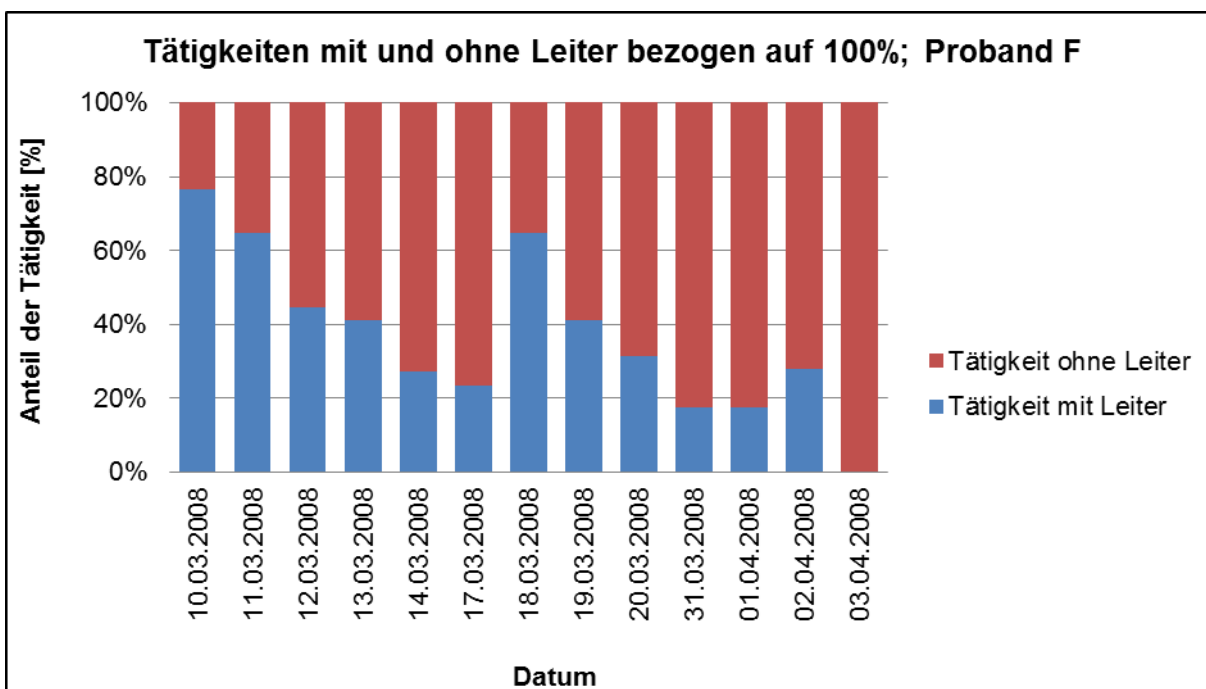


Abbildung 5-17 Anteil der Tätigkeiten mit und ohne Leitern pro Tag bezogen auf die Tätigkeiten; Proband F

Umgerechnet auf die Tätigkeiten hat Proband F somit 37% seiner Tätigkeiten auf Leiter ausgeführt, das Maximum von 76% ist sehr hoch.

Tabelle 5-22 Anteil der Tätigkeiten mit und ohne Leitern pro Tag bezogen auf die Tätigkeiten; Proband F

	Min	Max	Durchschnitt
Tätigkeit mit Leiter	0%	76%	37%
Tätigkeit ohne Leiter	24%	100%	63%

### 5.3.2 Tätigkeiten mit und ohne Leiter; Elektriker

Bei Proband Elektriker ergab die Datenauswertung in Bezug auf Tätigkeiten mit und ohne Leiter folgendes Ergebnis.

Tabelle 5-23 Verteilung der Tätigkeiten mit und ohne Leiter pro Tag; Proband Elektriker

	Min	Max	Durchschnitt
Tätigkeit mit Leiter	0%	27%	9%
Tätigkeit ohne Leiter	73%	100%	91%

Die Tätigkeiten mit Leitern spielten beim Proband Elektriker eine untergeordnete Rolle, an drei Tagen waren überhaupt keine zu beobachten, an den anderen zwei Tagen zwischen 19% und 27%. Er hat im Schnitt nur 9% des Tages auf einer Leiter verbracht.

Der Vollständigkeit wegen ist auch hier wieder das Verhältnis der Tätigkeiten mit und ohne Leiter, bezogen auf die Tätigkeiten dargestellt.

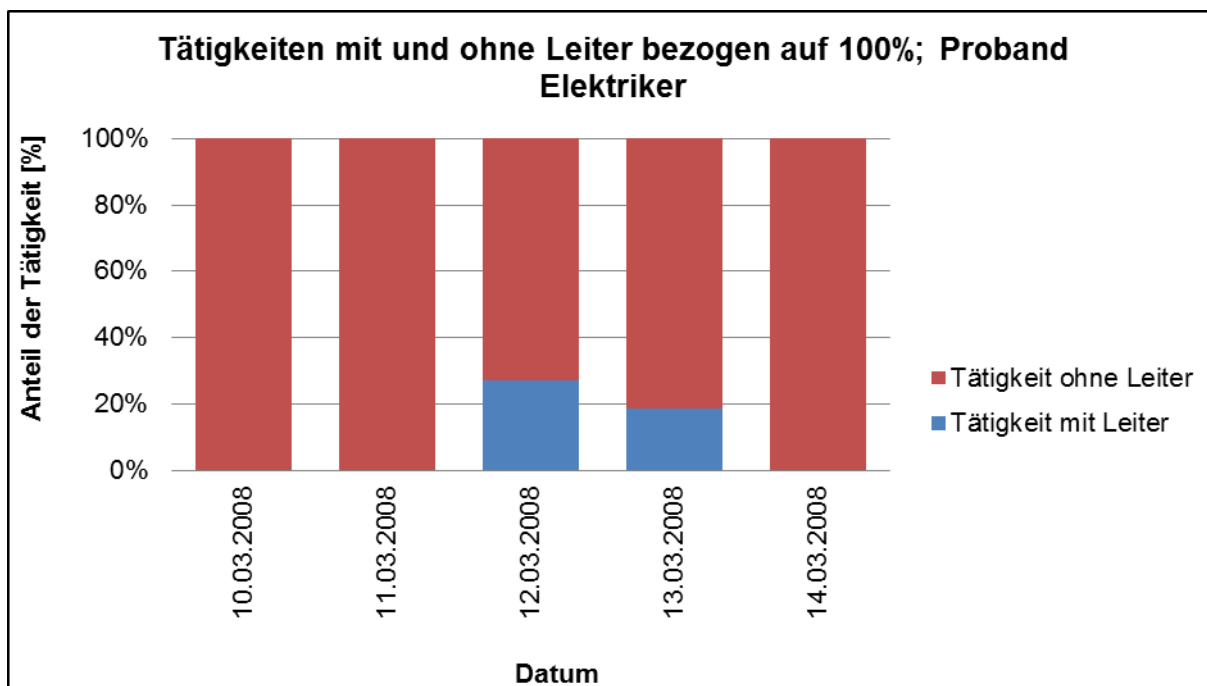


Abbildung 5-18 Verteilung der Tätigkeiten mit und ohne Leiter bezogen auf die Tätigkeiten; Proband Elektriker

Mindestens 73% und im Schnitt 91% aller Tätigkeiten vollbrachte der Proband Elektriker ohne Leiter.



Tabelle 5-24 Verteilung der Tätigkeiten mit und ohne Leiter bezogen auf die Tätigkeiten; Proband Elektriker

	Min	Max	Durchschnitt
Tätigkeit mit Leiter	0%	27%	9%
Tätigkeit ohne Leiter	73%	100%	91%

### 5.3.3 Tätigkeiten mit und ohne Leiter; Installateur

Bei Proband Installateur ergab die Datenauswertung in Bezug auf Tätigkeiten mit und ohne Leiter folgendes Ergebnis.

Tabelle 5-25 Verteilung der Tätigkeiten mit und ohne Leiter bezogen auf die Tätigkeiten; Proband Installateur

	Min	Max	Durchschnitt
Tätigkeit mit Leiter	2%	36%	13%
Tätigkeit ohne Leiter	52%	98%	83%

Proband Installateur hat maximal 36% und im Durchschnitt 13% des Tages auf einer Leiter verbracht.

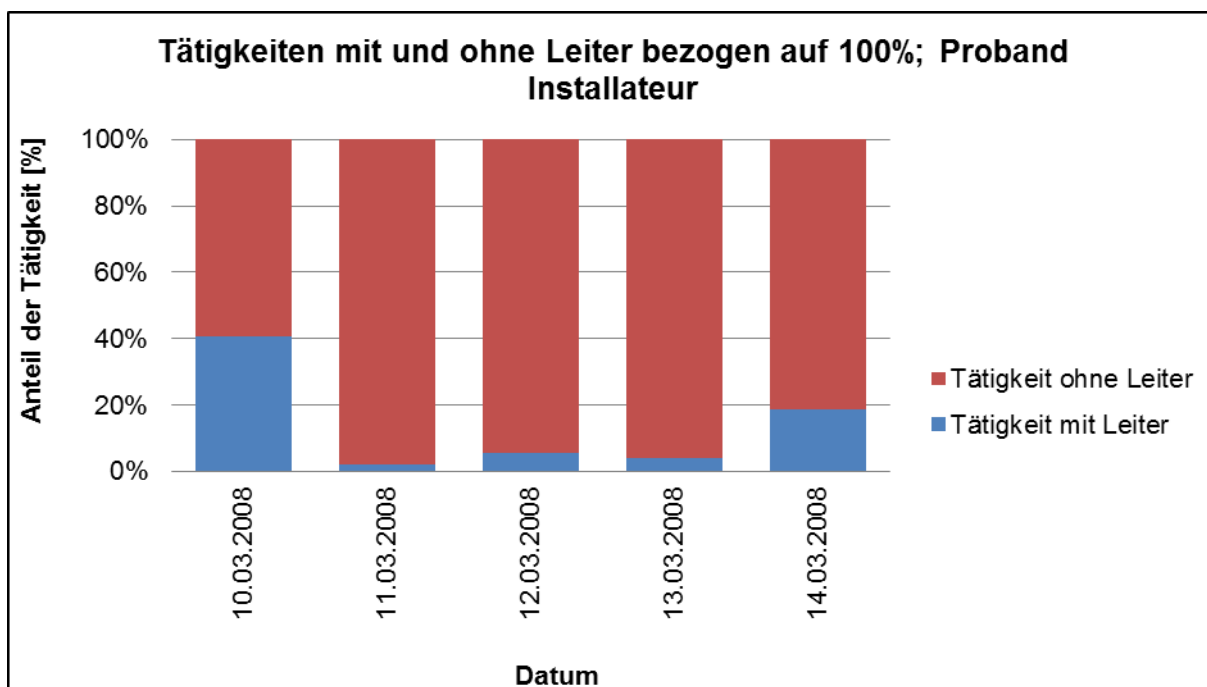


Abbildung 5-19 Verteilung der Tätigkeiten mit und ohne Leiter bezogen auf die Tätigkeiten; Proband Installateur

Mindestens 60% und im Schnitt 86% der Tätigkeiten hat Proband Installateur ohne Leitern erbracht.

Tabelle 5-26 Verteilung der Tätigkeiten mit und ohne Leiter bezogen auf die Tätigkeiten; Proband Installateur

	Min	Max	Durchschnitt
Tätigkeit mit Leiter	2%	41%	14%
Tätigkeit ohne Leiter	59%	98%	86%

### 5.3.4 Zusammenfassung Tätigkeiten mit und ohne Leiter

Beim Vergleich der Tätigkeiten auf Leitern in Prozent der Tätigkeiten erkennt man, dass diese bei den drei Probanden aus dem WKSB-Bereich ähnlich verteilt sind. Im Schnitt wurden genau 50% der Tätigkeiten auf einer Leiter stehend erbracht. Auch die Minima und Maxima weisen sehr ähnliche Werte auf.

Tabelle 5-27 Vergleich der Tätigkeiten mit und ohne Leiter der Probanden G, V und F

<b>G</b>	Min	Max	Durchschnitt
Tätigkeit mit Leiter	12%	81%	48%
Tätigkeit ohne Leiter	19%	88%	52%
<b>V</b>	Min	Max	Durchschnitt
Tätigkeit mit Leiter	0%	71%	40%
Tätigkeit ohne Leiter	29%	100%	60%
<b>F</b>	Min	Max	Durchschnitt
Tätigkeit mit Leiter	0%	76%	37%
Tätigkeit ohne Leiter	24%	100%	63%

Die Probanden Elektriker und Installateur weisen im Vergleich einen niedrigeren Anteil an Tätigkeiten mit Leiter auf. Beim Proband Elektriker sind es im Durchschnitt 9%, beim Proband Installateur 14%.

Der höhere Wert an Tätigkeiten mit Leiter im Bereich der WKSB-Dämmung ergibt sich aus der im Hochbau üblichen Verlegepraxis von Rohrleitungen an der Decke.

Der Installateur verlegt die Rohrleitungen, die der WKSB-Dämmung nachträglich dämmen muss. Wenn diese an der Decke verlegt werden, ergeben sich automatisch Tätigkeiten, die nur mit Hilfe von Leitern bewältigt werden können. Dass der Anteil an Tätigkeiten auf Leitern beim Installateur geringer ausfällt, ist damit zu erklären, dass er seine Rohrleitungen auf einem Werkstisch vorbereitet, und ganze Rohrstücke, mit Bögen, Zwischenstücken, etc., fertig montiert. Dies meist auf einer Leiter stehend. Allerdings muss er nur zu den jeweiligen Aufhängungspunkten. Der WKSB-Dämmung muss aber zu jedem Meter

der Rohrleitung direkt dazu, und muss so die gesamte verlegte Leitung von einer Leiter aus isolieren.

Im industriellen Anlagenbau wird oft mit Gerüsten oder Steighilfen gearbeitet, da dort die Rohrdimensionen größer sein können, und Arbeitssicherheitsvorschriften bereits bei geringen Arbeitshöhen Steighilfen vorschreiben.

### 5.3.5 Herzfrequenz für Tätigkeiten mit und ohne Leiter

Aufgrund der Vergleichbarkeit der Ergebnisse in Bezug auf die Herzfrequenz zwischen den einzelnen Ausführungen, wurde in weiterer Folge bei der Analyse, ob die Ausführung von Arbeiten auf Leitern eine Auswirkung auf die Herzfrequenz hat oder nicht, auf eine Unterteilung nach Ausführungsarten verzichtet. Es wurden alle Haupt- und Nebentätigkeiten gesammelt betrachtet. Die tägliche Erstmessung und der Wert zum Ende der Mittagspause blieben weiter unberücksichtigt. Zusätzliche Tätigkeiten wurden getrennt betrachtet, da sie keiner Ausführung zuzuordnen sind.

#### 5.3.5.1 Herzfrequenz für Tätigkeiten mit und ohne Leiter; Proband G

Die Anzahl der Messungen bei den Haupt- und Nebentätigkeiten mit und ohne Leiter sind mit 95 zu 93 Beobachtungen annähernd gleich und zeigen folgendes Ergebnis.

Tabelle 5-28 Analysewerte der Herzfrequenz für Haupt- und Nebentätigkeiten mit und ohne Leiter; Proband G

Haupt- u. Nebentätigkeit mit Leiter		Haupt-u. Nebentätigkeit ohne Leiter	
Anzahl Messungen	95	Anzahl Messungen	93
Max	140	Max	125
Durchschnitt	106	Durchschnitt	102
Min	85	Min	84
25% Quantil	100	25% Quantil	95
Median	106	Median	101
75% Quantil	110	75% Quantil	106

Bei allen Werten liegen die Haupt- und Nebentätigkeiten mit Leiter über denen ohne Leiter.

Beim Mittelwert, Median, 25% Quantil und 75% Quantil sind es jeweils zwischen vier und fünf Herzschläge. Beim Maximum ist der Wert unter Berücksichtigung der Leiter mit 140 zu 125 Schlägen sehr deutlich erhöht. Nur das Minimum ist mit 85 zu 84 Schlägen wieder annähernd gleich.

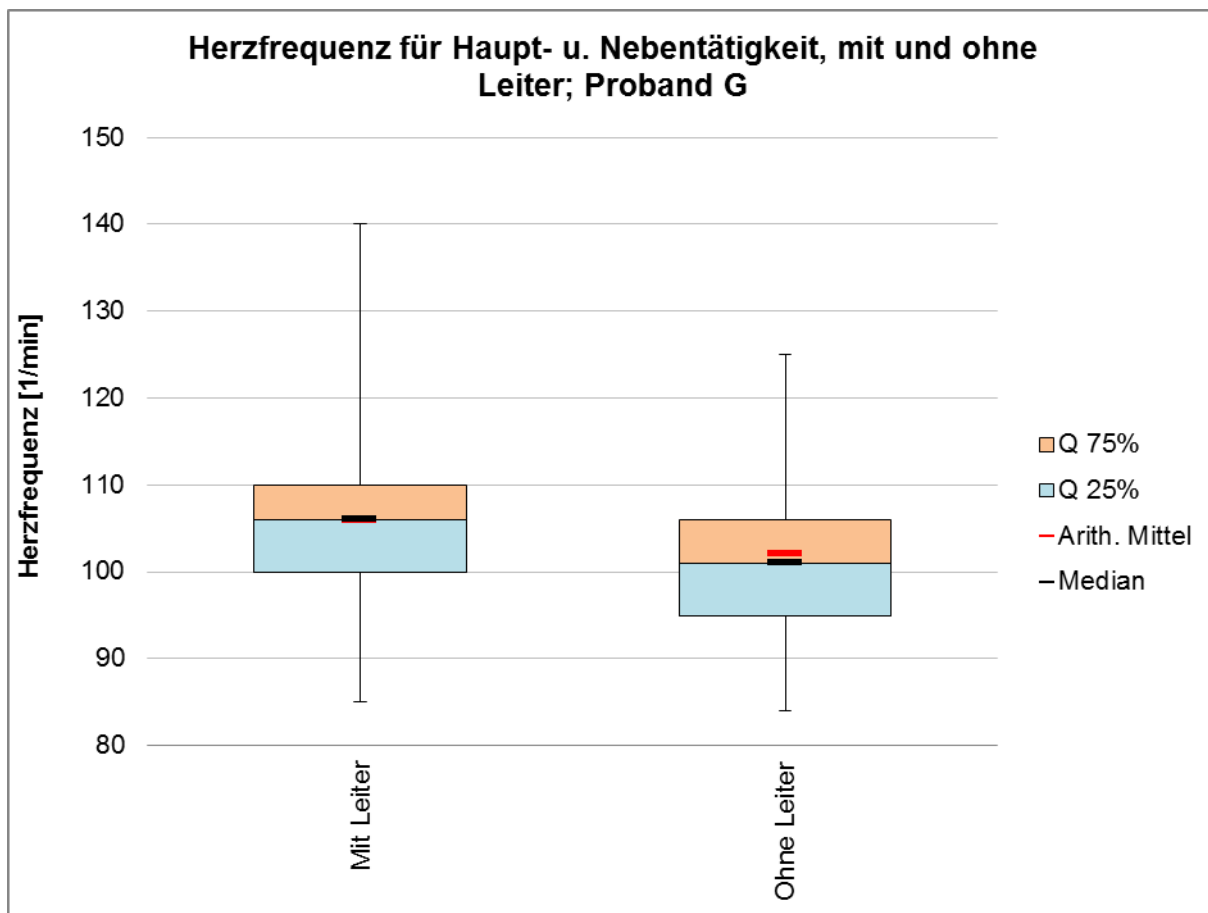


Abbildung 5-20 Herzfrequenz für Haupt- und Nebentätigkeiten mit und ohne Leiter; Proband G

### 5.3.5.2 Herzfrequenz für Tätigkeiten mit und ohne Leiter; Proband V

Die Anzahl der Messungen bei den Haupt- und Nebentätigkeiten mit und ohne Leiter sind mit 73 zu 78 Beobachtungen annähernd gleich und zeigen folgende Beobachtungen der Herzfrequenz.

Tabelle 5-29 Analysewerte der Herzfrequenz für Haupt- und Nebentätigkeiten mit und ohne Leiter; Proband V

Haupt- u. Nebentätigkeit mit Leiter		Haupt-u. Nebentätigkeit ohne Leiter	
Anzahl Mess.	73	Anzahl Mess.	78
Max	121	Max	125
Durchschnitt	101	Durchschnitt	101
Min	81	Min	78
25% Quantil	98	25% Quantil	95
Median	102	Median	100
75% Quantil	105	75% Quantil	108

Die drei Extremwerte wurden wie in Tabelle 5-4 wieder nicht berücksichtigt, sie würden das Ergebnis für Tätigkeiten ohne Leitern erhöhen.

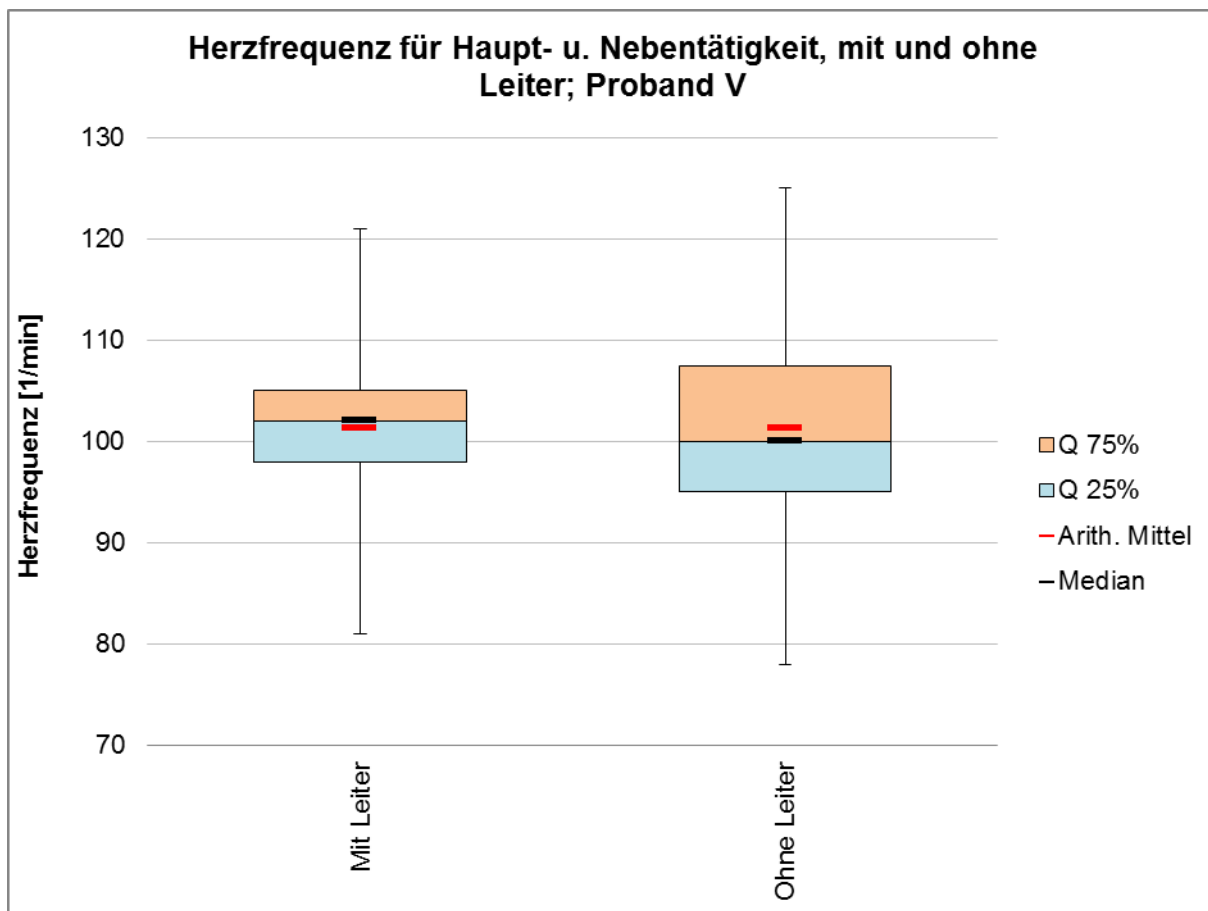


Abbildung 5-21 Herzfrequenz für Haupt- und Nebentätigkeiten mit und ohne Leiter; Proband V

Die Bereiche der Herzfrequenz für Tätigkeiten mit und ohne Leiter waren beinahe identisch. Der Boxplot der Herzfrequenz für Tätigkeiten ohne Leiter weist einen größeren Bereich zwischen 25% und 75% Quantil auf.

Es war keine Mehrbelastung durch Tätigkeiten auf Leitern feststellbar, das Maximum zeigte sogar eine entgegengesetzte Tendenz und ist niedriger als bei Tätigkeiten ohne Leitern. Nur das Minimum, 25% Quantil und Median waren um zwei bis drei Herzschläge pro Minute höher.

### 5.3.5.3 Herzfrequenz für Tätigkeiten mit und ohne Leiter; Proband F

Es wurden 79 Beobachtungen bei Haupt- und Nebentätigkeiten mit Leiter und 114 Beobachtungen bei Haupt- und Nebentätigkeiten ohne Leiter vorgenommen.

Tabelle 5-30 Analysewerte der Herzfrequenz für Haupt- und Nebentätigkeiten mit und ohne Leiter; Proband F

Haupt- u. Nebentätigkeit mit Leiter		Haupt-u. Nebentätigkeit ohne Leiter	
Anzahl Mess.	79	Anzahl Mess.	114
Max	127	Max	126
Durchschnitt	109	Durchschnitt	104
Min	84	Min	87
25% Quartile	105	25% Quartile	100
Median	109	Median	103
75% Quartile	116	75% Quartile	109

Bei allen Werten lagen die Haupt- und Nebentätigkeiten mit Leiter über denen ohne Leiter. Beim Mittelwert, Median, 25% Quantil und 75% Quantil waren es jeweils zwischen fünf und sieben Herzschläge. Beim Maximum war der Wert unter Berücksichtigung der Leiter mit 127 zu 126 Schlägen ohne Leiter praktisch gleich. Nur das Minimum mit 84 zu 87 Schlägen zeigt einen höheren Wert bei den Haupt- und Nebentätigkeiten ohne Leiter.

Arbeiten auf einer Leiter zeigen für Proband F im Vergleich zu Arbeiten ohne Leiter die höheren Herzfrequenzwerte.

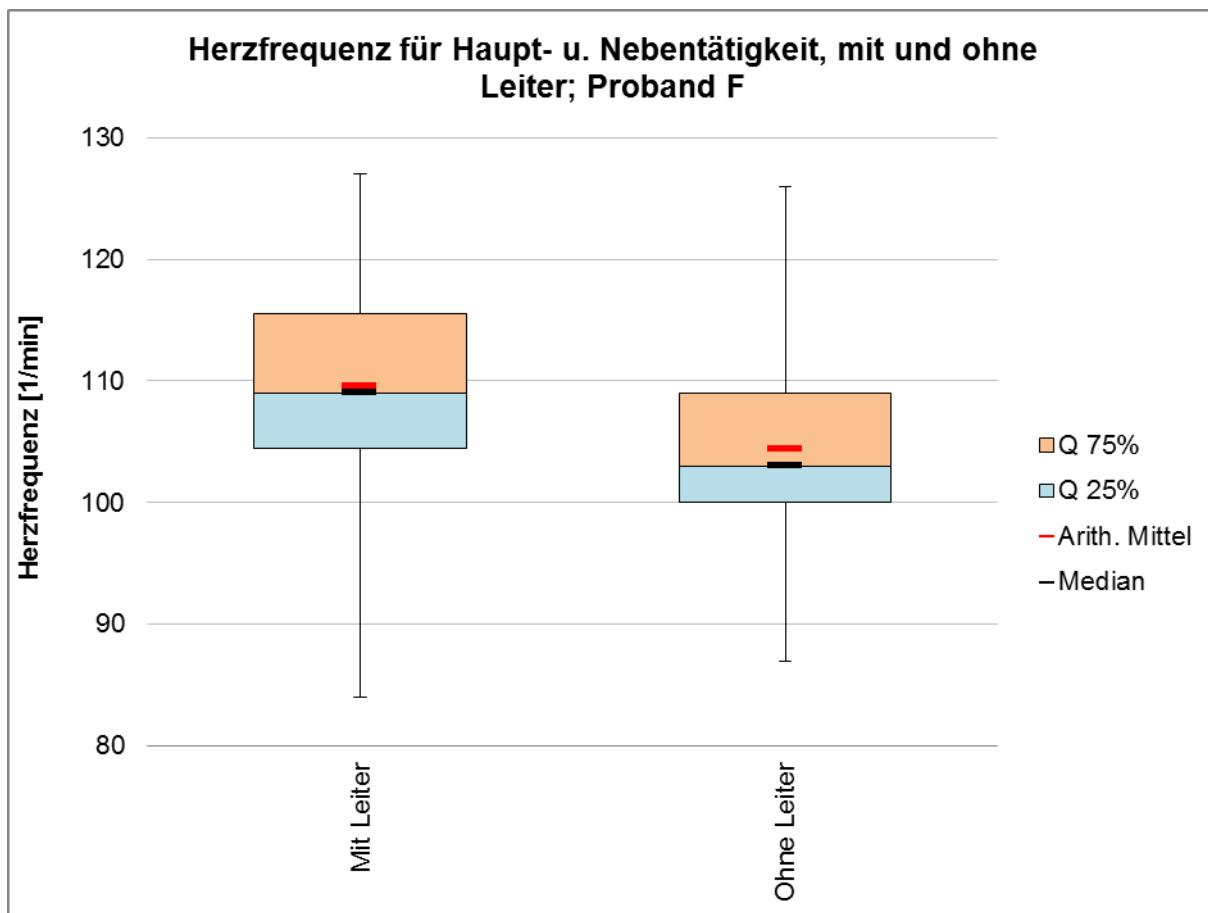


Abbildung 5-22 Herzfrequenz für Haupt- und Nebentätigkeiten mit und ohne Leiter; Proband F

### 5.3.5.4 Herzfrequenz für Tätigkeiten mit und ohne Leiter; Elektriker

Die Herzfrequenz bei Haupt- und Nebentätigkeiten mit oder ohne Leiter zeigt sich bei Proband Elektriker wie folgt:

Tabelle 5-31 Analysewerte der Herzfrequenz für Haupt- und Nebentätigkeiten mit und ohne Leiter; Proband Elektriker

Haupt- u. Nebentätigkeit mit Leiter		Haupt-u. Nebentätigkeit ohne Leiter	
Anzahl Messungen	17	Anzahl Messungen	133
Max	116	Max	125
Durchschnitt	103	Durchschnitt	94
Min	93	Min	68
25% Quantil	98	25% Quantil	85
Median	101	Median	94
75% Quantil	110	75% Quantil	101

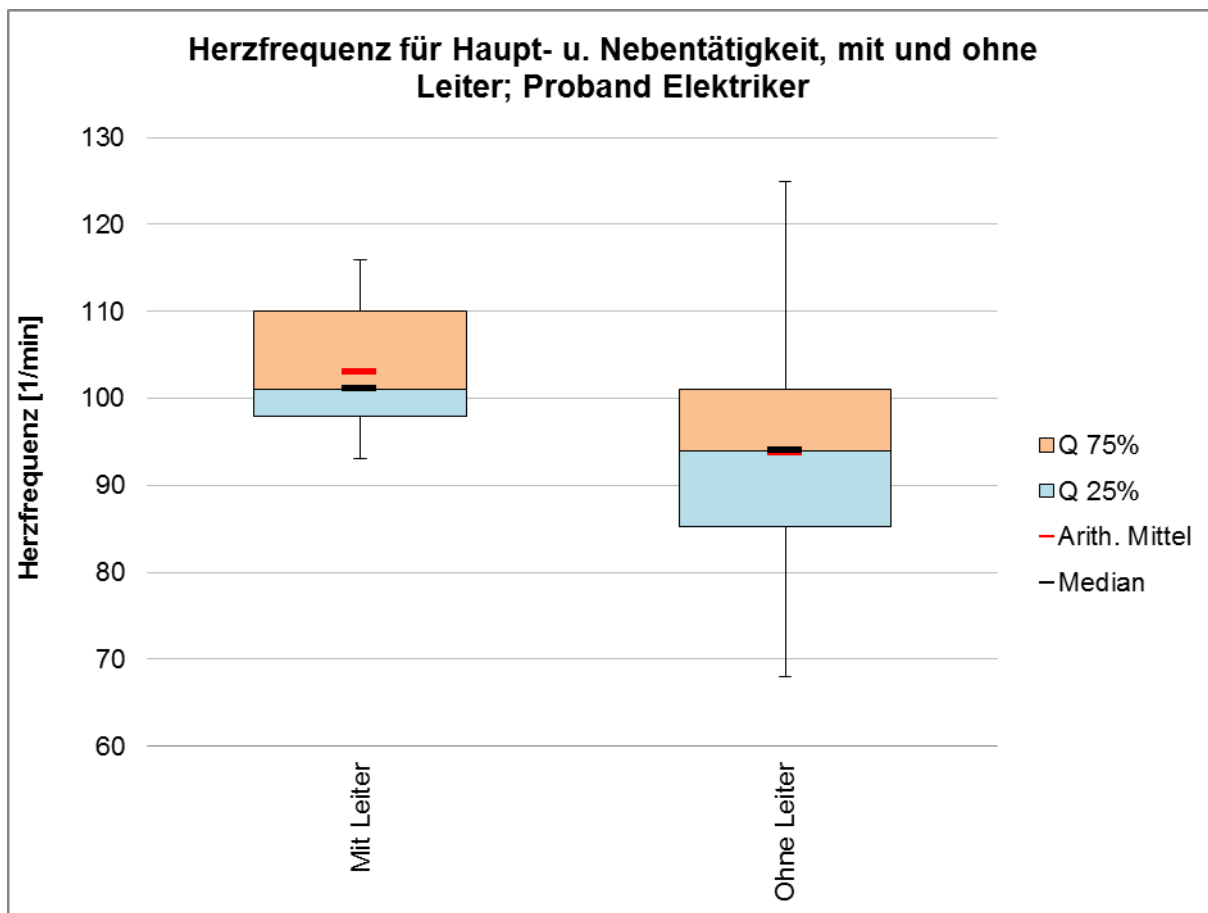


Abbildung 5-23 Herzfrequenz für Haupt- und Nebentätigkeiten mit und ohne Leiter; Proband Elektriker

Beobachtet wurde, dass Tätigkeiten mit Leiter deutlich anstrengender sind, als Tätigkeiten ohne Leiter.

Das höhere Maximum bei den Tätigkeiten ohne Leitern rührt wieder von einer tragenden Tätigkeit her.

### 5.3.5.5 Herzfrequenz für Tätigkeiten mit und ohne Leiter; Installateur

Tabelle 5-32 Analysewerte der Herzfrequenz für Haupt- und Nebentätigkeiten mit und ohne Leiter; Proband Installateur

Haupt- u. Nebentätigkeit mit Leiter		Haupt-u. Nebentätigkeit ohne Leiter	
Anzahl Messungen	25	Anzahl Messungen	169
Max	137	Max	181
Durchschnitt	114	Durchschnitt	103
Min	95	Min	74
25% Quantil	108	25% Quantil	90
Median	112	Median	99
75% Quantil	118	75% Quantil	109



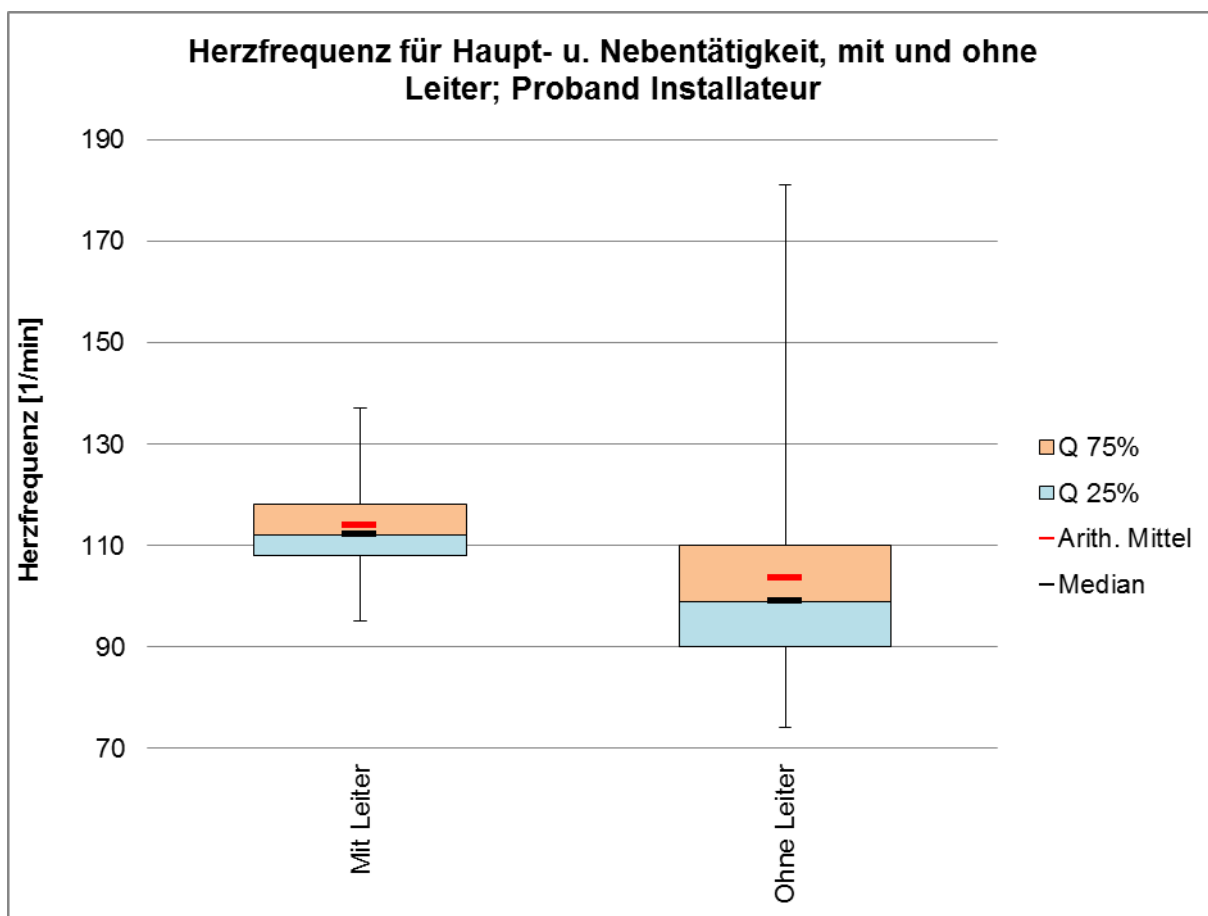


Abbildung 5-24 Herzfrequenz für Haupt- und Nebentätigkeiten mit und ohne Leiter; Proband Installateur

Tätigkeiten mit Leiter sind beim Proband Installateur in der Herzfrequenz höher angesiedelt als Tätigkeiten ohne Leiter, weisen aber für 50% der Werte eine sehr geringe Streuung von nur zehn Herzschlägen pro Minute auf.

Der Maximalwert von 181 Herzschlägen pro Minute bei einer Tätigkeit ohne Leiter ist auf die Tätigkeit Stimmen beobachtet worden.

Tätigkeiten ohne Leitern liegen mit einem Medianwert von 99 Schlägen unter den von der WHO vorgegebenen Grenzwert von 110 Herzschlägen pro Minute für ermüdungsfreies Arbeiten.<sup>18</sup>

<sup>18</sup> WHO, : Health factors involved in working under conditions of heat stressS.

### 5.3.6 Zusammenfassung Herzfrequenz mit und ohne Leiter

Man sieht hier, dass bei den Probanden G und F eindeutig eine Tendenz zu einer höheren Beanspruchung bei Tätigkeiten mit Leiter beobachtet wurde.

**Tabelle 5-33 Analysewerte der Probanden G, V und F für Haupt- und Nebentätigkeiten mit und ohne Leiter**

<b>G</b>	HT und NT mit Leiter	ohne Leiter
Anzahl Messungen	95	93
Max	140	125
Durchschnitt	106	102
Min	85	84
25% Quantil	100	95
Median	106	101
75% Quantil	110	106
<b>V</b>	HT und NT mit Leiter	ohne Leiter
Anzahl Messungen	73	81
Max	121	148
Durchschnitt	101	103
Min	81	78
25% Quartile	98	95
Median	102	100
75% Quartile	105	110
<b>F</b>	HT und NT mit Leiter	ohne Leiter
Anzahl Messungen	79	114
Max	127	126
Durchschnitt	109	104
Min	84	87
25% Quartile	105	100
Median	109	103
75% Quartile	116	109

Diese Differenz ist auch in Zahlen mit fünf Schlägen bei Proband G, zwei Schlägen bei Proband V und sechs Schlägen bei Proband F erkennbar.

Proband V passt hier nicht in die Tendenz, auch aufgrund der breiten Streuung der Daten bei Tätigkeiten ohne Leiter. Drei Extremwerte aus der Beobachtung Material- und Maschinentransport sind wieder nicht im Ergebnis abgebildet, da sie die Tätigkeiten ohne Leitern nochmals erhöhen würden.

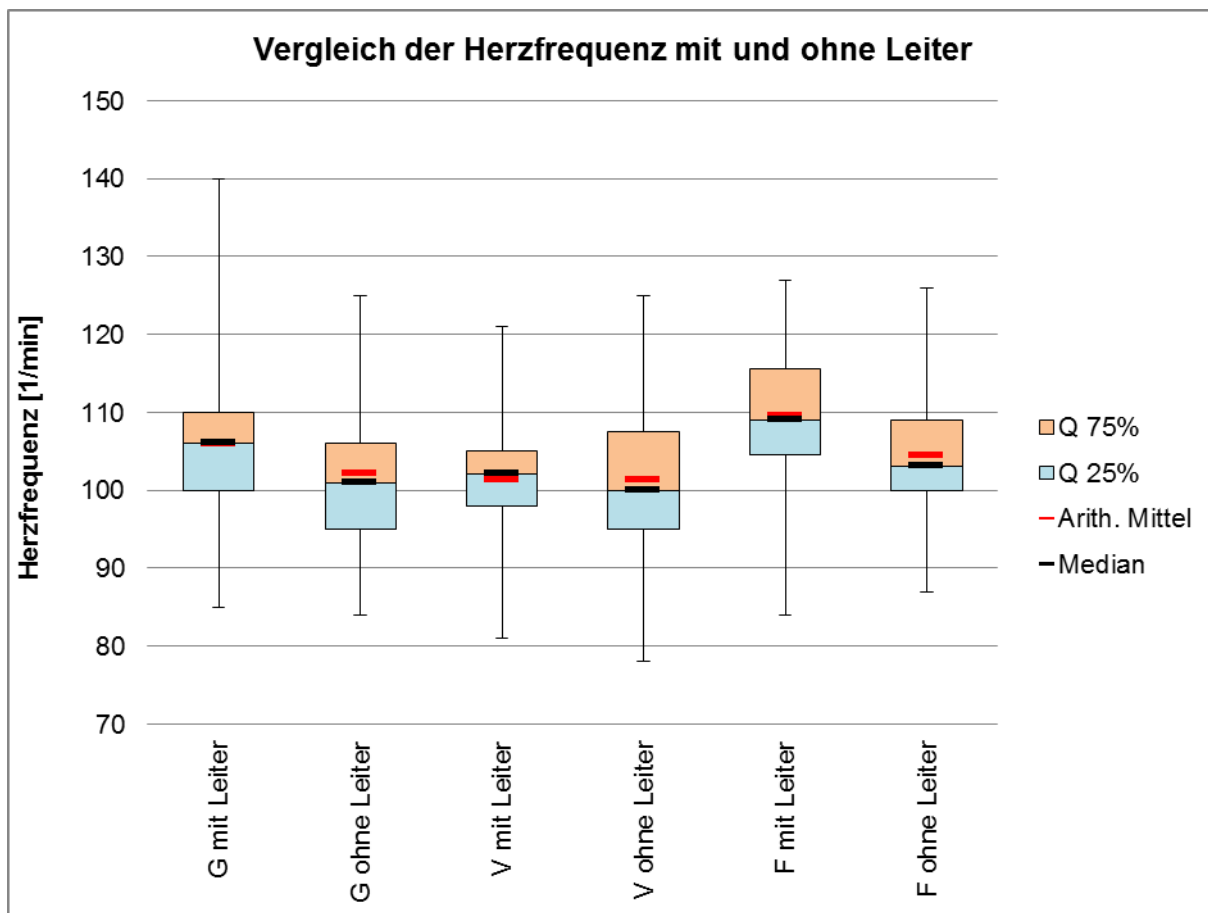


Abbildung 5-25 Vergleich der Herzfrequenz bei Tätigkeiten mit und ohne Leiter der Probanden G, V und F

Auch die Probanden Elektriker und Installateur weisen bei Tätigkeiten mit Leiter eine höhere Herzfrequenz auf als bei Tätigkeiten ohne Leiter.

#### 5.4 Betrachtung der Tätigkeit „Stemmen“; Proband Installateur

Aufgrund des bereits mehrmals erwähnten Maximalwerts bei der Tätigkeit Stemmen von 181 Herzschlägen pro Minute wurde dieser Aspekt gesondert betrachtet.

Diese Tätigkeiten sind am 23.04.2008 und am 24.04.2008 jeweils am Nachmittag beobachtet worden.

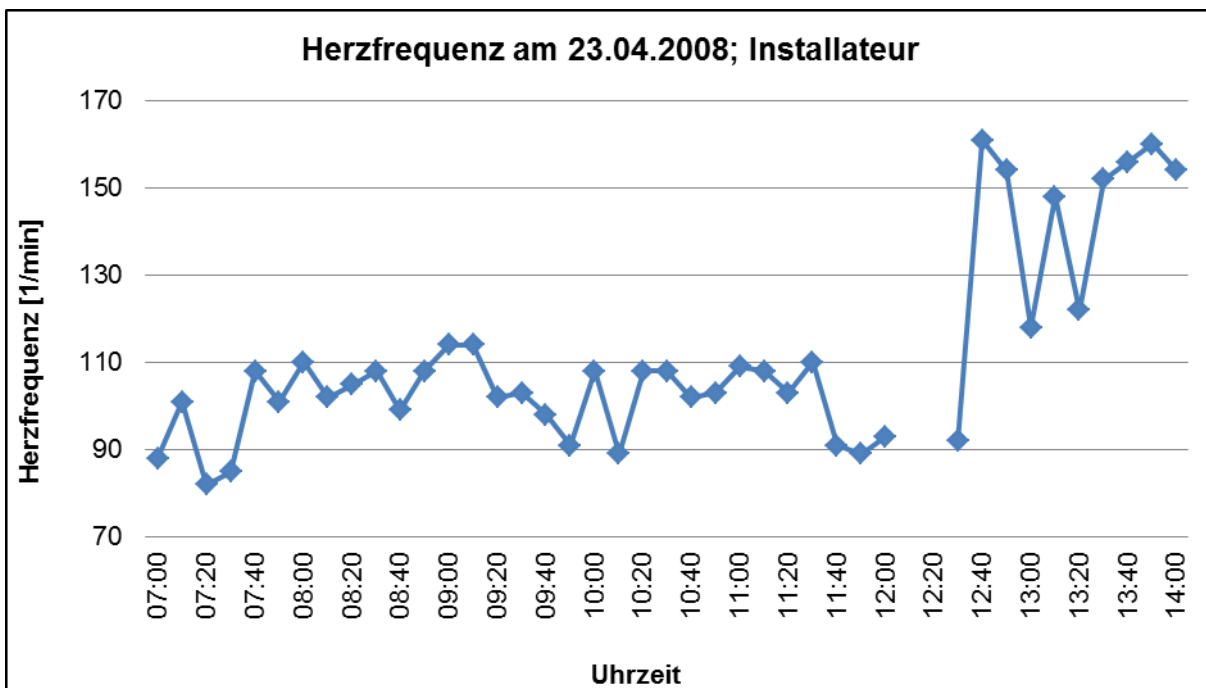


Abbildung 5-26 Herzfrequenz am 23.04.2008 Installateur

Am 23.04.2008 zeigen die hohen Werte am Nachmittag die Tätigkeit „Stemmen“, die 2 niedrigeren Werte sind erholungsbedingte Unterbrechungen.

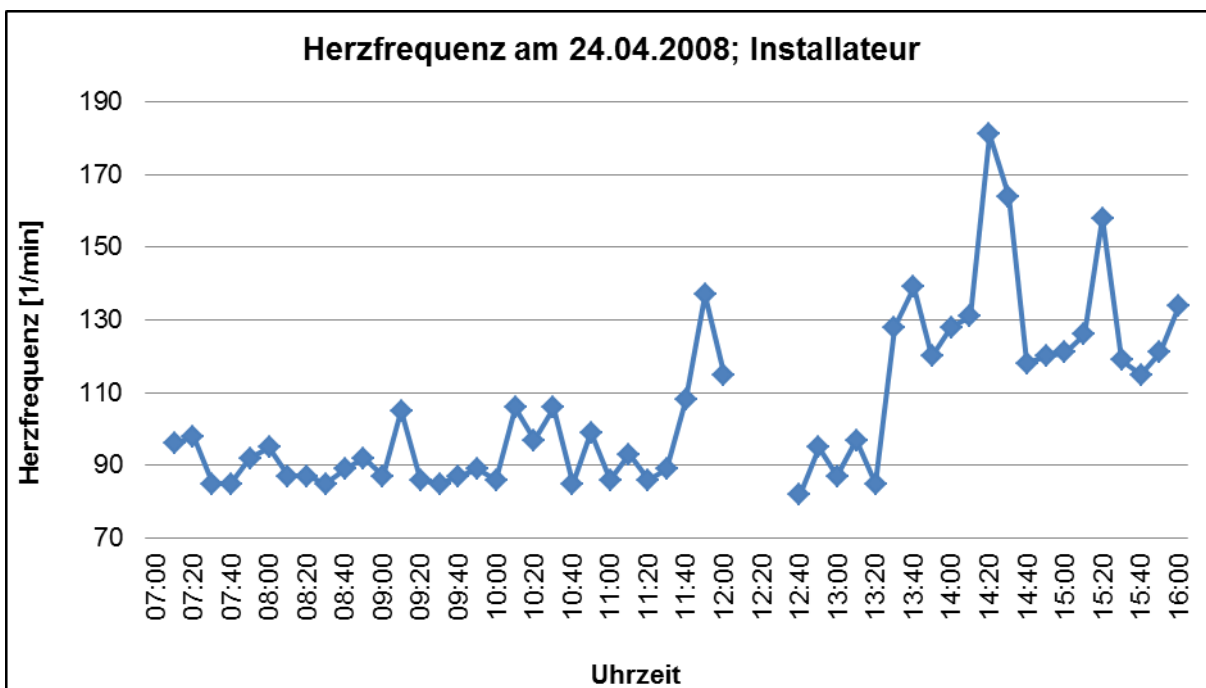


Abbildung 5-27 Herzfrequenz am 24.04.2008 Installateur

Am 24.04.2008 sind die drei höchsten Werte der Herzfrequenz bei der Tätigkeit „Stemmen“ beobachtet worden.

Der Verlauf der Herzfrequenz ist vormittags an beiden Tagen sehr ähnlich, und äußert sich durch einen sehr konstanten Verlauf bis kurz vor der Mittagspause. Am 23.04.2008 fällt die Herzfrequenz um 19 Schläge ab, am 24.04.2008 steigt die Herzfrequenz hingegen auf 137 Schläge 30 Minuten vor der Pause und 115 Schläge zu Beginn der Pause an. Der Wert um 11:30 kam durch Besteigen einer Leiter mit einem großen, händisch bedienbaren Stemmhammer in der Hand zustande.

Während der Pause erholt sich der Herzschlag am 24.04.2008 aufgrund des hohen Wertes vor der Pause deutlich auf das tiefste Niveau des ganzen Tages, am 23.04.2008 bleibt die Herzfrequenz gleich.

Nach der Pause wurde am 23.04.2008 sofort mit dem Stemmen begonnen, die Herzfrequenz sprang sofort auf ein Niveau um die 160 Schläge pro Minute und blieb während der Tätigkeit konstant hoch. Die zwei sichtbaren niedrigeren Werte von 118 und 122 Schlägen waren erholungsbedingte Pausen. Der Puls beruhigte sich sehr schnell, um bei Beanspruchung aber sofort wieder zu steigen.

Da nach dem Stemmen die Arbeit sofort beendet wurde, konnte keine Beobachtung mehr vorgenommen werden, die die Erholungszeit der doch eineinhalbstündigen außerordentlich hohen Beanspruchung dargestellt hätte.

Am 24.04.2008 nachmittags bleibt der Herzschlag vorerst nieder, um dann beim Stemmen auf ein Maximum von 181 Schlägen zu springen und beim Schutt wegräumen weiterhin auf hohem Niveau zu bleiben. Dieser Extremwert kam beim Stemmen über Kopfhöhe zustande. Die Arbeit war augenscheinlich so anstrengend, dass sich zwei Monteure in der Ausführung abgewechselt haben, aber dennoch dieser Wert zustande gekommen ist.

## 6 Analyse der Leistungserbringung

Die erbrachte Leistung wurde abhängig von der Ausführung und zusammenhängenden Montagezeiten ermittelt. Rohrdimensionen sind nicht in die Erfassung der Daten eingeflossen. Formteile wurden nach Stück in Verhältnis zu den geraden Metern aufgezeichnet, wobei nur Bögen und T-Stücke, sowie bei Ausführung A zusätzlich Aufhängungsmanschetten und Ventilisolierungen berücksichtigt wurden, da damit die zeitintensivsten Formteile erfasst wurden. 3 Bogen bei 10 Metern Rohr ergeben somit 30% Formteilanteil, unabhängig von der Rohrdimension und der Isolierstärke.

Die Analyse erfolgte getrennt nach Vormittag und Nachmittag, um einen eventuellen Leistungsverlust im Laufe des Arbeitstages feststellen zu können.

Es wurden nur zusammenhängende Zeitperioden von mindestens 2,5 Stunden, in denen ausschließlich eine Ausführung beobachtet wurde, in der Datenauswertung berücksichtigt.

Im Feld A1 sind die gedämmten Meter Rohrleitung einer zusammenhängenden Zeitperiode gleicher Ausführungsart an den Vormittagen angegeben.

Im Feld A2 stehen die dafür benötigten Arbeitsstunden.

Im Feld B2 steht der daraus errechnete Durchschnitt an gedämmten Metern Rohrleitung pro Stunde.

Im Feld B1 ist der Formteilanteil angegeben.

In den Feldern A3, A4, B3 und B4 stehen die Werte für die Nachmittage.

Tabelle 6-1 Leistung Ausführung A, Elastomer

			1	2	3	4
	<b>Ausführung A</b>		<b>07:00 - 12:00</b>	<b>Std</b>	<b>13:00 - 17:00</b>	<b>Std</b>
A	<b>Proband G</b>	<b>Meter</b>	112,5	16,5	98,5	14,5
B		<b>% und m/Std</b>	29,25 %	<b>6,8 m/Std</b>	53,25 %	<b>6,8 m/Std</b>
A	<b>Proband V</b>	<b>Meter</b>	196,0	25,0	120,0	18,0
B		<b>% und m/Std</b>	52,67 %	<b>7,84</b>	114,5 %	<b>6,7 m/Std</b>
A	<b>Proband F</b>	<b>Meter</b>			16,5	2,5
B		<b>% und m/Std</b>			18 %	<b>6,6 m/Std</b>

Bei der Ausführung A ist bei keinem der Probanden ein Abfall der Leistung am Nachmittag zu erkennen, ebenso spielt der Formteilanteil für den Durchschnittswert der gedämmten Meter pro Stunde keine Rolle. Proband V ist zwar am Nachmittag um 1,15 m/Stunde langsamer, hat aber einen deutlich erhöhten Formteilanteil abgearbeitet.

Proband V kann die höchste Leistung an gedämmten Metern/Stunde bei gleichzeitig höchstem Formteilanteil aller Probanden vorweisen.

Proband V ist absoluter Spezialist für die Ausführung A und kann jahrelange ausschließliche Praxis in diesem Bereich vorweisen. Er gilt als einer der schnellsten, in der technischen Ausführung besten und im Resultat seiner Arbeit optisch ansprechendsten in Österreich verfügbaren Monteure.

Tabelle 6-2 Leistung Ausführung B, Mineralwolleplatten

			1	2	3	4
			07:00 - 12:00	Std	13:00 - 17:00	Std
A	<b>Proband G</b>	<b>Meter</b>	244,0	28,0	146,0	12,0
B		<b>% und m/Std</b>	29,5 %	<b>8,7 m/Std</b>	59,25 %	<b>12,2 m/Std</b>
A	<b>Proband V</b>	<b>Meter</b>	73,0	9,0	43,0	3,5
B		<b>% und m/Std</b>	26 %	<b>8,1 m/Std</b>	7,5 %	<b>12,3 m/Std</b>
A	<b>Proband F</b>	<b>Meter</b>	63,0	7,5	75,0	9,5
B		<b>% und m/Std</b>	7,5%	<b>8,4 m/Std</b>	15,67%	<b>7,9 m/Std</b>

Ähnliches kann man auch über die Ausführung B sagen, hier ist am Nachmittag sogar eine deutlich höhere Leistung beobachtet worden.

Tabelle 6-3 Leistung Ausführung C, Aufbringen eines PVC-Mantels

			1	2	3	4
			07:00 - 12:00	Std	13:00 - 17:00	Std
A	<b>Proband F</b>	<b>Meter</b>	307,0	33,0	168,0	16,5
B		<b>% und m/Std</b>	26,1 %	<b>9,3 m/Std</b>	47,8 %	<b>10,2 m/Std</b>

Nur Proband F war in der Ausführung C tätig. Auch hier erkennt man keinen Abfall der Leistung am Nachmittag. Im Gegenteil, Proband F schafft am Nachmittag bei höherem Formteilanteil eine höhere Leistung an isolierten Metern/Stunde als am Vormittag.

Abschließend muss zur Auswertung der Leistung gesagt werden, dass keine Leistungsverringerung am Nachmittag zu sehen war. Außerdem schien der Formteilanteil für die zu erzielende Leistung eine untergeordnete Rolle zu spielen. Die ermittelten Werte sind aber baustellenspezifisch zu betrachten, und können nicht auf andere Bauvorhaben ohne Beachtung der äußeren Umstände der Leistungserbringung umgelegt werden. Erst über eine Vielzahl von Beobachtungen kann man zu in der Praxis anwendbaren Leistungsansätzen gelangen.

## 7 Zusammenfassung

Nach Erstellung eines Datenerfassungsbogens, Auswahl von Firmen und Probanden und Festlegung der Beobachtungsperiode wurde auch die Methode und der Ablauf der Datenerhebung festgelegt. Die Einteilung der Tätigkeiten wurde nach REFA vorgenommen und ging entsprechend in die Analyse ein.

Bei der Erfassung von Tätigkeiten bei den Probanden aus dem Bereich des Bauhilfsgewerbes, im Speziellen aus den Gewerken Wärme- Kälte-Schall- und Branddämmer, Elektro-, Gebäude-, Alarm- und Kommunikationstechniker und Sanitär-, Heizungs- und Lüftungstechniker, zeigten sich sowohl bei der Verteilung der Tätigkeiten und Unterbrechungen als auch beim Verlauf der Herzfrequenz einige Gemeinsamkeiten.

Die Verteilung der Tätigkeiten nach REFA war in der ersten und auch in der zweiten Kategorieebene bei den fünf Probanden sehr ähnlich. Die Unterbrechungen, und hier im Speziellen die persönlich bedingten Unterbrechungen, spielten sich im gleichen Prozentbereich ab. Die persönlich bedingten Unterbrechungen zeigten den mit Abstand höchsten Anteil aller Unterbrechungen.

Beim Verlauf der Herzfrequenz erkennt man keinen typischen Wochenverlauf.

Bei der Analyse des täglichen Verlaufs der Herzfrequenz zeigt sich als Tendenz bei allen beobachteten Probanden der meist tiefste Wert bei Arbeitsbeginn. Am Vormittag bleibt die Herzfrequenz auf einem etwas höheren annähernd gleichbleibenden Niveau. Ein Anstieg der Werte vor der Pause ist nicht zu erkennen. In der Pause sinkt bei drei Probanden der Puls erholungsbedingt ab, bei zwei Probanden steigt er an.

Die Herzfrequenz bei zusätzlichen Tätigkeiten, vor allem bei Material- und Maschinentransport, ist die Herzfrequenz höher als bei den Haupt- und Nebentätigkeiten. Material- und Maschinentransport, speziell über Stiegen und über größere Höhenunterschiede, sowie das Materialhandling in Form von Abladen, Schichten etc. stellen für Probanden aus dem Bauhilfsgewerbe und der Haustechnik die deutlich höheren Belastungen für den menschlichen Körper dar, als die Haupt- und Nebentätigkeiten.

Die Herzfrequenz während der Unterbrechungen ist niedriger als bei allen Tätigkeiten.

Der Herzschlag aller Probanden bewegt sich auch in neun Arbeitsstunden deutlich unter den von der WHO festgehaltenen 110



Schlägen pro Minute als zulässiger Grenzwert für dauerhaft ermüdungsfreies Arbeiten in acht Stunden.<sup>19</sup>

Ausführung A, Elastomer, stellt bei den Probanden aus dem WKSB-Bereich zusammen mit Ausführung B, Mineralwolle, nur eine sehr geringe Belastung dar. Dies ist insofern interessant, als dass die Ausführung A jene Tätigkeit ist, die das größte Fehlerpotential in Bezug auf Mängel und deren bauphysikalischer Auswirkungen hat.

Proband F hat das höchste Niveau der Herzfrequenz aller Probanden. Gründe für das Herzfrequenzniveau sind in den Rahmenbedingungen zu suchen.

Auf einer Leiter stehende Montagetätigkeiten spielen vor allem bei den Probanden aus dem Wärme- Kälte- Schall- und Branddämmungen eine starke Rolle, und betragen bis zu 80 % der Tätigkeiten eines Arbeitstages. Der Durchschnitt lag bei 50% der Tätigkeiten.

Bei den Probanden Elektriker und Installateur waren die Anteile an Tätigkeiten mit Leiter viel geringer. Dennoch hatte dies schon Auswirkungen auf die Herzfrequenz, die bei Tätigkeiten mit Leiter bei vier der fünf Probanden höher lag als bei Tätigkeiten ohne Leiter.

Nachdem durchgehend die Herzfrequenzwerte der Probanden bei den zusätzlichen Tätigkeiten, wie zum Beispiel beim Zusammenräumen Materialtragen und Schichten, im oberen Bereich angesiedelt sind, scheint die Kombination von Gehen und das Tragen von sperrigem Material, beziehungsweise schwererem Werkzeug und größeren Handmaschinen, die höchste Beanspruchung für die Probanden aus dem Bereich der WKSB-Dämmen darzustellen, jedenfalls höher, als die Haupttätigkeiten selbst. Man muss hier ebenfalls noch berücksichtigen, dass kaum Arbeiten auf Leitern bei den zusätzlichen Tätigkeiten beobachtet wurden. Wenn man also davon ausgeht, dass Tätigkeiten ohne Leitern eine noch geringere Belastung für den Proband darstellen, kann sich dieser Unterschied noch deutlicher ausprägen.

Stemmen, Schutt beseitigen, etc. stellten Extrembelastungen für den Körper dar, hatten bei den Beobachtungen an den Tätigkeiten aber nur einen kleinen Anteil.

Mit Sonderbelastungen wie Stemmen, vor allem über Kopf, erreichte der Proband Installateur seine Belastungsgrenze und musste erholungsbedingte Pausen einlegen. Nach Erreichen des Arbeitsziels wurde der Arbeitstag, obwohl die erforderliche Arbeitszeit noch nicht erreicht war, aufgrund von Erschöpfung abgebrochen.

Die Analyse der Leistung bei den Monteuren aus dem Bereich der Wärme-, Kälte-, Schall- und Branddämmungen zeigt einen sehr

<sup>19</sup> WHO, : Health factors involved in working under conditions of heat stressS.

konstanten Verlauf, trotz unterschiedlichem Formteilanteil. Ein Abfall der Leistung am Nachmittag war nicht feststellbar.

## 8 Eigene Betrachtungen und Forschungsausblick

Die eigenen Betrachtungen und der Forschungsausblick wurden gegliedert in Beobachtungen auf der Baustelle, Tätigkeiten und Herzfrequenz und Beobachtungen im Industriebereich.

### 8.1 Allgemeines zur Baustellenbeobachtung:

Als Vorgesetzter hatte der Verfasser der Diplomarbeit beim Projekt Asia Spa aufgrund der Größe des Bauvorhabens und als derjenige, der die Arbeitseinteilungen vornimmt, die Möglichkeit, alle Monteure immer gemeinsam an einem Ort einzusetzen. Der Ort wurde immer gemeinsam von allen 3 Probanden gewechselt. Sollten Firmen ohne direkten Bezug zum Beobachter beteiligt sein, wird auf diesen Aspekt sicherlich weniger Rücksicht genommen, da die Wirtschaftlichkeit, die unter anderem vom Bauablauf beeinflusst wird, immer noch an erster Stelle des Interesses stehen wird. Der Bauablauf kann durch die Aneinanderbindung von 3 Arbeitern massiv behindert werden.

Der Beobachtungszeitraum von 3 Wochen war von Vorteil, da man einen realistischeren Querschnitt über die Tätigkeiten eines Gewerks bekommt. In drei Wochen ist die Summe an verschiedenen Tätigkeiten viel besser abzuschätzen bzw. kann Unvorhergesehenes in Bezug auf Bauablauf auftreten.

Einen Nachteil für die Beobachtungen hatte die Doppelfunktion als Vorgesetzter der Probanden und Beobachter und Verfasser der Arbeit aber ebenso! Die erste Woche wurde die dauernde Anwesenheit eindeutig als Kontrolle missverstanden, was zu extrem schlechter Stimmung unter den Mitarbeitern geführt hat. Anzeichen für dieses Missfallen war extreme Nervosität bei zwei Probanden. Es wurden keine Zigaretten mehr geraucht, was im Normalfall aber durchaus üblich ist. Der Versuch, möglichst schnell und fehlerfrei zu arbeiten war vor allem bei einem Probanden (G) nicht von Erfolg gekrönt, da die Qualität, und die persönliche Organisation gelitten haben. Dies hat sich bei vergessenem Klebeband, vergessenem Messer, Draht, etc., gezeigt. Auch wurden eben erst gemessene Zentimeterangaben für mehrere Passstücke teilweise wieder vergessen, was ein nochmaliges Ausmessen notwendig machte, und einem Zeit- und damit wirtschaftlichem Verlust für den Arbeitgeber gleichkam. Durch die hohe Herzfrequenz von Proband G bei Tätigkeiten der Ausführung A, Elastomer, am ersten Beobachtungstag war diese Nervosität bemerkbar.

Erst mehrmalige Mitarbeitergespräche, zwischenzeitliches Entfernen vom direkten Arbeitsplatz und absolutes Ignorieren oder Kommentieren des Arbeitsablaufes haben wieder für normales Klima und realistische Arbeitsgeschwindigkeiten gesorgt. Ein Mitarbeiter, Proband V, hat aber

eine Woche nach Abschluss der Beobachtungsreihe dennoch gekündigt, was sich natürlich im Vorfeld bereits auf die Stimmung der Monteure auf der Baustelle untereinander ausgewirkt hat.

Besonders deutlich wurde dieser Unterschied der Funktion des Beobachters beim Proband Elektriker, der einer Fremdfirma angehörte. Dieser hat den Beobachter völlig ignoriert, bzw. gerne als Gesprächspartner bei den sehr häufigen Kaffeepausen angesehen. Der Verfasser der Arbeit hatte allerdings nicht den Eindruck, dass ohne seine Anwesenheit weniger Pausen stattgefunden hätten.

Am besten haben die Messungen beim Installateur funktioniert, der in seiner Funktion Helfer seines Meisters war und von diesem unentwegt zu diversen Arbeiten eingeteilt wurde, damit der Meister selbst etwas Ruhe bekam. Diese Konstellation war somit für die Ermittlung der Beobachtungsdaten am besten geeignet, da ein durchgehender Arbeitsablauf mit klar eingeteilten Aufgaben auf einer Baustelle gegeben war.

Aufgrund der beim Proband Elektriker zu verschiedensten Tageszeiten und unregelmäßigen Arbeitszeiten erhobenen Daten stellte sich eine sinnvolle Analyse als kaum möglich heraus. Das Vorliegen von Daten zu gleicher Uhrzeit über mehrere Tage bei produktiver Leistungserbringung ist für eine sinnvolle Auswertung Voraussetzung. In dieser Diplomarbeit wurde der Aspekt der unregelmäßigen Arbeits- und Pausenzeiten durch die Analyse von gleichen Perioden des Arbeitstages berücksichtigt (die ersten 3 Stunden des Arbeitstages, die letzte Stunde, und die Stunde vor und eine Stunde nach der Pause).

## **8.2 Beobachtungen bezüglich Tätigkeiten und Herzfrequenz**

Ein weiterer Punkt, ist die Art der Leistungserbringung. Gemeint sind hier speziell Arbeiten auf Leitern, Gerüsten, oder zum Beispiel kniende Arbeit wie beim Fliesen legen oder beim Pflastern. Die Belastung für den Körper ist hier nicht über die Herzfrequenz zu messen, hat aber sicher Auswirkungen auf den menschlichen Körperbau und hierbei besonders auf die Gelenke und die Wirbelsäule. Spätfolgen sind somit nicht über die Beobachtungsdaten abzuschätzen, Überlegungen dazu sollten aber in die sinnvolle Gestaltung von Pausen und unterbrochenen Arbeitsabläufen Platz finden! Eine enge Abstimmung mit Arbeitsmedizinern könnte für eine bessere Gestaltung der Unterbrechungen eine Voraussetzung sein, um auch langfristig Erfolg bei Mitarbeitern und deren dauerhafter Leistungsfähigkeit zu haben. Auch das Ziel der Produktivitätssteigerung kann als Nebenaspekt in die Überlegungen der Gestaltung von Unterbrechungen eingehen.

Untersuchungswürdig ist der sehr ähnlichen Verlauf der Herzfrequenz aller 3 Probanden aus dem Bereich der WKS-B-Dämmungen am Freitag,

dem 14.03.2008, vor allem den starken Anstieg in der 6. Arbeitsstunde ohne vorhergehender Pause. Die Problematik ist hier allerdings Probanden zu finden, die mehr als 6 Stunden ohne Pause durcharbeiten. Es wäre aber für die Gestaltung von Arbeits- und dazugehörigen Ruhezeiten sinnvoll zu wissen, wann der echte Leistungsabfall, beziehungsweise der Anstieg der Herzfrequenz mit dazugehörigen Ermüdungserscheinungen wirklich eintritt.

Herzfrequenzmessungen sollten von den jeweiligen Probanden eine gewisse Zeit nach Beendigung der Arbeit weitergeführt werden, um eine Veränderung der Werte, z.B. in Form einer Erholung und der dafür benötigten Zeitdauer zu erhalten. Grund für diesen Verbesserungsvorschlag ist der Proband Installateur, bei dem es nach eineinhalbstündigem Stemmen in einem Bereich von 152 bis 162 Herzschlägen pro Minute sicher interessant gewesen wäre, in welcher Zeit er sich wieder erholt hat.

### 8.3 Beobachtungen im Industriebereich

Einen weiteren Punkt stellt die Problematik der Datenerfassung im Industriebereich dar: Hier herrschen immer strengere Zutrittsbeschränkungen und Arbeitssicherheitsvorschriften, sodass im Vorfeld abgeklärt werden müsste, ob der Messende auch die gleichen Zutrittsmöglichkeiten wie der Proband bekommt und welche Sicherheitsausrüstungen dafür notwendig sind. Beispielhaft seien hier Brustsicherheitsgurte, Kohlenmonoxid-Warngeräte oder sogenannte Selbstretter für Arbeiten im Gasgefahrenbereich genannt. Helm, Arbeitsschuhe und Sicherheitsbrille sind obligatorisch, und bedürfen keiner weiteren Erklärung. Treten kurzfristig Arbeiten unter Verwendung einer Hebebühne auf ist abzuklären, ob die Anwesenheit einer zweiten unproduktiven Person im Arbeitskorb möglich ist, ohne den Ablauf zu behindern.

Im Industriebereich kann auch die Oberflächentemperatur des nächstgelegenen Bauteils von entscheidender Bedeutung für die Belastung des menschlichen Körpers sein. Da der WKS-B-Dämmen beispielsweise im Anlagenbereich oft bei Revisionen von Großkesselanlagen eingesetzt wird, kommt es immer wieder zu „heißen“ Arbeiten, wie, dass aufgrund der meist sehr kurz bemessenen Zeit für die Schlosserarbeiten bei einer Revision der Blechmantel, der die Dämmung schützt, bereits vorab im warmen Betriebszustand abgenommen wird. Dampfleitungen mit bis zu 550 Grad Celsius müssen im Notfall ebenso von WKS-B-Dämmern im Betrieb ab- oder neu isoliert werden. Diese Oberflächentemperaturen haben natürlich enorme negative Auswirkungen auf die Leistungsfähigkeit, und vor allem auf die dauerhafte Leistungserbringung über den Arbeitstag. Erholungsbedingte

Unterbrechungen sind hier einzuplanen und durch den Arbeitgeber zu tolerieren.

## 9 Literaturverzeichnis

**ARBEITSGEMEINSCHAFT INDUSTRIEBAU (AGI):** *AGI Q 132 EU.* 64625 Bensheim, Deutschland. 2006.

**AUTORENKOLLEKTIV, Technisches Fachgremium:** *AGI Q 132 Mineralwolle als Dämmstoff für betriebstechnische Anlagen.* 2006.

**BMWA:** *Isoliermonteur – Berufsausbildungsgesetz: 1090. Verordnung.* 1994.

**BMWA; GEWERBEORDNUNG 1994:** *99. Verordnung: Wärme-, Kälte-, Schall,- und Branddämmer-Verordnung.* 1994.

**Bundesinnung der Bauhilfsgewerbe:** *Verordnung der über die Meisterprüfung für das Handwerk der WKSB-Dämmen.* 1994.

**KAIMANN GMBH:** *Kaiflex Montage-Anleitung.* D-33161 Hövelhof. 2007.

**KÜNSTNER, G.:** *Schriftenreihe "REFA in der Baupraxis", Teil II Datenermittlung.* ztv-Verlag Frankfurt/Main 1984.

**ÖSTEREICHISCHES NORMUNGSINSTITUT:** *ÖNORM B 7260 Teil 1 Dämmarbeiten - Verfahrensnorm.* 1020 Wien. 2002.

**ÖSTEREICHISCHES NORMUNGSINSTITUT:** *ÖNORM B 2260-1 Dämmarbeiten - Kälte- und Wärmedämmarbeiten an betriebs- und haustechnischen Anlagen - Werkvertragsnorm..* Österreichisches Normungsinstitut, Wien 01.07.2002.

**SCHLAGBAUER:** *Tagungsband 21. AssistentInnen treffen der Bereiche Bauwirtschaft, Baubetrieb und Bauverfahrenstechnik 07. - 09. April 2010.* Hrsg.: 2010.

**SCHLAGBAUER:** *Diplomarbeit: Einfluss der Arbeitszeit auf die Arbeitsleistung.* Graz. Institut für Baubetrieb und Bauwirtschaft, TU Graz, 2006.

**TUKEY, J. W.:** *Exploratory data analysis.* Addison Wesley Pub Co Inc, 1977.

**WHO.** *Health factors involved in working under conditions of heat stress.* Genf. World Health Organisation, 1969.

**www.isolierverband.at.** Datum des Zugriffs: 31.10.2011.