

**Schriftenreihe
Arbeitssicherheit und Arbeitsmedizin
in der Bauwirtschaft**

20

**Musterbaustelle –
Versetzhilfen im Mauerwerksbau**

BG BAU – AG Ergonomie

**Schriftenreihe
Arbeitssicherheit und Arbeitsmedizin
in der Bauwirtschaft**

20

**Musterbaustelle –
Versetzhilfen im Mauerwerksbau**

BG BAU – AG Ergonomie

Impressum

Musterbaustelle – Versetzhilfen im Mauerwerksbau
Projekt 2002 - Stand 10/2005
© 2005 Berufsgenossenschaft der Bauwirtschaft
AG Ergonomie
Internet: www.ergonomie-bau.de

Herausgeber
BG BAU - Berufsgenossenschaft der Bauwirtschaft
Hauptverwaltung
Hildegardstraße 29/30
10715 Berlin

Frankfurt 2007
ISBN-Nummer: 3-924356-49-1

Alle Rechte vorbehalten. Vervielfältigung und Verbreitung
– auch auszugsweise – nur mit ausdrücklicher Genehmigung
des Herausgebers.

© Arbeitsgemeinschaft der Bau-Berufsgenossenschaften

Ansprechpartner

Begleitende Projektgruppe – AG Ergonomie

Arbeitsmedizinische Fragen

Prof. Dr. med. Bernd Hartmann
BG BAU
Arbeitsmedizinischer Dienst – Region 1
Zentrum Hamburg
Holstenwall 8-9
20355 Hamburg
Telefon: (040) 35000-220
Telefax: (040) 35000-396
E-Mail: Bernd.Hartmann@bgbau.de

Dipl.-Sportw. Sonja Werner
BG BAU – AG Ergonomie
Holstenwall 8-9
20355 Hamburg
Telefon: (040) 35000-112
Telefax: (040) 35000-396
E-Mail: Sonja.Werner@bgbau.de

Dipl.-Ing. Dr. med. Joachim Hanse
BG BAU
Arbeitsmedizinischer Dienst – Region 1
Zentrum Neumünster
Wasbekerstraße 351a
24537 Neumünster
E-Mail: Joachim.Hanse@bgbau.de

Dr. Frank Wimmel
BG BAU
Arbeitsmedizinischer Dienst – Region 4
Zentrum Frankfurt
An der Festeburg 27-29
60389 Frankfurt
E-Mail: Frank.Wimmel@bgbau.de

Dipl.-Ing. Sonja Gütschow
BG BAU – Prävention Hochbau
Prävention Hamburg
Lise-Meitner-Ring 5
18059 Rostock
E-Mail: Sonja.Gütschow@bgbau.de

Technische Fragen

Dipl.-Ing. Gerald Rehme
BG BAU
Prävention Böblingen
Friedrich Gerstlacher Straße 15
71029 Böblingen
Telefon: (07031) 625-235
Telefax: (07031) 625-388
E-Mail: Gerald.Rehme@bgbau.de

Dipl.-Ing. Horst Necker (i.R.)
BG BAU – Prävention Hochbau
Prävention Böblingen
Friedrich Gerstlacher Str. 15
71029 Böblingen

Dipl.-Ing. Ludwig Donker
BG BAU – Prävention Hochbau
Prävention Hannover
Hildesheimer Straße 309
30519 Hannover
E-Mail: Ludwig.Donker@bgbau.de

Dipl.-Ing. Hans-Gerd Dormagen
BG BAU – Prävention Hochbau
Prävention Wuppertal
Hofkamp 84
42103 Wuppertal
E-Mail: Hans-Gerd.Dormagen@bgbau.de

Dipl.-Ing. Hermann Steinweg
BG BAU – Prävention Hochbau
Prävention Köln
Eulenbergstraße 13-21
51065 Köln
E-Mail: Hermann.Steinweg@bgbau.de

Hinweis:

Das Projekt "Musterbaustelle" ist im Zeitraum von 2002 bis 2004 von der damaligen Arbeitsgemeinschaft der Bau-Berufsgenossenschaften erarbeitet worden. Im Text ist deshalb die bis zum 30.04.2005 gebräuchliche Bezeichnung „Arbeitsgemeinschaft der Bau-Berufsgenossenschaften“ gewählt worden.

Danksagung

Die Autoren danken allen beteiligten Unternehmen und Mitarbeitern sowie den Technischen Aufsichtsbeamten und Ärzten der Berufsgenossenschaft der Bauwirtschaft für ihre Mitwirkung bei der Datenerhebung auf den Baustellen.

Besonderer Dank gilt den Technischen Aufsichtsbeamten Schnoor, Steinhoff, Ahrens, Dill und Frey, die bei der Auswertung der sicherheitstechnischen Checklisten intensiv mitgewirkt haben sowie Herrn TAB Konert, der zu Demonstrationszwecken ein anschauliches und mit einer höhenverfahrbaren Arbeitsplattform ausgestattetes Demonstrationsmodell einer Mauermaschine angefertigt hat.

Mitwirkende

Mitwirkende Technische Aufsichtspersonen der Präventionsabteilung Hochbau der BG BAU

- Karl-Heinz Jahnke (Prävention Hamburg)
- Dipl.-Ing. Martin Zühl (Prävention Hamburg)
- Eggert Schnoor (Prävention Hannover)
- Siegfried Ahrens (Prävention Hannover)
- Dipl.-Ing. Oliver Steinhoff (Prävention Hannover - Hiddenhausen / Herford)
- Dipl.-Ing. Hans-Gerd Dormagen (Prävention Wuppertal)
- Rainer Marthen (Prävention Wuppertal - Köln)
- Holger Nennen (Prävention Wuppertal)
- Gottfried Konert (Prävention Wuppertal - Dortmund)
- Reinhold Schäfer (Prävention Frankfurt)
- Karl Schneider (Prävention Frankfurt - Kassel)
- Dipl.-Ing. Friedrich Dill (Prävention Böblingen)
- Reiner Frey (Prävention Böblingen)

Mitwirkende Ärzte des Arbeitsmedizinischen Dienstes der BG BAU

- Dr. Joachim Hanse (Region 1 – Zentrum Neumünster)
- Dr. Arved Tietze (Region 2 – Zentrum Hannover)
- Dr. Klaus Struppek (Region 2 – Zentrum Braunschweig)
- Dr. Stefan Middel (Region 3 – Zentrum Dortmund)
- Dr. Manfred Lippold (Region 4 – Zentrum Suhl)
- Rolf Müller-Berninger (Region 4 – Zentrum Kassel)
- Dr. Gabriele Pfaff (Region 6 – Zentrum Böblingen)

Inhalt

1. Einleitung	11
2. Theoretischer Hintergrund	12
2.1 Entwicklung des Mauerwerksbau aus technischer Sicht	12
2.2 Arbeitsmedizinische Vorinformationen	14
2.3 Voruntersuchungen auf Baustellen mit Versetzhilfen	18
2.3.1 Vorstudie Versetzhilfen 2001	18
2.3.2 Schwerpunktaktion Bockgerüste 2002	21
3. Ziel der Untersuchungen	26
4. Methodik - Konzept und Organisation der Untersuchungen	28
4.1 Arbeitswissenschaftliche Systemanalyse	28
4.2 Belastungs- und Beanspruchungsanalyse	29
4.2.1 Belastungen des Stütz- und Bewegungs-Systems	30
4.2.2 Allgemeine energetische Beanspruchung - Herzfrequenzanalyse	34
4.2.3 Subjektiv empfundene Beanspruchungen	37
4.2.4 Psychische Folgen der Belastungen	40
4.3 Organisation und sicherheitstechnische Voraussetzungen auf der Baustelle	44
4.4 Dokumentation der Leistungs- und Kostendaten	52
4.5 Grundlagen der Kostenermittlung.....	55
4.5.1 Kostenermittlung für das Mauern mit Versetzhilfen	55
4.5.2 Kostenermittlung für das Mauern von Hand	58
4.5.3 Kostenermittlung für das Mauern mit Versetzhilfen mit den Arbeitszeitrichtwerten der Steinhersteller	60
5. Untersuchungsfeld	61
5.1 Charakteristik der Baustellen	61
5.2 Definition der Maurer an Versetzhilfen	64
5.3 Besonderheiten der Untersuchung	66

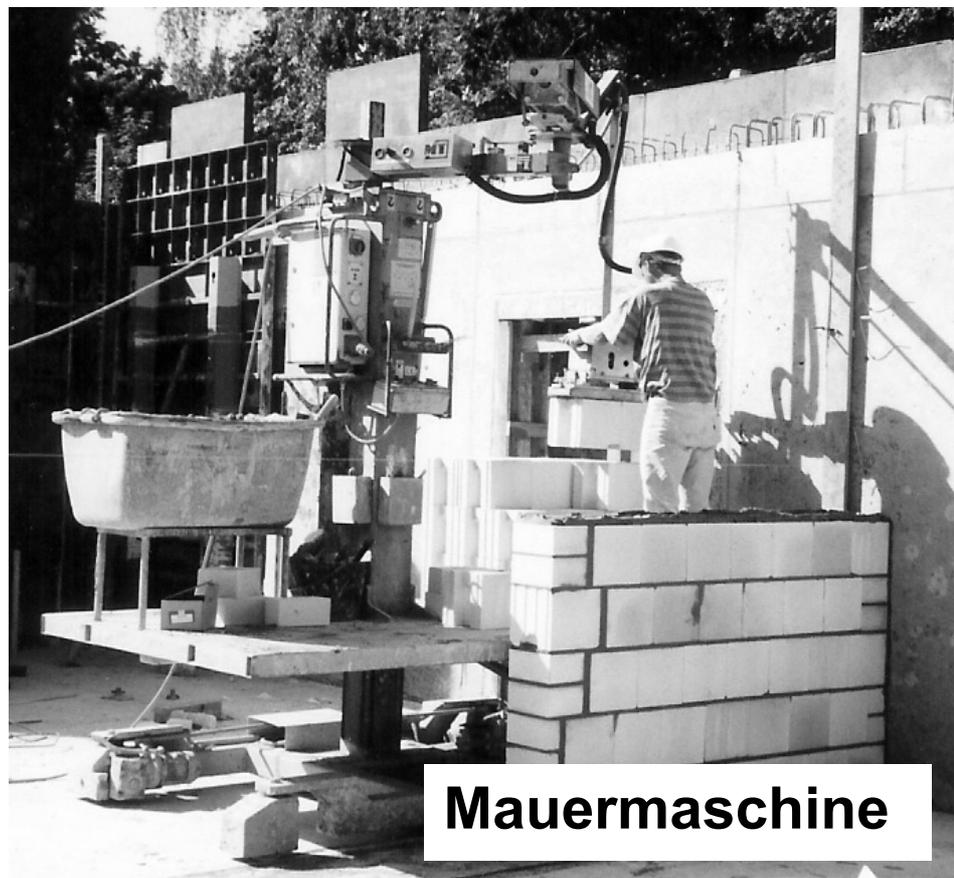
6. Ergebnisse	68
6.1 Belastungs- und Beanspruchungsanalyse des Bewegungs-Systems	68
6.1.1 ADAB-Aufnahmezeiten	68
6.1.2 Tätigkeitsstruktur	70
6.1.3 Arbeitsorte	72
6.1.4 Lastenhandhabung	74
6.1.5 Dynamischer Bandscheibendruck der unteren LWS	79
6.1.6 Belastende Körperhaltungen	83
6.1.7 Repetitive Belastungen des Hand-Arm-Systems	88
6.2 Herzfrequenz und Gesamtbeanspruchung des Körpers	94
6.2.1 Herzfrequenzanalyse	94
6.2.2 Erhöhte individuelle Beanspruchungen	111
6.3 Subjektive Beanspruchung	119
6.3.1 Empfundene körperliche Anstrengung und Beschwerden	119
6.3.2 Psychische Belastungsfolgen	124
6.3.3 Blutdruck-Tagesprofil	129
6.3.4 Belastungsermittlung beim Einsatz von Versetzhilfen im Mauerwerksbau mit Anwendung von CUELA-HTR	131
6.4 Ergebnisse zur Organisation, Arbeitssicherheit und Wirtschaftlichkeit	136
6.4.1 Organisation	136
6.4.2 Arbeitssicherheit	141
6.4.3 Wirtschaftlichkeit	143
7. Diskussion der Ergebnisse	150
7.1 Medizinisch-ergonomische Aspekte	150
7.2 Technisch-organisatorische Aspekte	159
7.3 Sicherheitstechnische Konsequenzen	166
7.4 Wirtschaftlichkeit des Einsatzes von Versetzhilfen	170
8. Schlußfolgerungen zur Musterbaustelle	174
8.1 Arbeitsmedizinische Konsequenzen des Einsatzes von Versetzhilfen	174
8.2 Technisch-organisatorische Empfehlungen zum Einsatz von Versetzhilfen	177
8.3 Wirtschaftliche Schlußfolgerungen zum Einsatz von Versetzhilfen	179
9. Literaturhinweis	180
10. Anhang	183

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 2.2-1	Befunde arbeitsmedizinischer Voruntersuchungen für Maurer und andere Bauberufe	.....14
Abbildung 2.2-2	Bandscheibenbelastungen der Maurer und anderer Bauberufe	.....15
Abbildung 2.2-3	Belastungen der Maurer und anderer Bauberufe durch Zwangshaltungen	.....16
Abbildung 2.2-4	Herzschlagfrequenz der Maurer über die Arbeitsschicht beim Vermauern per Hand bzw. mit Versetzhilfe	.....17
Abbildung 2.3-1	Technische Ausrüstung auf den Baustellen bei der Voruntersuchung 2001	.....19
Abbildung 2.3.2-1	Verteilung der verwendeten Steinarten	.....21
Abbildung 2.3.2-2	Verteilung der Steingewichte auf Baustellen mit Ziegelsteinen	.....22
Abbildung 2.3.2-3	Verteilung der Steingewichte auf Baustellen mit Kalksandsteinen	.....23
Abbildung 2.3.2-4	Verteilung der Steingewichte auf Baustellen mit Leichtbetonsteinen	.....24
Abbildung 4.2.1-1	Parameter zur Beschreibung der Arbeitsbelastung im Verfahren AEB	.....30
Abbildung 4.2.1-2	AEB-Digitalisierbrett mit Erhebungsbogen des Maurers	.....31
Abbildung 4.2.1-3	Datenblatterzeugung in ADAB	.....33
Abbildung 4.2.1-4	Zusatzauswertungen in ADAB	.....33
Abbildung 4.2.2	Kodierungsschlüssel der Tätigkeiten für die Herzfrequenz-Überwachung	.....35
Abbildung 4.2.3-1	Beschwerdenprävalenz je 100 Beschäftigte	.....37
Abbildung 4.2.3-2	Ausprägungsgrad Schmerzen	.....38
Abbildung 4.5.1-1	Kalkulationswerte zur Ermittlung der Gerätekosten	.....56
Abbildung 4.5.1-2	DF-Mittelformate aus Kalksandstein mit Versetzhilfe	.....57
Abbildung 4.5.1-3	Quadroelemente aus Kalksandstein mit Versetzhilfe	.....57
Abbildung 4.5.1-4	Planelemente aus Kalksandstein mit Versetzhilfe	.....57
Abbildung 4.5.1-5	DF-Mittelformate aus Ziegelstein mit Versetzhilfe	.....58
Abbildung 4.5.2-1	Kostenermittlung Kalksandstein per Hand	.....58
Abbildung 4.5.2-2	Kostenermittlung Ziegelstein per Hand	.....59
Abbildung 4.5.2-3	DF-Mittelformate aus Kalksandstein per Hand	.....59
Abbildung 4.5.2-4	DF-Mittelformate aus Ziegelstein per Hand	.....59
Abbildung 4.5.3-1	Kostenermittlung der Kalksandsteinindustrie mit Versetzhilfe	.....60
Abbildung 4.5.3-2	Kostenermittlung der Ziegelsteinindustrie mit Versetzhilfe	.....60
Abbildung 5	Regionale Verteilung der Versetzhilfen	.....61
Abbildung 5.1-1	Untersuchte Baustellen und vorgefundene Versetztechnik	.....61
Abbildung 5.1-2	Technische Daten der Versetzhilfen	.....62
Abbildung 5.1-3	Maurer mit Minikran	.....62
Abbildung 5.1-4	Maurer auf Arbeitsplattform einer Mauermaschine	.....63

Abbildung 5.3-1	Sonderverfahren Nr.1	66
Abbildung 5.3-2	Sonderverfahren Nr.2	67
Abbildung 6.1.1	Mit ADAB ausgewertete Gesamtaufnahmezeiten	69
Abbildung 6.1.2	Prozentuale Zeitanteile der registrierten Tätigkeiten	70
Abbildung 6.1.3	Prozentuale Zeitanteile der registrierten Arbeitsorte	72
Abbildung 6.1.4-1	Häufigkeit der Lastenhandhabungen nach Gewichtsklassen (kg)	74
Abbildung 6.1.4-2	Aktionsdauer der einzelnen Lastaktionen	75
Abbildung 6.1.4-3	Prozentualer Schichtanteil der manipulierten Lasten	77
Abbildung 6.1.5-1	Häufigkeit der erreichten Bandscheibendrücke bei L5/S1 in kN pro Maurer/Stunde	79
Abbildung 6.1.5-2	Aktionsdauer der einzelnen Bandscheibendrücke	80
Abbildung 6.1.5-3	Prozentualer Schichtanteil der dynamischen Bandscheibendrücke	82
Abbildung 6.1.6-1	Prozentuale Zeitanteile der registrierten Körperhaltungen	83
Abbildung 6.1.6-2	Zwangshaltungen in % der Schichtzeit	84
Abbildung 6.1.6-3	Zeitanteile von Zwangshaltungen im Knien und Hocken	86
Abbildung 6.1.7-1	Häufigkeit der repetitiven Belastungen pro Maurer/Stunde	88
Abbildung 6.1.7-2	Mittelwerte der von Hand manipulierten Lasten (kg).....	89
Abbildung 6.1.7-3	Dauer der Belastung in Sekunden	90
Abbildung 6.1.7-4	Dauer der Entlastung in Sekunden	91
Abbildung 6.1.7-5	Verhältnis zwischen Entlastungs- und Belastungszeit bei der Lastmanipulation	93
Abbildung 6.2.1-1	Mittelwerte und Standardabweichungen der Beschäftigten	95
Abbildung 6.2.1-2	Mittelwerte der Körperhöhe der Beschäftigten	95
Abbildung 6.2.1-3	Mittelwerte des Körpergewichts der Beschäftigten	95
Abbildung 6.2.1-4	Body-Mass-Index der Beschäftigten	96
Abbildung 6.2.1-5	Temperaturen auf den Baustellen	97
Abbildung 6.2.1-6	Gesamtübersicht der körperlichen und kardiovaskulären Probandencharakteristik	98
Abbildung 6.2.1-7	Zeitanteile der Tätigkeiten bei der HF-Registrierung	99
Abbildung 6.2.1-8	HF der Beschäftigten bei der Arbeit mit Versetzhilfen im Verlauf der Arbeitsschicht	100
Abbildung 6.2.1-9	Globale Schichtwerte der HF-Messungen für alle Maurertypen	101
Abbildung 6.2.1-10	HF der Minikran-Versetzer im Verlauf der Arbeitsschicht	102
Abbildung 6.2.1-11	HF der Minikran-Versetzer bei den wichtigsten Tätigkeiten	103
Abbildung 6.2.1-12	HF der Minikran-Helfer im Verlauf der Arbeitsschicht	104
Abbildung 6.2.1-13	HF der Minikran-Helfer bei den wichtigsten Tätigkeiten	105
Abbildung 6.2.1-14	HF der Mauermaschinen-Versetzer im Verlauf der Arbeitsschicht	107
Abbildung 6.2.1-15	HF der Mauermaschinen-Versetzer bei den wichtigsten Tätigkeiten	108
Abbildung 6.2.1-16	Vergleich der HF-Mittelwerte der Arbeitsstunden beim tiefen Mauern	109
Abbildung 6.2.1-17	Vergleich der HF-Mittelwerte der Arbeitsstunden beim Lastentransport	110

Abbildung 6.2.2-1	Individuelle Werte der HF eines Minikran-Versetzers im Schichtverlauf (Fall 1)	.....111
Abbildung 6.2.2-2	Individuelle Werte der HF eines Minikran-Versetzers im Tätigkeitsverlauf (Fall 1)	.....112
Abbildung 6.2.2-3	Individuelle Werte der HF eines Minikran-Versetzers im Schichtverlauf (Fall 2)	.....113
Abbildung 6.2.2-4	Individuelle Werte der HF eines Minikran-Versetzers im Tätigkeitsverlauf (Fall 2)	.....114
Abbildung 6.2.2-5	Individuelle Werte der HF eines Minikran-Helfers im Schichtverlauf (Fall 3)	.....115
Abbildung 6.2.2-6	Individuelle Werte der HF eines Minikran-Helfers im Tätigkeitsverlauf (Fall 3)	.....116
Abbildung 6.2.2-7	Individuelle Werte der HF eines MMV im Schichtverlauf (Fall 4).....	117
Abbildung 6.2.2-8	Individuelle Werte der HF eines MMV im Tätigkeitsverlauf (Fall 4)	.....118
Abbildung 6.3.1-1	Mittelwerte der Anstrengungsbeurteilung mit der BORG-Skala	.....119
Abbildung 6.3.1-2	Individuelle Unterschiede der Angaben (BORG-Skala)	.....120
Abbildung 6.3.1-3	Angaben der Beschäftigten zur Belastungsminderung (%)	.....121
Abbildung 6.3.1-4	Erlebte Anstrengung in den Körperregionen (rechte Körperseite)	.....122
Abbildung 6.3.1-5	Anstrengung in den am häufigsten betroffenen Körperregionen	.....122
Abbildung 6.3.2-1	Psychisch belastende Elemente der Arbeit (ESB)	.....124
Abbildung 6.3.2-2	Psychisch belastende Elemente der Arbeit – Vergleich zwischen Versetzmauern	.....125
Abbildung 6.3.2-3	Psychisch belastende Elemente der Arbeit – Vergleich zwischen Gewerken	.....127
Abbildung 6.3.3	Verlauf von Blutdruck und HF eines Mauermaschinen-Versetzers	.....129
Abbildung 6.3.4-1	CUELA-Design	.....132
Abbildung 6.3.4-2	Maurer mit CUELA-System	.....132
Abbildung 6.3.4-3	Maurer mit erweiterten CUELA-System	.....132
Abbildung 6.4.3-1	Kostenvergleich von Baustellen mit Minikran	.....143
Abbildung 6.4.3-2	Kostenvergleich von Baustellen mit Mauermaschine	.....144
Abbildung 6.4.3-3	Vermauern von KS-Zweihandsteinen von Hand mit Kostenansatz für TDK	.....145
Abbildung 6.4.3-4	Vermauern von KS-Planelementen mit Minikran	.....145
Abbildung 6.4.3-5	Vermauern von KS-Planelementen mit Mauermaschine	.....146
Abbildung 6.4.3-6	Kostenvergleich von manuellem Mauern gegenüber Mauern mit Versetzhilfe nach Arbeitszeitrichtwerten der Kalksandsteinindustrie	.....146
Abbildung 6.4.3-7	Vermauern von Ziegel-Zweihandsteinen von Hand mit Kostenansatz für TDK	.....147
Abbildung 6.4.3-8	Vermauern von großformatigen Ziegelsteinen mit Minikran	.....147
Abbildung 6.4.3-9	Vermauern von großformatigen Ziegelsteinen mit Mauermaschine	.....148
Abbildung 6.4.3-10	Kostenvergleich von manuellem Mauern gegenüber Mauern mit Versetzhilfe nach Arbeitszeitrichtwerten der Ziegelsteinindustrie	.....148
Abbildung 6.4.3-11	Kostenvergleich von manuellem Mauern gegenüber Mauern mit Versetzhilfe am Beispiel Kalksandstein mit einer Wandstärke von 24,0 cm	.....149



1. Einleitung

Die Verarbeitung größerer Steine im Mauerwerksbau gehört zu den schweren Arbeiten im Rohbau, die von vielen Beschäftigten ausgeführt werden. Nicht nur hohe Gewichte z. B. der Zweihandsteine oder Fensterstürze, sondern auch die Arbeitshaltungen der Beschäftigten rufen mit zunehmendem Alter hohe körperliche Beanspruchungen hervor. Sie sind eine wesentliche Ursache dafür, dass ein mit dem Alter zunehmender Anteil der Beschäftigten erwerbsunfähig wird.

Die Lösung des Problems kann entweder im Verlassen der Maurertätigkeit zugunsten anderer Rohbautechniken (Fertighausbau, Plattenmontage, Betonbau) oder in der mechanisch unterstützten Verarbeitung größerer Mauersteine oder Wandelemente durch Versetzhilfen bestehen. Der Einsatz von Versetzhilfen vollzieht sich in den letzten ca. 15 Jahren insbesondere bei mittleren Firmen, die über die notwendige finanzielle und ideelle Innovationskraft verfügen und Versetzhilfen regelmäßig einsetzen können. Bei Kleinunternehmen besteht dagegen Zurückhaltung und der Umstieg auf Versetzhilfen erfolgt zögerlich.

Aus diesem Grund haben die Bau-Berufsgenossenschaften als erstes größeres Vorhaben zur Entwicklung einer Beratungsbasis auf dem Gebiet der Ergonomie der Bauarbeit im Rahmen der Prävention arbeitsbedingter Gesundheitsgefahren das Projekt „Musterbaustelle 2002 – Versetzhilfen im Mauerwerksbau“ durchgeführt. Ziel des Vorhabens war der Nachweis, dass Versetzhilfen unterschiedlicher Typen zum Mauerwerksbau sowohl aus physiologisch-gesundheitlicher Sicht als auch aus sicherheitstechnischer, wirtschaftlicher und organisatorischer Sicht nützlich, zweckmäßig und auch für Kleinbetriebe praktikabel sind.

Einen Hintergrund des Projekts bildete das Forschungsvorhaben „Organisations- und Belastungsstruktur der Bauarbeit“ der Bau-Berufsgenossenschaften zwischen 1995 und 2000, in dessen Folge eine Datenbank körperlicher Belastungen wichtiger Bauarbeiten und eine entsprechende Erhebungsmethode entstanden. Eine Gruppe von Technikern und Ärzten bei fünf Bau-Berufsgenossenschaften hat die praktischen Messungen für das Vorhaben der Musterbaustelle von April bis Oktober des Jahres 2002 durchgeführt. Die Ergebnisse und Schlußfolgerungen werden hier vorgestellt. Allen beteiligten Unternehmen, Beschäftigten auf den Baustellen, Technikern und Ärzten wird für die engagierte und kooperative Arbeit gedankt. Die Koordination der Studie lag in den Händen der AG Ergonomie der Arbeitsgemeinschaft der Bau-Berufsgenossenschaften.

2. Theoretischer Hintergrund - Problemlage

2.1 Entwicklung des Mauerwerksbau aus technischer Sicht

Mauersteine haben für die Herstellung von Wänden nach wie vor eine große Bedeutung. Dies liegt zum einen an traditionellen Vorstellungen über den Eindruck von Solidität und Beständigkeit von Mauerwerk. Zum anderen verschaffen günstige Materialeigenschaften dem Mauerstein weiterhin eine gute Ausgangsposition im Wettbewerb mit anderen Baustoffen. Dazu gehören insbesondere das Wärmespeichervermögen, die Fähigkeit zum Feuchtigkeitsausgleich sowie die Schalldämmung, aber auch die Vielfalt des Steinangebotes, die eine hohe Flexibilität in der Anwendung ermöglicht. Hinzu kommen Neuerungen der letzten Jahre:

- a) Größere Steinformate und die höhere Maßgenauigkeit z.B. durch geschliffene Lagerflächen ermöglichen die Arbeit mit Dünnbettmörtel und Stoßfugen ohne Mörtel.
- b) Das Angebot von Mauerstein-Bausystemen mit Lieferung kompletter Bausätze zur Baustelle hat den Einsatz zudem attraktiv gemacht.

Die Arbeitstechnik des Mauerns hat sich für die Beschäftigten verändert. Die Verlegeleistung ist gestiegen und eine kürzere Bauzeit bei geringerem Mörtelverbrauch und damit eine höhere Wirtschaftlichkeit und bessere Wettbewerbsfähigkeit des Baustoffs Mauerstein wurde erreicht.

Parallel vollzog sich die Entwicklung technischer Hilfen:

- Versetzhilfen wurden entwickelt, um größere Steingewichte verarbeiten zu können.
- Durch Steinzangen werden große Steinformate nicht mehr direkt von Hand verarbeitet.
- Stufenlos höhenverstellbare Arbeitsbühnen lösen den aufwändigen Auf- und Umbau von Gerüsten ab.
- Durch die Kombination von höhenverstellbarer Arbeitsbühne und Hebeeinrichtung entstand die Mauermaschine.
- Mit Mörtelschlitten kann der Mörtel schnell und in konstanter Stärke aufgetragen werden.
- Die Lärmbelastung durch Steinschnitte wird vermindert, wenn nach Verlegeplänen speziell für das Bauprojekt vorgefertigte Steingrößen verarbeitet werden.
- Die Verwendung industriell vorgefertigter Wandelemente, die kostengünstig und witterungsunabhängig aus Mauersteinen (z. B. Ziegelstein) hergestellt werden, kann die Montagezeit und damit auch die Bauzeit verkürzen. Ein weiterer Vorteil ist die dadurch erreichte hohe gleichbleibende Qualität des Mauerwerks.

Eine Vergrößerung des Anteils der großformatigen Mauersteine (Elemente) und eine Steigerung des Anteils vorgefertigter Wandelemente, die wegen ihres Gewichts nur noch mit Versetzhilfen oder Kran bewegt werden können, würde den Effekt der Reduzierung der körperlichen Belastung verstärken und ist deshalb, zur Förderung besserer Arbeitsbedingungen grundsätzlich zu begrüßen.

Zur Zeit werden die technischen Möglichkeiten zu einer Reduzierung der körperlichen Belastungen im Mauerwerksbau noch nicht ausreichend genutzt. Nach wie vor werden relativ schwere Steine zwischen 15 und 25 kg und darüber von Hand ohne Hebehilfen vermauert. Immer noch wird das Bockgerüst als Arbeitsplatz für das Mauern höherer Wandabschnitte bevorzugt, anstelle eine höhenverstellbare Arbeitsbühne einzusetzen, die deutliche ergonomische Vorteile aufweist.

Die fortschreitende technische Entwicklung bietet die Möglichkeit, die Arbeitsbelastungen der Beschäftigten zu verringern. Es ist eine Reduzierung der Lastbewegungen und der ungünstigen Körperhaltungen zu erwarten.

Um die Arbeitsbedingungen beim Mauern nachhaltig zu verbessern, muss das Ziel sein, die inzwischen mit der geschilderten Weiterentwicklung verbundenen Möglichkeiten in der Praxisanwendung zu fördern.

Das Projekt "Musterbaustelle – Versetzhilfen im Mauerwerksbau" konzentriert sich darauf, die technischen Hilfen wie Minikran, höhenverstellbare Arbeitsbühne, Mauermaschine usw. zu analysieren, ihre positiven Effekte auf die Mauerarbeit mit Schwerpunkt "körperliche Entlastung" zu untersuchen, um sie für die Praxis stärker als bisher nutzbar zu machen und so auf Dauer eine nachhaltige Reduzierung der körperlichen Belastung der Beschäftigten zu erreichen.

2.2 Arbeitsmedizinische Vorinformationen

Durch die Bearbeitung einzelner Risikogruppen der Bauwirtschaft verfügen die Arbeitsmedizinischen Dienste der Bau-Berufsgenossenschaften über medizinische Befunde und Daten zur körperlichen Belastung zahlreicher Berufe (ELLIEHAUSEN et al. 1993), unter anderem für die Maurer (HOFFMANN et al. 1998). So zeigen ASiG-Vorsorgedaten des Muskel-Skelett-Systems von Berufen der Bauwirtschaft (HARTMANN & SEIDEL 2003) für die Maurer hohe Risiken bei der Entstehung von schmerzhaften Muskelverspannungen der LWS, aber auch von schmerzhaften Bewegungseinschränkungen der Knie-, Schulter- und Ellenbogengelenke (Abbildung 2.2-1).

	N	LWS-Muskelhärte	Kniegelenk	Schultergelenk	Ellenbogengelenk
Maurer	19888	7,4	5,0	2,4	1,6
Betonbauer	2873	5,5	4,7	2,5	1,9
Bauhelfer	4252	5,5	3,7	1,9	1,0
Zimmerer	7014	6,9	5,1	2,7	1,8
Installateure	10246	6,8	6,6	2,3	1,5
Maler	9315	6,9	5,3	2,7	1,3
Bürotätigkeit	3596	4,8	4,0	1,3	0,8

Abbildung 2.2-1 Befunde arbeitsmedizinischer Vorsorgeuntersuchungen für Maurer und andere Bauberufe sowie Büroberufe (AMD der Bau-BG Hamburg 1991 bis 1999)

Zur eingehenden Ermittlung körperlicher Belastungen durch Feldstudien in der Bauwirtschaft gingen frühere Studien von „klassischen“ Verfahren der Arbeitsphysiologie, von elektromyografischen Untersuchungen und von Haltungsbeurteilungen aus (LAURIG 1985). Schon 1990 wurde eine Empfehlung zur Begrenzung der Belastungen durch Steingewichte („Merkblatt zur Handhabung von Mauersteinen“ der Bau-BGen; KAISER et al. 1991) erarbeitet. Danach gilt, dass Steine von mehr als 6,0 kg bzw. 7,5 kg Gewicht nur als Zweihandsteine zu vermauern und Steine mit einem Lastgewicht von mehr als 25 kg nur mit Versetzhilfen zu verarbeiten sind. Durch eine Griffhilfe oder Griffmulde als Zugriffsstelle sollen zusätzliche Belastungen vermieden werden.

Eine weitere Begrenzung von Maximallasten ist im Jahr 1997 durch die Selbstverpflichtung der deutschen Zementindustrie, Zement und Fertigmörtel aus deutscher Produktion nur noch in Säcken von maximal 25 kg Gewicht anzubieten, auch für Maurer wirksam erreicht worden.

Um exakte Daten der realen Belastung u.a. für Maurer zu erhalten, haben die Bau-Berufsgenossenschaften von 1996 bis 2000 in einem Forschungsvorhaben zur körperlichen Belastung die Belastungsstrukturen für bestimmte Tätigkeitsfelder repräsentativ nach biomechanischen und handlungsbezogenen Gesichtspunkten untersucht (FLEISCHER et al. 2002). Die Ergebnisse dieser Arbeit zeigen:

- Maurer arbeiten bis zu 3% ihrer Arbeitszeit real (d.h. ohne entlastende Phasen bis zur Aufnahme der nächsten Last) unter LWS-Belastungen ab 3,4 kN, die nach den Richtwerten von NIOSH als schädigend für die Bandscheiben gelten (Abbildung 2.2-2). Diese exakte Belastungszeit kann nur erfasst werden, wenn spezielle Analysesysteme (z. B. CUELA-HTR des BGIA, AEB/ADAB von FLEISCHER, Rechenmodell „Der Dortmundener“ von JÄGER) eingesetzt werden. Schätzungen dagegen liefern wesentlich längere bis zu 10-fache Belastungszeiten. Die Belastungen sind am höchsten bei Maurern, die Zweihandsteine per Hand vermauern. Die ergonomischen Empfehlungen zur Manipulation von Lasten (DIN EN 1005-2 - „Manuelle Handhabung von Gegenständen in Verbindung mit Maschinen und Maschinenteilen“) werden hier bereits bei Arbeiten in Hüfthöhe überschritten.
- Maurer arbeiten bei allen untersuchten Varianten der Steinverarbeitung per Hand zu mehr als 25% der Arbeitszeit in Zwangshaltungen mit Vorbeugung des Rumpfes bzw. in geringem Umfang im Knien und Hocken (Abbildung 2.2-3).

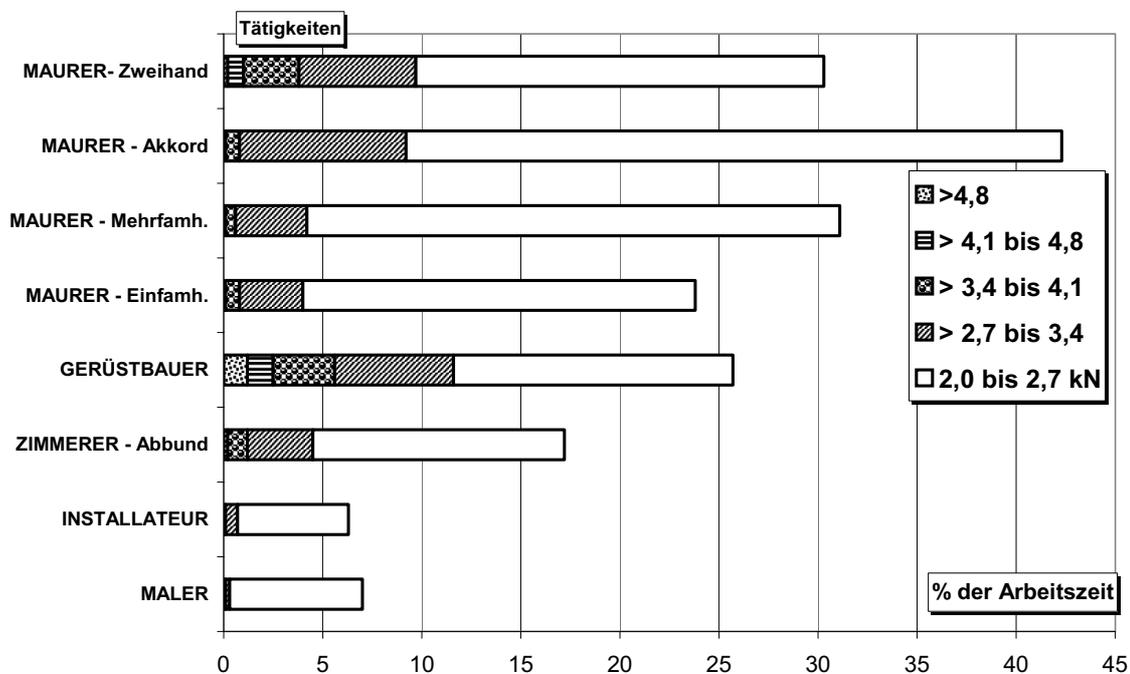


Abbildung 2.2-2

Bandscheibenbelastungen der Maurer und anderer Bauberufe –
Ergebnisse von Feldstudien der Untersuchung von FLEISCHER et al. (2000)

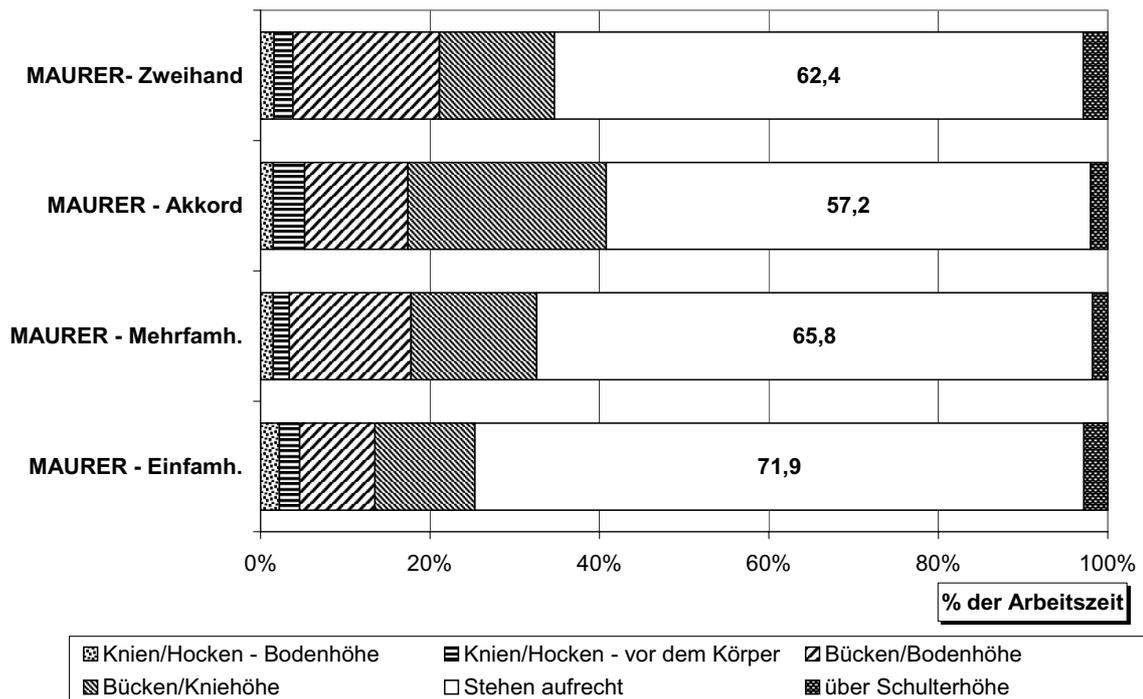


Abbildung 2.2-3 Belastungen der Maurer und anderer Bauberufe durch Zwangshaltungen - Ergebnisse von Feldstudien der Untersuchung von FLEISCHER et al. (2000)

Belastungsabhängige Erkrankungen des Stütz- und Bewegungsapparates werden zuerst durch Schmerzen bei der Arbeit gekennzeichnet. Die Beschwerden bilden den Leidensdruck der Beschäftigten ab und können auf Belastungsursachen und Krankheitsbilder zurückgeführt werden. Aus den Darstellungen der Beschwerden ergeben sich erste Hinweise auf die physischen Arbeitsbelastungen.

Berufsbezogene Topographien der Beschwerden am Körper existieren für Bauberufe aus Schweden (ENGHOLM & ENGLUND 1993), aus den USA (COOK et al. 1996), aus den Niederlanden (ARBOUW 1997) und aus der deutschen Bauwirtschaft (HARTMANN & GÜTSCHOW 2000). Sie zeigen u.a., dass Maurer erhöhte Beschwerderisiken nicht nur im unteren Rücken (LWS), sondern auch an den Knie-, Ellenbogen- und Handgelenken aufweisen (RR = 1,24 bzw. 1,48).

Die arbeitsmedizinische Wirkung dieser Belastungen auf die Gesundheit muss differenziert bewertet werden. Einerseits entstehen hohe und einseitige Belastungen des Muskel-Skelett-Systems und dadurch auch Schmerzen, arbeitsbedingte Erkrankungen und Arbeitsunfähigkeiten. Andererseits tritt ein hoher energetischer Arbeitsaufwand mit allgemeiner Ermüdung und Erschöpfung auf.

Daher ist die Beurteilung der Herzschlagfrequenz über die Arbeitsschicht sowie die Erfassung der subjektiv empfundenen Beanspruchung notwendig.

Arbeitsphysiologische Untersuchungen zeigten bereits 1990 (KYLIAN et al. 1990, Abbildung 2.2-4), dass der Energieumsatz beim Arbeiten mit Versetzhilfen etwa um $\frac{1}{5}$ geringer als bei der Handarbeit ist. Die Autoren hatten den Energieumsatz von Handmaurern und Maurern an Versetzhilfen untersucht und festgestellt, dass das Vermauern von Hand bei vergleichbarer Leistung zu einem vermehrten Sauerstoffverbrauch von $1,19 \pm 0,24$ ml O₂/min gegenüber $0,93 \pm 0,23$ ml O₂/min beim Vermauern mit Versetzhilfe führt.

Studien, die von der Bau-BG Rheinland und Westfalen (Wuppertal) mit dem Institut für Arbeitsphysiologie in Dortmund durchgeführt wurden (HOFFMANN et al. 1998) zeigten, dass die Herzfrequenz der Beschäftigten beim Vermauern schwerer Zweihandsteine an der empfohlenen Maximalgrenze (Dauerleistungsgrenze 110 Schläge/min) lag. Allerdings war sie nicht höher als beim Vermauern kleiner Einhandsteine, da die empfundene Beanspruchung eine überhöhte, die energetische Dauerleistungsgrenze überschreitende Belastung verhindert (KYLIAN et al. 1990). Dennoch waren die Beschwerden am Bewegungsapparat und die Häufigkeiten von Hand-Arm-Bewegungen bei den schweren Steinen stärker als bei den leichten Steinen ausgeprägt.

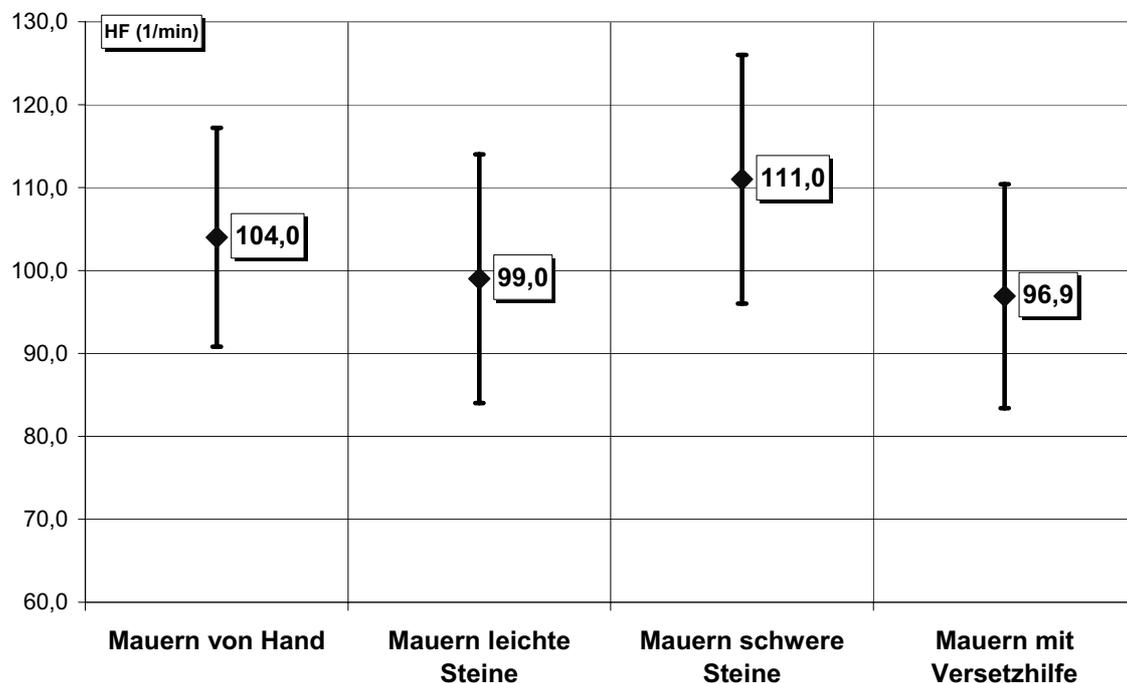


Abbildung 2.2-4

Herzschlagfrequenz der Maurer über die Arbeitsschicht beim Vermauern per Hand bzw. mit Versetzhilfe sowie Verarbeiten kleiner (3-DF) und großer (12 – 16 DF) Steine nach KYLIAN et al. 1990

2.3 Voruntersuchungen auf Baustellen mit Versetzhilfen

Zur Vorbereitung des Projektes „Musterbaustelle – Versetzhilfen im Mauerwerksbau“ wurden Voruntersuchungen auf Baustellen, auf denen Versetzhilfen zum Einsatz kamen, durchgeführt. Frühere Felduntersuchungen zur körperlichen Belastung zeigten, dass beim Vermauern großformatiger Steine 5x häufiger hohe Bandscheibenbelastungen in der Lendenwirbelsäule auftreten als beim Vermauern von Einhandsteinen.

2.3.1 Vorstudie Versetzhilfen 2001

Ziel einer technischen Voruntersuchung im Jahr 2001 war es, die Anwendungsbedingungen von Versetzhilfen (Minikran, Mauermaschine) im Unterschied zum Vermauern von Hand bei der Verarbeitung von Zweihandsteinen auf Baustellen zu analysieren. Mit einem standardisierten Erhebungsbogen wurden 94 Baustellen untersucht. Auf 64 Baustellen wurden Minikrane eingesetzt, auf 7 Baustellen Mauermaschinen und auf 23 Baustellen wurden großformatige Steine per Hand vermauert.

Die wichtigsten Ergebnisse dieser Voruntersuchung waren:

- Minikrane haben bisher die größte Verbreitung gefunden, während Mauermaschinen noch relativ selten anzutreffen sind.
- Mit großformatigen Steinen und Versetzhilfen arbeiten vorwiegend Unternehmen mit mehr als 20 Beschäftigten auf Baustellen von Mehrfamilienhäusern.
- Die Versetzhilfen werden in der Regel komplett montiert angeliefert und während des Baufortschritts mit dem Turmdrehkran versetzt.
- Steinsägen wurden auf ca. $\frac{2}{3}$ der Minikran-Baustellen und auf allen Baustellen mit Mauermaschine angetroffen.
- Kimmschichter, Klebemörteltröge und Mörtelschlitten wurden auf Baustellen, auf denen per Hand gemauert wurde, kaum verwendet.
- Der verbliebene Anteil von Hand vermauerter großformatiger Steine auf Baustellen ohne Versetzhilfen beschränkt sich nicht nur auf Gewichte zwischen 15 und 25 kg, sondern es werden auch noch größere Steine von mehr als 25 kg von Hand vermauert.
- Einweisungen und technische Unterstützung erfolgen bisher überwiegend durch die Hersteller der Versetzhilfen.

Auf den Baustellen wurde folgende technische Ausrüstung verwendet:

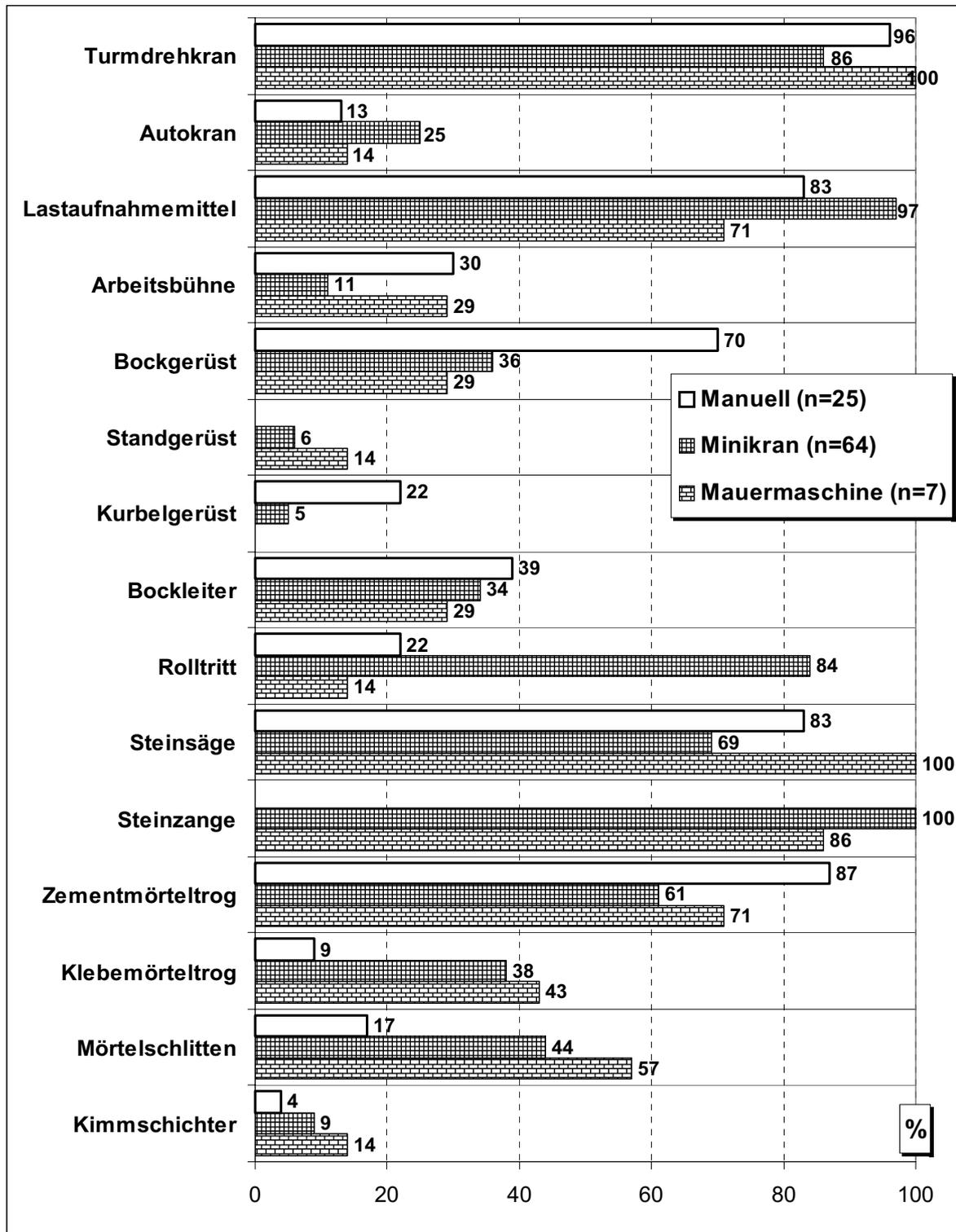


Abbildung 2.3.1 Technische Ausrüstung auf den Baustellen bei der Voruntersuchung 2001

Die allgemeine Akzeptanz von Minikranen und Mauermaschinen ist auf den Baustellen groß, auf denen diese Versetzhilfen eingesetzt werden. Das betrifft Unternehmer und Aufsichtsführende ebenso wie die Beschäftigten selbst. Im Vordergrund der hohen Akzeptanz (85% der Befragten) stehen neben den wirtschaftlichen auch die ergonomischen Vorteile:

- Etwa 60% der Unternehmer und etwa 80% der Poliere erkennen ergonomische Vorteile.
- Unter den Beschäftigten beträgt die Akzeptanz für ergonomische Hilfsmittel fast 100%.
- Beschäftigte auf Baustellen ohne Versetzhilfen erwarten dagegen nur zu ca. 30% ergonomische Vorteile durch Versetzhilfen.

Die vermuteten Nachteile, die durch den Einsatz von Versetzhilfen angeblich entstehen, wie der größere technische Aufwand und Schwierigkeiten beim Herstellen von kompliziertem Mauerwerk, spielten keine herausragende Rolle bei den Antworten der Anwender. Auch Gebäude mit stark gegliedertem Mauerwerk wurden häufig mit Versetzhilfen errichtet.

Systematische Untersuchungen über die ergonomischen und wirtschaftlichen Vorteile der Versetzhilfen sowie über die notwendigen Rahmenbedingungen für ihren Einsatz liegen bisher nicht vor. Die sachgerechte Heranführung von Bauunternehmen an die Versetzhilfen liegt bisher weitgehend allein in der Hand der Hersteller.

Zusätzliche präventive Effekte im Arbeits- und Gesundheitsschutz können nur aus der umfassenden Sichtweise und interdisziplinären Zusammenarbeit der Bau-Berufsgenossenschaften ermittelt werden und sind deshalb bisher nicht bekannt. Gerade sie wären aber notwendig, um den Verbau großformatiger Steine per Hand zukünftig noch mehr zu reduzieren und die Anwendung von Versetzhilfen weiter zu fördern.

Für eine weitere Beschreibung der Rahmenbedingungen für den Einsatz von Versetzhilfen konnten Daten einer Erhebung der Technischen Aufsichtsdienste der Bau-Berufsgenossenschaften zum Thema „Arbeiten auf Bockgerüsten und Arbeiten an Absturzkanten“ herangezogen werden (Kapitel 2.3.2).

2.3.2 Schwerpunktaktion Bockgerüste 2002

Im Jahr 2002 untersuchten die Technischen Aufsichtsdienste der Bau-Berufsgenossenschaften bundesweit auf 6197 Baustellen im Rahmen der Schwerpunktaktion „Bockgerüste“ das Arbeiten an und auf Baugerüsten sowie das Mauern an Absturzkanten. Dabei wurden die erhobenen Daten nach den folgenden Schwerpunkten ausgewertet:

- Material (Ziegelsteine, Kalksandsteine, Leichtbeton)
- Gewichte (unter 10 kg, 10-15 kg, 15-20 kg, 20,25 kg, 25-30 kg, 30-50 kg, über 50 kg)
- Verfahren (manuelles Mauern, Mauern mit Versetzhilfen)
- Bauvorhaben (Einfamilienhaus, Mehrfamilienhaus, Industrie- und Gewerbebau, Ingenieurbau, Bürohausbau, sonstige Bauvorhaben)

Materialverteilung auf den untersuchten Baustellen:

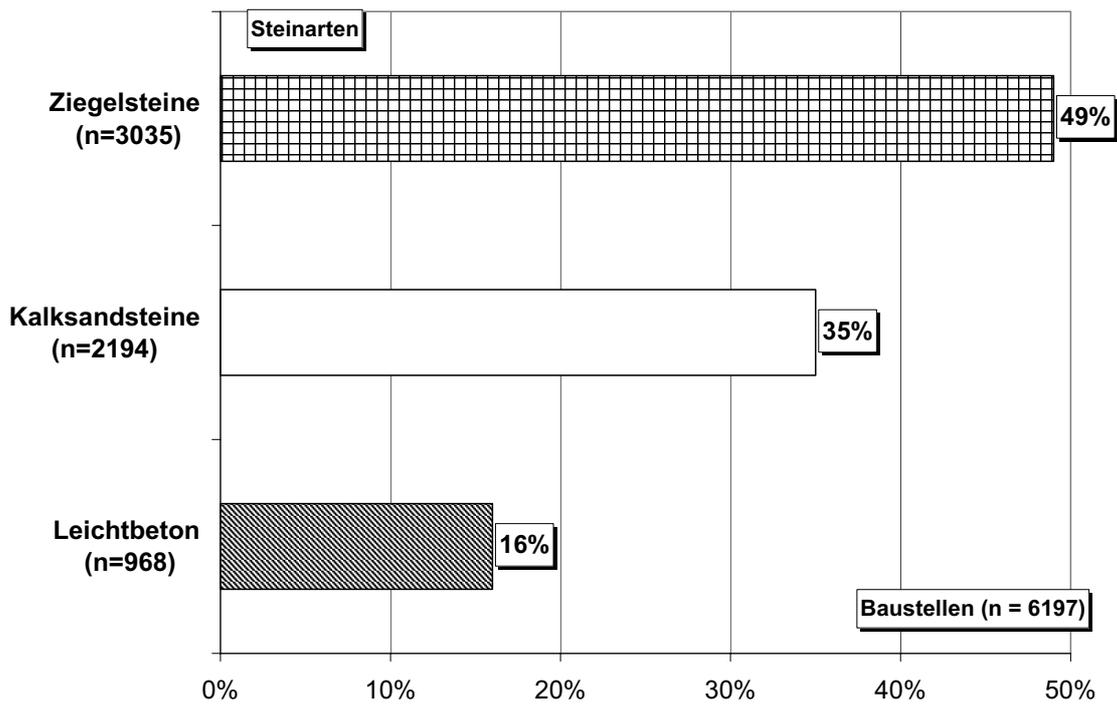


Abbildung 2.3.2-1

Verteilung der verwendeten Steinarten

Für die Verteilung der verwendeten Materialien ergibt sich:

- Am häufigsten auf den 6197 überprüften Baustellen wurden Ziegelsteine (49%) verarbeitet, gefolgt von Kalksandsteinen (35%) und Leichtbetonsteinen (16%).

Steingewichtsverteilung:

Neben der Verteilung der verarbeiteten Steinarten ist insbesondere die Verteilung der Steingewichte von Interesse. Für die Auswertung wurde eine Einteilung in 3 Gewichtsklassen vorgenommen:

- 0 – 15 kg
- 15 – 25 kg
- 25 kg

Hierbei lag folgende Überlegung zugrunde:

Steingewichte über 25 kg dürfen nach dem Merkblatt „Handhaben von Mauersteinen“ nur mit Versetzhilfen verarbeitet werden. Für Steingewichte von 15 – 25 kg ist der Einsatz von Versetzhilfen zu empfehlen, da Untersuchungen im Rahmen der sog. „Fleischer-Studie“ gezeigt haben, dass bereits bei Steinen mit 15 kg eine erhebliche Wirbelsäulenbelastung auftritt. Steingewichte unter 15 kg können aus ergonomischer Sicht weitgehend ohne Versetzhilfen zweihändig verarbeitet werden.

Für Ziegelsteine ergibt sich folgende Gewichtsverteilung:

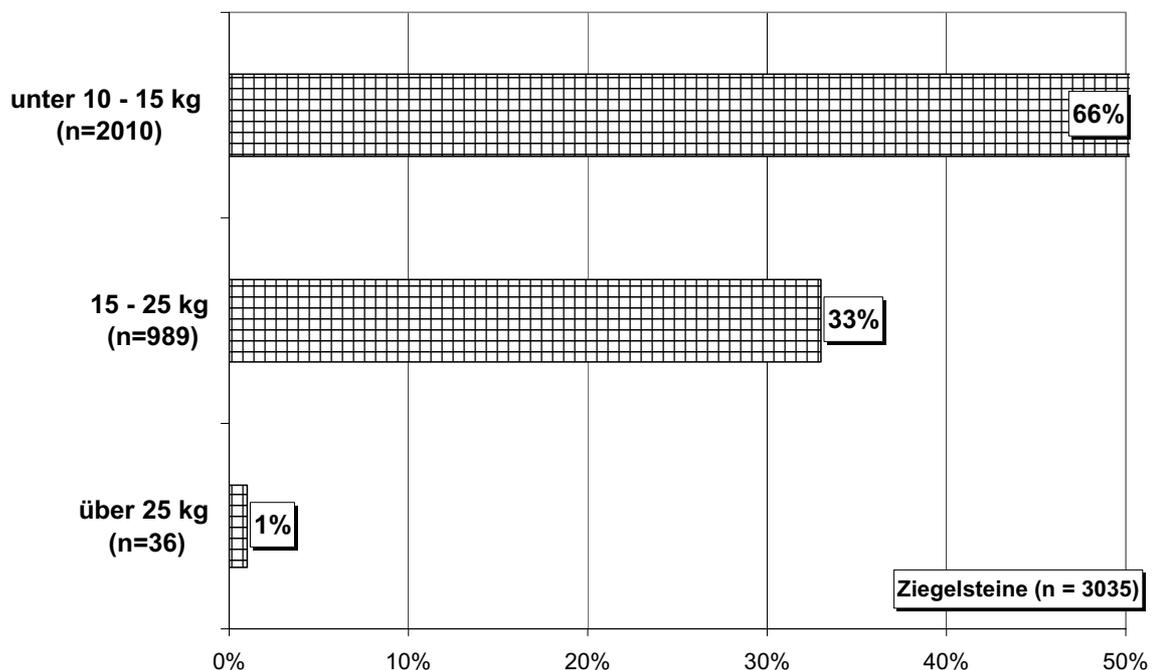


Abbildung 2.3.2-2

Verteilung der Steingewichte auf Baustellen mit Ziegelsteinen

- Steingewichte über 25 kg wurden auf 1% der Ziegelstein-Baustellen verbaut und hätten den Einsatz einer Versetzhilfe erforderlich gemacht.
- Auf 33% der Ziegelstein-Baustellen, die Steingewichte zwischen 15 bis 25 kg verarbeiteten, wäre der Einsatz einer Versetzhilfe wünschenswert gewesen.
- Tatsächlich wurde auf allen Baustellen mit Ziegelsteinen (3035) nur in 3% der Fälle mit Versetzhilfen gearbeitet.

Die Verteilung der Steingewichte für Kalksandsteine ergibt folgendes Bild:

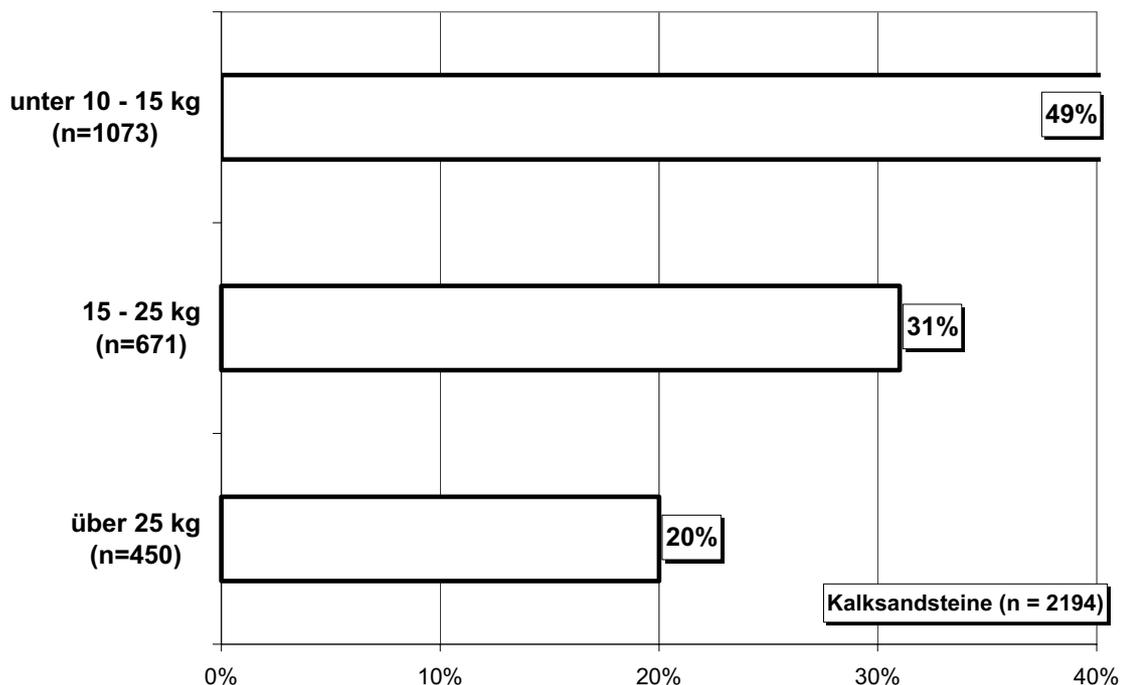


Abbildung 2.3.2-3

Verteilung der Steingewichte auf Baustellen mit Kalksandsteinen

- Bei 20% der Kalksandstein-Baustellen mit Steingewichten über 25 kg wäre der Einsatz einer Versetzhilfe erforderlich gewesen.
- Bei 31% der Kalksandstein-Baustellen mit Steingewichten zwischen 15 bis 25 kg wäre die Verwendung einer Versetzhilfe wünschenswert gewesen.
- Real wurde nur in 27% der Fälle auf den Kalksandstein-Baustellen (2194) mit Versetzhilfen gearbeitet.

Für die Leichtbetonsteine ergibt sich folgende Gewichtsverteilung:

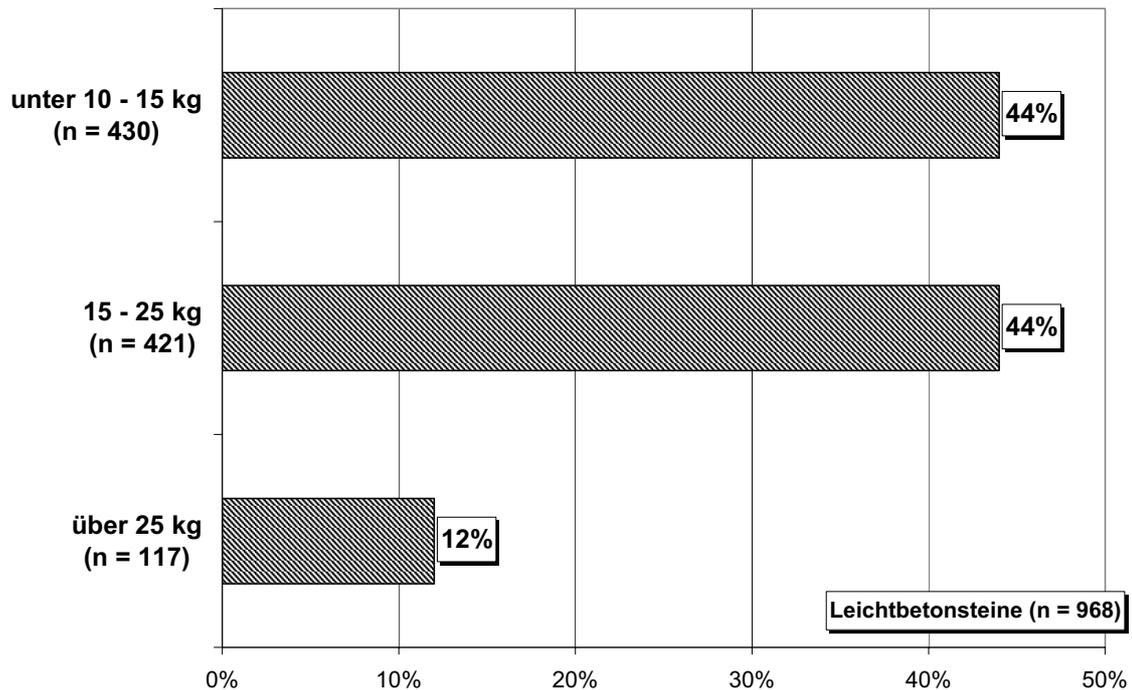


Abbildung 2.3.2-4:

Verteilung der Steingewichte auf Baustellen mit Leichtbetonsteinen

- Gewichte über 25 kg kamen auf 12% der Leichtbetonstein-Baustellen vor und hätten den Einsatz einer Versetzhilfe erforderlich gemacht.
- Bei 44% der Leichtbetonstein-Baustellen mit Lastgewichten zwischen 15 kg bis 25 kg wäre die Verarbeitung mit einer Versetzhilfe wünschenswert gewesen.
- Nur in 15% der Fälle wurden auf den Leichtbetonstein-Baustellen Versetzhilfen eingesetzt.

Fazit

Zur Zeit werden die technischen Möglichkeiten einer Reduzierung der körperlichen Belastungen im Mauerwerksbau durch Versetzhilfen noch nicht ausreichend genutzt.

- Nach wie vor werden relativ schwere Steine zwischen 15 kg und 25 kg von Hand ohne Versetzhilfen vermauert (weitere Studien-Ergebnisse siehe Anhang).
- Versetzhilfen werden bisher hauptsächlich bei großformatigen Steinen deutlich über 25 kg eingesetzt.
- Wünschenswert wäre der Einsatz von Versetzhilfen wegen der hohen LWS-Belastung beim Zweihandmauern spätestens bereits ab einem Gewicht von 15 kg.

Der Anteil der verarbeiteten großformatigen Steine, die nur maschinell verlegt werden können, ist noch nicht sehr groß und es ist hauptsächlich die Kalksandsteinindustrie, die großformatige Elemente anbietet.

Der Einsatz von Versetzhilfen ist bei den drei im Rahmen der Schwerpunktaktion „Bockgerüste“ am häufigsten angetroffenen Steinmaterialien sehr unterschiedlich:

- An der Spitze liegen die Baustellen, auf denen Kalksandsteine vermauert wurden. Auf ca. 27% aller Kalksandstein-Baustellen wurde mit Versetzhilfen gemauert.
- Auf den Baustellen mit Leichtbetonmauersteinen lag der Einsatz von Versetzhilfen bei ca. 15%.
- Auf den Ziegelstein-Baustellen wurde nur auf rund 3% der Baustellen mit Versetzhilfen gemauert.

Hätte man auf den untersuchten Baustellen konsequent bereits bei Steinen mit einem Gewicht über 15 kg mit Versetzhilfen gearbeitet, hätte der Anteil der Baustellen mit Versetzhilfen

- bei den Kalksandsteinen auf 51% (Zuwachs von 24%),
 - bei den Ziegelsteinen auf 34% (Zuwachs von 31%) und
 - bei den Leichtbetonsteinen auf 56% (Zuwachs von 41%)
- steigen können.

3. Ziel der Untersuchungen

Der Arbeitsbereich Ergonomie der Bau-Berufsgenossenschaften hatte im Jahr 2002 den Einsatz von Versetzhilfen darauf untersucht, welche Vorteile diese

- aus medizinisch-ergonomischer Sicht für die Entlastung des Beschäftigten haben,
- aus technischer und betriebswirtschaftlicher Sicht für das Unternehmen haben und
- welche Rahmenbedingungen der Baustelle für ihren Einsatz erforderlich werden.

Bundesweit sollten dazu „Musterbaustellen“, auf denen Versetzhilfen wie Minikrane bzw. Mauermaschinen eingesetzt werden, eingehend untersucht werden. Bereits in der Arbeit mit Versetzhilfen erfahrene Bauunternehmen sollten die Baustellen für diese Untersuchung zur Verfügung stellen. Ein Dreier-Team aus Techniker, Ergonomin und Arbeitsmediziner sollte diese Bauvorhaben begleiten, um die Belastungen und Beanspruchungen der Maurer zu ermitteln. Gleichzeitig sollten die Leistungen und Kosten sowie sicherheitstechnische Aspekte der Arbeitsweise, Aspekte der Organisation und der Rahmenbedingungen der Baustellen dokumentiert werden. Ebenso sollten auch die Erfahrungen der Hersteller von Versetzhilfen und Zweihandsteinen genutzt werden.

Für die Beanspruchung der Maurer interessierte besonders:

- a) Sind beim Einsatz von Versetzhilfen die Belastungen des Rückens durch schwere Steine und durch dauerhaftes Bücken geringer als beim Vermauern von Hand ?
- b) Treten Rückenschmerzen seltener auf ?
- c) Ist die Anstrengung und Ermüdung der Schultern, Arme und Hände beim Einsatz von Versetzhilfen geringer als bei der Handarbeit ?
- d) Schafft der Einsatz von Versetzhilfen auf der Baustelle günstigere persönliche Rahmenbedingungen als das herkömmliche Mauern ?

Für die Aufwendungen des Bauunternehmens interessierte besonders:

- a) Welche Voraussetzungen sind bei der Organisation und Einrichtung der Baustelle notwendig, damit es einen reibungslosen und technisch sicheren Bauablauf gibt ?
- b) Welche sicherheitstechnischen Konsequenzen ergeben sich aus dem Einsatz von Versetzhilfen für das Unternehmen ?
- c) Welche Anforderungen müssen an ein Bauobjekt gestellt werden, um es wirtschaftlich mit Versetzhilfen herzustellen ?
- d) Wird das Vermauern mit Versetzhilfen produktiver als per Hand ?
- e) Welche Qualifikationen muss das Personal aufweisen ?

Die Bau-Berufsgenossenschaften erfüllen mit dieser arbeitswissenschaftlichen Untersuchung eine Aufgabe im Rahmen der Prävention arbeitsbedingter Gesundheitsgefahren.

Es ist zu erwarten, dass durch den Einsatz von Versetzhilfen:

- die Rückenschmerzen der Maurer zurückgehen,
- die Ausfallzeiten wegen Muskel-Skelett-Erkrankungen verringert werden und
- die Berufskrankheit 2108 (bandscheibenbedingte Erkrankungen der Lendenwirbelsäule) seltener auftritt.

4. Methodik

- Konzept und Organisation der Untersuchungen

4.1 Arbeitswissenschaftliche Systemanalyse

Das Arbeitssystem ist die arbeitswissenschaftliche Beschreibung des Zusammenhanges zwischen dem Menschen am Arbeitsplatz und seinen Arbeitsmitteln. Von ihnen gehen gegenseitige Wirkungen aus, die im Sinn des Menschen soweit zu optimieren sind, dass die wesentlichen Elemente der Gestaltungsgüte von Arbeit – ihre Ausführbarkeit, Schädigungslosigkeit, Beeinträchtigungsarmut und Persönlichkeitsförderlichkeit – erfüllt werden (HACKER 1995).

Die klassische Vorgehensweise zur Bewertung von Arbeitssystemen nutzt das Belastungs-Beanspruchungs-Konzept: Jeder Arbeitsplatz ist durch äußere Bedingungen gekennzeichnet, die für jedes dort tätige Individuum gleich sind (Belastung), auf die aber in Abhängigkeit von den individuellen Eigenschaften und Fähigkeiten verschiedenartig reagiert wird (Beanspruchung).

Aus präventiver Sicht sind für die ergonomischen Empfehlungen zum Einsatz von Arbeitsmitteln neben gesundheitlichen Wirkungen als weitere Kriterien zu berücksichtigen:

- die Wirtschaftlichkeit der vorgeschlagenen Lösungen,
- ihre organisatorische Umsetzbarkeit im jeweiligen Wirtschaftszweig,
- die Erfüllung der sicherheitstechnischen Voraussetzungen zur unfallfreien Nutzung

Für jede dieser Betrachtungsebenen wurden Methoden zusammengestellt, die vom Einsatzteam gleichzeitig auf der Baustelle überprüft wurden.

4.2 Belastungs- und Beanspruchungsanalyse

Um den unterschiedlichen und komplexen Wirkungen der Arbeit auf die Gesundheit gerecht zu werden, waren Methoden der Belastungs- und Beanspruchungsanalyse eingesetzt worden, die

- sowohl die kurzfristigen als auch die langfristigen Wirkungen messen,
- die Wirkungen der Beanspruchung am Muskel-Skelett-System sowie im Bereich des Energieaufwandes und des Herz-Kreislauf-Systems erfassen und
- die subjektiv erlebten Beanspruchungen einbeziehen.

Es wurden folgende Beanspruchungsebenen geprüft:

- a) Belastungen des Stütz- und Bewegungsapparates
 - LWS-Bandscheiben-Belastung
 - Belastung der Rücken- und der Schulter-Nacken-Muskulatur durch Zwangshaltungen
 - Belastung der Schulter-Nacken-Muskulatur durch Zwangshaltungen
 - Belastung der Kniegelenke durch Knien und Hocken
 - Hand-Arm-Belastung durch repetitive Arbeiten

Zur Beurteilung wurde die Tätigkeitsanalyse des AEB (FLEISCHER et al. 2000), die im Forschungsvorhaben „Organisations- und Belastungsstruktur der Bauarbeit“ entwickelt worden war, eingesetzt (Kapitel 4.2.1).

- b) Allgemeine energetische Beanspruchung (Schwerarbeit)

Der Energieverbrauch steht in linearer Beziehung zur Steigerung der Herzschlagfrequenz. Die Methode zur Beurteilung der Arbeitsschwere ist deshalb die ganzschichtige Herzfrequenzverlaufsanalyse der Beschäftigten simultan zur biomechanischen Analyse.
- c) Empfundene Beanspruchung

Beanspruchungen als individuelle Belastungsreaktionen werden zunächst vorwiegend subjektiv erlebt, bevor sie zu äußerlich erkennbaren und von Dritten meßbaren Veränderungen führen. Die empfundene Anstrengung wird mit der BORG-Skala bestimmt.
- d) Psychische Folgen der Belastungen

Für die Ermittlung eventuell vorhandener oder sich entwickelnder psychischer Fehlbelastungen wird ein vereinfachtes Fragebogeninstrument genutzt, das sich an die Erhebungsmethode von G. RICHTER für psychische Fehlbelastungen – Ermüdung, Monotonie, psychische Sättigung und Stress – anlehnt.

4.2.1 Belastungen des Stütz- und Bewegungs-Systems

Für die Beurteilung der Belastungen des Bewegungsapparates wurde das Analyseverfahren AEB (Arbeitswissenschaftliches Erhebungsverfahren für Bauarbeiten) von FLEISCHER et al. (1996) entwickelt und in zwei Forschungsansätzen des Bundesministeriums für Wissenschaft und Forschung bis 1994 sowie von der Arbeitsgemeinschaft der Bau-Berufsgenossenschaften von 1995 bis 2000 gefördert. Es handelt sich hierbei um ein erprobtes Verfahren zur Ermittlung der Belastungs- und Zeitstruktur, aus dem die wichtigsten Belastungen, Bedingungen der Lastenmanipulation sowie die Zwangshaltungen im Stehen, Knien und Hocken abgeleitet werden können (Abbildung 4.2.1-1).



Abbildung 4.2.1-1

Parameter zur Beschreibung der Arbeitsbelastung im Verfahren AEB (FLEISCHER et al. 2000)

Durch die Nutzung der bereits 1992 entwickelten AEB-Erhebungstechnik wurden von einer Ergonomie-Fachkraft die Komponenten der Belastung ganzschichtig beobachtet und mit Hilfe des Digitalisierbretts von AEB (Abbildung 4.2.1-2) aufgenommen.

**AEB - Erhebung
Maurer**

HT₁ (Haupttätigkeit) **T₁** (Tätigkeit)

Mauern 1		andere Bau-tätigkeiten 15	
Holzbearbeitung		Bodenbearbeitung	Metallbearbeitung
Trennen Schneiden Sägen 1	Hobeln 6	Hacken 11	Biegen 15
Bohren 2	Schrauben 7	Schaufeln 12	Streichen Spritzen 19
Stemmen 3	Nageln Hämmern Klopfen 8	Verteilen Verdichten 13	Wischen Reiben 24
Schlagen 4	Abziehen Glätten 14	Schweißen 17	Glätten Kratzen Verfugen 25
Brächen Hebeln 9	Manipulationsweise M ₁	Fegen 21	Richtschnur versetzen 26
	Maschine 1	Heizen Flämmen Kleben 18	Kran be- entladen 27
	von Hand 2	Führen von Bau- maschinen 22	Positionieren 23
		Loten Messen 28	
		Allgemeines	
		? Anderes 29	
		Unterbrechen Planen Warten 31	
		Orts- wechsel 32	
		Pause 30	
		Hilfsmittel H₁	
		Person 1	
		Gerät 2	

Tätigkeit / Last TL₁

Last aufnehmen Last absetzen, abwerfen, fallenlassen

1 <5 kg	2 5-10 kg	3 10-20 kg	4 20-30 kg	5 30-50 kg	6 >50 kg
---------	-----------	------------	------------	------------	----------

T₂ Halten / Tragen der Last

7 Teil - Last	8 Gesamtlast letzte Teil - Last
---------------	------------------------------------

Gestalt der Last GL₁

1 lang dünn	4 Eimer
2 Sack	5 Stein(e) Kiste
3 flächig	6 ? andere Gestalt

Arbeitsort Ao₁

1 ebenerdig	4 Treppe hinauf
2 auf dem Gerüst	5 Treppe hinab
3 auf der Leiter	6 ? anderer Arbeitsort

Arbeitsobjekt At₁

1 Flucht
2 Ecke
3 kompliziertes Mauerobjekt

Arbeitshöhe K2₁

7 über Kopf	6 Augen- höhe	5 Brust- höhe	4 Hüft- höhe	3 Knie- höhe	2 Boden- höhe	1 unter Standfläche
----------------	------------------	------------------	-----------------	-----------------	------------------	------------------------

Beinstellung K1₁

1 stehend	2 hockend
3 kniend (ein)	4 kniend (beide)
5 kniend stehend	6 sitzend

Besonderheiten K3₁

1 körper- fern	2 stark gedreht	3 stark geneigt	4 ab- gestützt
-------------------	--------------------	--------------------	-------------------

Beugtheit BE₁

1 wenig
2 stark

TK2₁ (Tätigkeit / Arbeitshöhe)

<input type="checkbox"/> Stein aufnehmen	<input type="checkbox"/> Mörtel aufnehmen	<input type="checkbox"/> Mörtel aufbringen	<input type="checkbox"/> Stein absetzen
1 Boden- höhe	4 Boden- höhe	7 Boden- höhe	12 Boden- höhe
2 Knie- höhe	5 Knie- höhe	8 Knie- höhe	13 Knie- höhe
3 Hüft- höhe	6 Hüft- höhe	9 Hüft- höhe	14 Hüft- höhe
1 DF Voll-KS 1	2 DF Voll-KS 4	3 DF Voll-KS 7	
Verblend- stein 2	2 DF Loch-KS 5	3 DF Loch-KS 8	
Ytong- stein 3	Stein > 8,5 kg 6	anderer Stein 9	
			Brust- höhe 10
			Brust- höhe 13
			Augenhöhe über Kopf 11
			Augenhöhe über Kopf 16

St₁ (Steinsorte)

Mörtel abstreifen verteilen T ₃₄
Stein trennen T ₃₅
Auf- richten T ₃₄

Abbildung 4.2.1-2

AEB-Digitalisierbrett mit Erhebungsbogen des Maurers

Auf dem AEB-Digitalisierungstablett wird mit einem speziellen Registrierstift jeder einzelne Arbeitsschritt, jede Änderung der Arbeitshaltung und jede Bewegung des Maurers genau festgehalten. Jede Tätigkeitskategorie mit ihren Attributen wird durch ein Feld mit Schrift und Symbol auf dem Tablett repräsentiert. Durch Antippen der Felder entstehen so Rohdaten, die mit einem kleinen Handcomputer „Palmtop“ aufgezeichnet werden.

Diese Rohdaten können später in einer spezifischen Belastungsdatenbank namens ADAB (Allgemeines Datenerfassungs- und Analysesystem für Bauarbeit) verarbeitet und ausgewertet werden. In dieser Datenbank sind alle in bisherigen Felduntersuchungen ermittelten Einzeldaten zusammengefaßt und vergleichbar gemacht worden.

Die ADAB-Datenbank ermöglicht verschiedene Auswertungsmöglichkeiten pro aufgenommenen Rohdatei und Person. Die Autoren haben unter Verwendung von biomechanischen Belastungskurven des sog. „DORTMUNDER“ (JÄGER et al. 1996) eine Beurteilung der Bandscheibenbelastung bzw. der mit ihr zusammenhängenden Belastung der Rückenmuskulatur vorgenommen. Ein Datenblatt wird erstellt, das die wichtigsten Aussagen in 10 Schwerpunkten präsentiert (Abbildung 4.2.1-3). Darüber hinaus können zwischen 22 - 27 Zusatzauswertungen durchgeführt werden, in denen spezielle Zeitstrukturen und die Anzahl der ausgewerteten Einzeleingaben angegeben werden. Zusätzlich zu jeder Auswertung sind auch grafische Darstellungen abrufbar (Abbildung 4.2.1-4). Einzelheiten der Anwendungsbedingungen von AEB und der Übertragung und Auswertung in ADAB sind dem Bericht von FLEISCHER (2000) zu entnehmen.

Die Kennzeichnung der gesundheitlichen Risiken für die einzelnen Belastungsaspekte geschieht durch die Darstellung von Häufigkeit und Dauer. Die Belastungen der einzelnen Regionen des Stütz- und Bewegungsapparates wurden nach den Hauptbelastungsformen:

- Gefahr von Bandscheibenschäden,
- Dauerzwangshaltungen verschiedener Körperregionen,
- Repetitive Arbeiten

untersucht und ausgewertet. Die Ergebnisse wurden mit den Daten der Studie von FLEISCHER et al. (2000) verglichen.

Um die medizinisch-ergonomischen Vorteile zu betrachten, wurden folgende Hypothesen aufgestellt:

Der Einsatz von Maschinen zum Verbau großer Steine vermindert die Anteile der körperlichen Belastungen zugleich für:

- die Gefahr von Bandscheibenschäden,
- die Gefahr für Schmerzen durch Dauerzwangshaltungen verschiedener Körperregionen,
- die Gefahr von Überlastungsbeschwerden der Knie- und Hüftgelenksregion,
- die Gefahr von Überlastungsbeschwerden im Schulter- und Ellenbogengelenks-Bereich durch repetitive Arbeiten

Nr.	ADAB - Datenblatt
1	Verwendete Steinformate
2	Zeitanteile der Teiltätigkeiten
3	Bewegte Einzellasten nach Häufigkeit und Dauer
4	Statische Belastungen der unteren LWS
5	Dynamische Belastungen der unteren LWS
6	Belastende Körperhaltungen
7	Belastung des Hand-Arm-Systems
8	Erläuterung der wichtigsten repetitiven Belastungen
9	Statische Dosisberechnungen der LWS-Belastungen
10	Dynamische Dosisberechnungen der LWS-Belastungen

Abbildung 4.2.1-3

Datenblatterzeugung in ADAB

Nr.	ADAB - Zusatzauswertungen	
1	Prozentuale Zeitanteile der reg. Tätigkeiten	12 Häufigkeit Mörtel aufnehmen (1/h)
2	Tätigkeit an Arbeitsorten (Zeitanteile in %)	13 Häufigkeit Stein absetzen (1/h)
3	Registrierte Arbeitshöhen (Zeitanteile in %)	14 Häufigkeit Mörtel absetzen (1/h)
4	Registrierte Beinstellungen (Zeitanteile in %)	15 Häufigkeit Materialaufnahme-Ablage (1/h)
5	Häufigkeits-Zeit-Intervalle der Arbeitshöhen (sec.)	16 Häufigkeit Last-Zeit-Intervalle (sec.)
6	Häufigkeiten der Arbeitshöhenübergänge (1/h)	17 Bewegte Einzellasten (kg)
7	Lasten vermauerten Materials (kg)	18 Häufigkeit Last-Intervalle (sec.)
8	Häufigkeiten vermauerten Materials (1/h)	19 Lastvektor
9	Gegenüberstellungen der Lasten (kg)	20 Lineare LWS-Dosis – statisches Modell
10	Gegenüberstellungen der Häufigkeiten (1/h)	21 Lineare LWS-Dosis – dynamisches Modell
11	Häufigkeiten Stein aufnehmen (1/h)	22 Modell - Stauchung

Abbildung 4.2.1-4

Zusatzauswertungen in ADAB

4.2.2 Allgemeine Energetische Beanspruchung – Herzfrequenzanalyse

Um den physiologischen Aufwand und den muskulären Energiebedarf beurteilen zu können, wurde die Herzfrequenz aufgenommen und ausgewertet. Die Herzfrequenz stellt sich bei gesunden, leistungsfähigen und beruflich eingeübten Personen proportional zum Energieaufwand durch die Arbeit ein (HARTMANN 2002).

Das Ziel dieser Untersuchungsmethodik ist die Feststellung der Höhe der physiologischen Gesamtbelastung, die zur körperlichen Ermüdung bzw. Erschöpfung führen kann.

Die Hypothese lautet:

„Durch den Einsatz von Versetzhilfen vermindert sich die körperliche Gesamtbelastung erheblich.
Dieser Effekt wird auch durch die höhere erwartete Volumenleistung im Mauerwerksbau nicht aufgehoben.“

Auf der Baustelle wurde das Herzfrequenzprofil bei dem Beschäftigten aufgezeichnet, dessen Tätigkeiten am gleichen Tag auch durch die Ergonomin beobachtet und auf dem AEB-Digitalisierbrett kodiert wurden.

Für die Herzfrequenzmessungen wurde ein einfacher HF-Recorder (BHL 6000 der Firma medNatic) verwendet. Das Gerät mit einem Eigengewicht von 80 g zeichnet die Abstände der Herzintervalle aus den jeweils höchsten Signalen des EKG (der R-Zacke) - auf und bestimmt so die „Herzperiodendauer“ zwischen 2 Herzschlägen. Die in Millisekunden-Genauigkeit ermittelten Daten können entweder direkt oder bei einer Meßdauer über 4 Stunden als Mittelwerte aus 8 aufeinander folgenden Herzschlägen gespeichert werden. Zur Aufnahme wurde jeder Beschäftigte mit 3 Brustwandelektroden beklebt, die durch einen Brustgurt gesichert wurden.

Da es sich bei der Herzfrequenzanalyse um die Abschätzung einer Belastung durch die Messung einer individuellen physiologischen Beanspruchung handelt, mußten ärztliche Voruntersuchungen aller Probanden durchgeführt werden. Als Voruntersuchungsdaten interessierten für die Interpretation der Ergebnisse:

- das Lebensalter, die Größe, das Gewicht, der Body-Mass-Index (BMI) und somit das Übergewicht sowie der Ruheblutdruck und die Herzfrequenz vor der Untersuchung,
- zusätzlich mußten bestimmte Erkrankungen und vegetativ dämpfende Medikamente ausgeschlossen werden.

Untersuchungsbegleitend wurden Umgebungsbedingungen mit wesentlichen Einflußmöglichkeiten auf das Meßergebnis erfaßt. Als konkurrierende Faktoren sind dabei

- der Umgebungslärm, soweit dieser mehr als 80 db erreicht und
 - die Klimabelastung – insbesondere mögliche Hitzebelastungen
- zu beachten.

Zur Interpretation der Herzfrequenzdaten ist eine tätigkeitsbezogene Kodierung der Zeitabschnitte erforderlich (Abbildung 4.2.2). Der Genauigkeitsgrad der Zeitkodierung ist der Geschwindigkeit der Umstellung der Herzfrequenz auf veränderte Belastungssituationen anzupassen und liegt damit im Bereich von ca. 1 Minute. Zeitabschnitte von weniger als 5 Minuten können wegen der nachgehenden Umstellung nur ungenau, Zeitabschnitte von weniger als 1 Minute praktisch gar nicht durch die Herzfrequenz abgebildet werden. Für einen zeitsynchronen Start der Aufzeichnung zwischen der AEB-Beobachtung und der HF-Aufzeichnung wurde durch die Ergonomin gesorgt.

1	Mauern tief (Knie)	4	Lastentransport > 5 kg	7	Stemmarbeiten	10	Ortswechsel Leiter/Tritt ohne Last
2	Mauern mittel (Brust)	5	Messen / Justieren	8	Sonstige Arbeiten	11	Unterbrechung
3	Mauern hoch (>Schulter)	6	Handwerksarbeit	9	Ortswechsel eben	12	Pause
13	Mauern tief / Tritt						
14	Mauern mittel / Tritt						
15	Mauern hoch / Tritt			20	BHL-Störung	30	ENDE BHL-Störung

Abbildung 4.2.2

Kodierungsschlüssel der Tätigkeiten für die Herzfrequenz-Überwachung

Im Zusammenhang mit der Voruntersuchung wurden die Beschäftigten mit dem Fragebogen „Vorbereitungsfragen zur Messung“ auch nach ihren vergleichenden Einschätzungen der Belastungen durch die Arbeit mit der Versetzhilfe gegenüber der Arbeit beim Vermauern per Hand befragt.

Vorbereitungsfragen zur Messung		
Frage	Antwort	
Wie viele Jahre sind Sie schon als Maurer tätig ?	_____ Jahre	
Haben Sie auch andere Tätigkeiten ausgeübt ? Wenn ja, welche und wieviel Jahre (etwa) ? (Tätigkeiten < 1 Jahr weglassen)		
Was ist bei der Arbeit mit Versetzhilfe besonders erleichternd, wenn Sie diese mit Vermauern von Einhandsteinen per Hand vergleichen ?	(Freitext)	
Was ist bei der Arbeit mit Versetzhilfe besonders erleichternd, wenn Sie diese mit dem Vermauern von Zweihandsteinen per Hand vergleichen ?	(Freitext)	
Wie stark müssen Sie sich jetzt mit schweren Lasten anstrengen, wenn sie die gegenwärtige Arbeit mit dem Vermauern per Hand vergleichen ?	▪ Weniger	[]
	▪ Gleich	[]
	▪ Mehr	[]
Wie lange müssen Sie jetzt im tiefen Bücken arbeiten, wenn sie die gegenwärtige Arbeit mit dem Vermauern per Hand vergleichen ?	▪ Weniger	[]
	▪ Gleich	[]
	▪ Mehr	[]
Wie stark müssen Sie jetzt die Schultern und den oberen Rücken anstrengen, wenn sie die gegenwärtige Arbeit mit dem Vermauern per Hand vergleichen ?	▪ Weniger	[]
	▪ Gleich	[]
	▪ Mehr	[]
Wie stark belastet die Arbeit jetzt die Hand- und Ellenbogengelenke , wenn sie die gegenwärtige Arbeit mit dem Vermauern per Hand vergleichen ?	▪ Weniger	[]
	▪ Gleich	[]
	▪ Mehr	[]

4.2.3 Subjektiv empfundene Beanspruchungen

Um die Auswirkungen der Arbeit auf die Beschwerden am Muskel-Skelett-System zu erfassen, wurden die Beschäftigten gebeten, gelegentlich, häufig oder fast immer auftretende Schmerzen in eine Maske einzutragen. Die Daten wurden später mit einer Erhebung der Bau-Berufsgenossenschaften (HARTMANN & GÜTSCHOW 2000) verglichen. Die Vorinformationen zu den belastungsabhängigen Beschwerden am Stütz- und Bewegungssystem aus dem o. a. Bericht zeigen, dass in der Rangfolge der Beschwerden bei Maurern der untere Rücken auf dem ersten Rang zu finden ist, gefolgt von den Kniegelenken und der Schulter-Nacken-Region (Abbildung 4.2.3-1).

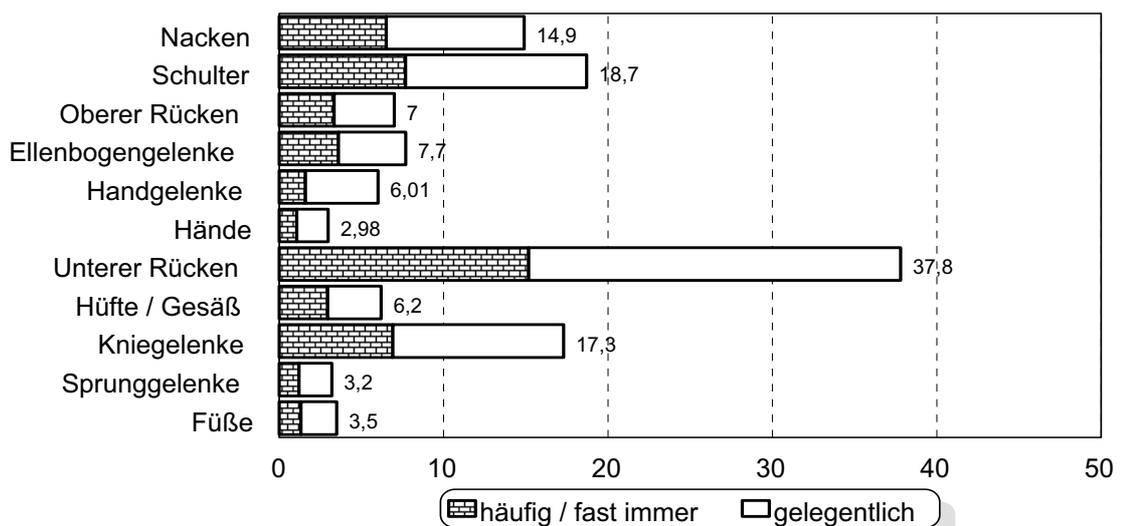


Abbildung 4.2.3-1

Beschwerdenprävalenz (altersstandardisiert) je 100 Beschäftigte

Ein Vergleich der Maurer gegenüber einem Mix aus allen Beschäftigten der Baubranche zeigt:

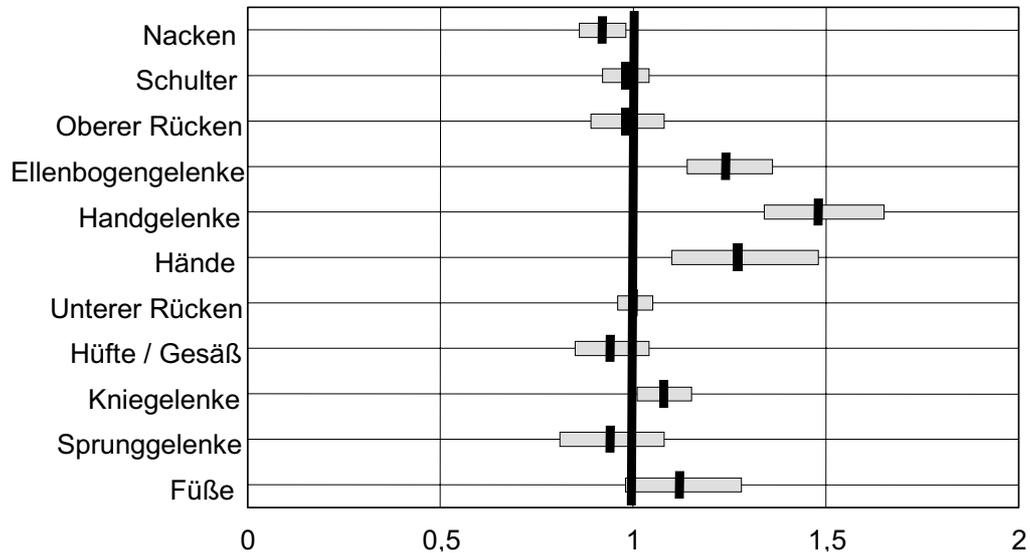
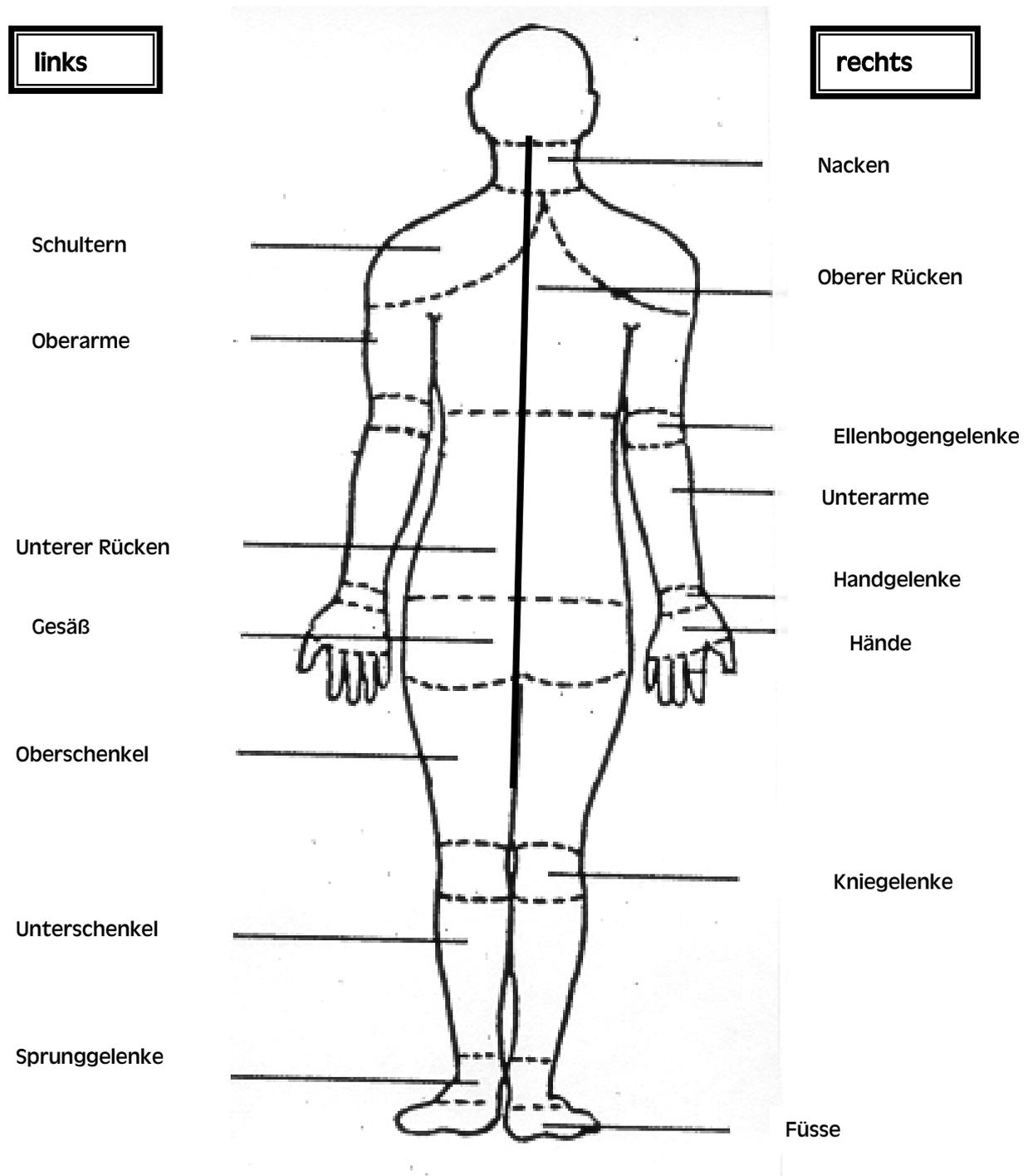


Abbildung 4.2.3-2

Ausprägungsgrad - gelegentlich bis fast immer starke Schmerzen

- Trotz hohem Beschwerdeniveau von 37,8% der Befragten liegt kein erhöhtes Risiko bei tiefsitzenden Rückenschmerzen in der LWS-Region vor.
 Das insgesamt höhere körperliche Belastungsniveau der meisten Tätigkeiten in der Bauwirtschaft führt dazu, dass Rückenschmerzen, unter denen mehr als ein Drittel der Maurer gelegentlich oder häufiger leiden, hier nicht besonders auffallen.
- Charakteristische Beanspruchungswirkungen finden sich dagegen an den Ellenbogen- und Handgelenken sowie an den Händen. Die manuelle Verarbeitung von Mauersteinen führt zu einer deutlich höheren Beanspruchung (OR bis 1,5) bei Maurern. Eine mäßige aber signifikante Erhöhung des Beschwerdeniveaus findet sich auch an den Kniegelenken (Abbildung 4.2.3-2).

Körperschema			
Wo empfinden Sie verstärkte Anstrengung durch Ihre Arbeit ? Sie dürfen auch mehrere Bereiche des Körpers kennzeichnen !			
Markieren Sie bitte:	x	= keine Anstrengung	(1)
	xx	= geringe	(2)
	xxx	= mäßige	(3)
	xxxx	= starke Anstrengung	(4)



4.2.4 Psychische Folgen der Belastungen

Der Einsatz von Versetzhilfen führt nach vorliegenden Informationen zu einer Erhöhung der Produktivität bei einem möglichen Verlust der Anwendung handwerklicher Fertigkeiten. Ob es sich dabei um ein Vorurteil handelt oder um eine reale Veränderung, die nachteilige psychische Effekte hervorruft, ist nicht genau bekannt. Deshalb wurde aus Standardverfahren ein für Baustellen und begleitend zu einer Reihe anderer Methoden einsetzbarer Fragebogen „ESB – Ermüdung und Stress auf der Baustelle“ zusammengestellt.

Um den zeitlichen Aufwand für die Befragung zu beschränken und die Beschäftigten nicht übermäßig zu belasten, wurden aus psychologischen Standardverfahren einzelne die Bausituation besonders kennzeichnende Fragen herausgenommen. Es wurden die „Checklisten zu Ermüdung, Monotonie, Sättigung und Stress“ von G. RICHTER et al. zu Grunde gelegt, die im Auftrag der Süddeutschen Metall-Berufsgenossenschaft und der Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin (BAuA) von der TU Dresden im Jahr 2001 erarbeitet worden sind. Für zwei Komplexe diente der „Kurzfragebogen zur Arbeitsanalyse“ von PRÜMPER (1995) als Quelle. Die für den ESB-Fragebogen ausgewählten Items orientieren sich an der DIN EN ISO 10075-1 „Ergonomische Grundlagen bezüglich psychischer Arbeitsbelastungen“.

Für die Auswahl spielte vor allem die Verständlichkeit der Fragen eine Rolle, weil die Mehrzahl der psychologischen Frageinstrumente nicht für Bauarbeiter entwickelt bzw. bei ihnen getestet worden sind. Für den ESB-Fragebogen wurde zur Messung der subjektiv empfundenen Beanspruchung hinsichtlich

- Stress,
- psychische Sättigung,
- Monotonie,
- hoher qualitativer Leistungsanforderungen und
- Arbeitsunterbrechungen

eine Liste von 15 Items zusammengestellt.

Sie stehen in Beziehung zu den Items, die für die Beurteilung psychischer Belastungsfaktoren in Gefährdungsanalysen empfohlen werden. Die Bewertung der Ergebnisse erfolgte durch interne Gruppenvergleiche der erreichten Punktwerte.

Da für die Verarbeitung von Zweihandsteinen ohne Versetzhilfen keine vergleichbaren Daten existieren, mußten diese nachträglich ermittelt werden. Die Erwartungen beim Einsatz des Fragebogens sind, dass:

- sich die Arbeit mit Versetzhilfen überwiegend günstig auf die übrigen Ermüdungsprozesse auswirkt,
- weniger Stress empfunden wird als bei Arbeiten mit kleineren Steinformaten per Hand,
- die damit verbundene höhere muskuläre Anspannung kleiner wird.

Alle Fragen beginnen mit der Einleitung „Bei meiner Arbeit . . . “ und entstammen für Qualitative Leistungsanforderungen und Arbeitsunterbrechungen den Kurzfragebogen zur Arbeitsanalyse von PRÜMPER (1995) sowie für Stressfaktoren, Persönliche Stressfolgen, Psychische Ermüdung und Monotonie den Checklisten zu Ermüdung, Monotonie, Sättigung und Stress von G. RICHTER et al. (2001). Sie enthalten folgende Subskalen:

Qualitative Leistungsanforderungen (QL)

Es wird zunächst nach der Schwierigkeit der Arbeit gefragt.

Hypothese:

Die Schwierigkeit der Arbeit ist durch den Einsatz von Versetzhilfen gegenüber dem Handmauern nicht erhöht.

Arbeitsunterbrechungen (AU)

Es wird nach der Kontinuität der Arbeit gefragt, die sich u.a. im Zusammenhang mit den Stressfaktoren als ursächlich auswirken könnten.

Hypothese:

Beim Einsatz von Versetzhilfen werden auf einer gut organisierten Baustelle die Arbeitsunterbrechungen gegenüber dem Handmauern nicht zunehmen.

Stressfaktoren (ST)

Es wird nach den häufigsten erwarteten Stressauslösern gefragt.

Hypothese:

Durch den Einsatz von Versetzhilfen nimmt der Termindruck gegenüber dem Handmauern ab, weil der erforderliche besonders sorgfältige Umgang mit Maschine und Material zu einem ausgeglicheneren Arbeitsablauf führt.

Persönliche Stressfolgen (ST)

Es wird nach den erlebten Beanspruchungsfolgen gefragt, die als Stress empfunden werden.

Hypothese:

Durch den Einsatz von Versetzhilfen werden gegenüber dem Handmauern geringere Stressfolgen erwartet.

Psychische Ermüdung (PE)

Es wird nach den Auswirkungen auf die Ermüdung gefragt, die sich sowohl aus der Aufgabenschwierigkeit als auch der mit ihr konkurrierenden körperlichen Anstrengung ergeben kann.

Hypothese:

Durch den Einsatz von Versetzhilfen wird die psychische Ermüdung gegenüber dem Handmauern nicht erhöht, da die Aufgabenschwierigkeit nicht über das Maß der vorhandenen Qualifikation hinaus ansteigt.

Monotonie (MO)

Es wird nach einem ermüdungsähnlichen Verlust an Wachheit gefragt, der sich aus dem Mangel an Reizen aus der Arbeit ergibt.

Hypothese:

Generell sind handwerkliche Arbeiten als gering monoton einzustufen. Durch Versetzhilfen sinkt gegenüber dem Handmauern die Monotonie des Mauerns weiter ab.

ESB

Fragen zu Ermüdung und Stress auf der Baustelle

Mit diesem Bogen sollen Ermüdung und Stress durch die Arbeit erfaßt werden. Antworten Sie bitte zügig und legen sich so fest, wie Sie im Augenblick empfinden.

Wir sichern Ihnen fest zu, dass diese Fragen gemäß der ärztlichen Schweigepflicht vertraulich sind und nicht in falsche Hände gelangen.

	Bei meiner Arbeit	trifft zu	trifft nicht zu
QL 1	... gibt es Sachen, die zu kompliziert sind.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
QL 2	... werden zu hohe Anforderungen an meine Konzentrationsfähigkeit gestellt.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
AU 1	... stehen oft Material oder Arbeitsmittel nicht bereit	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
AU 2	... werde ich immer wieder unterbrochen.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
ST 1	... kommen Termin- und Zeitdruck vor	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
ST 2	... gibt es Konflikte zwischen Terminen und Qualität	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
ST 7	... habe ich das Gefühl, dass ich die Übersicht verliere	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
ST 8	... bin ich unruhig und nervös	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
ST 9	... habe ich Angst, dass ich meine Arbeit nicht schaffe	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
PE 1	... fühle ich mich erschöpft und müde	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
PE 2	... läßt meine Konzentration nach	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
PE 3	... brauche ich immer mehr Zeit für die gleiche Leistung	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
MO 1	... werden meine Kenntnisse zu wenig gefordert	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
MO 2	... langweile ich mich manchmal	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
MO 3	... wiederholen sich die Abläufe zu einformig	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

4.3 Organisation und sicherheitstechnische Voraussetzungen auf der Baustelle

Die Wirtschaftlichkeit des Mauerwerksbaus und das Streben nach höherer Bauleistung gilt als Auslöser des Bemühens für das Verarbeiten größerer Mauersteine, Blöcke bzw. Elemente verschiedener Dimensionen mit Versetzhilfen.

Die menschliche Belastung durch das Verarbeiten größerer Steinformate würde jedoch bereits für sich allein den Einsatz von Versetzhilfen rechtfertigen. Ein zusätzlicher wirtschaftlicher Vorteil dürfte deren Einsatz jedoch erheblich begünstigen.

Im erweiterten Präventionsauftrag tragen die Bau-Berufsgenossenschaften dazu bei, Belastungen und Gesundheitsrisiken abzubauen, die zu hohem Krankenstand, zur Erwerbsunfähigkeit und somit zur Kostenbelastung der Unternehmen führen. Daher wurde der Einsatz von Versetzhilfen beim Vermauern von Zweihandsteinen nicht nur hinsichtlich der gesundheitlichen Auswirkungen, sondern auch dahingehend untersucht, welche Vorteile sie aus technischer und betriebswirtschaftlicher Sicht für das Unternehmen haben. Dabei war auch zu prüfen, welche veränderten Rahmenbedingungen der Organisation und Einrichtung der Baustelle erforderlich werden.

Die organisatorisch-technische Vorbereitung und Begleitung der Untersuchungen war Aufgabe der jeweils mitwirkenden Technischen Aufsichtspersonen (TABen) der Technischen Aufsichtsdienste (TAD) der Bau-Berufsgenossenschaften. Sie wählten in Abstimmung mit interessierten Mitgliedsunternehmen in ihren Aufsichtsbezirken geeignete Bauvorhaben als „Musterbaustellen“ aus und organisierten Termin und Ablauf der Felduntersuchungen. Die Baustellen sollten hinsichtlich Organisation, technischer Ausstattung und Sicherheitsstandard Mindestanforderungen erfüllen, um vergleichbare Bedingungen für die Untersuchungen zu gewährleisten. Als Arbeitshilfen benutzten die Technischen Aufsichtspersonen Checklisten (A – Vorgespräch, B – Baustelle und C – Tageserfassung), die ein systematisches und einheitliches Vorgehen ermöglichten.

Checkliste „A - Vorgespräch“

Um beim Vorgespräch für alle Unternehmen einen vergleichbaren Aufklärungsgrad zu erreichen und die Vermittlungsrolle der Technischen Aufsichtspersonen zu erleichtern, wurde eine Checkliste A - „Erhebung Vorgespräch“ entworfen. Über sie sollte sich der Unternehmer im Vorfeld hinsichtlich Grundausstattung, Arbeitsvorbereitung und Organisation, Arbeitssicherheit und optimierter Anordnung der Baumaterialien selbst einschätzen:

Checkliste A

"Erhebung Vorgespräch"

BG-Mitglieds-Nr.			
Baustellen-Nr.			
Ansprechpartner auf der Baustelle			
Techniker (TAB)			
Datum des Gesprächs			
Bauobjekt Art des Bauvorhabens			
Steinarten			
Steinformate			
Versetzhilfe	Minikran (MK)	Mauermaschine (MM)	Manuell (ohne Versetzhilfe)

Grundausstattung

Um Grundinformationen zum Einsatz der verwendeten Versetzhilfe und zur Auswahl der Baustelle zu bekommen, wurden insbesondere Daten über Art des Bauvorhabens, die verwendeten Steinarten und Steinformate erfaßt.

Arbeitsvorbereitung und Organisation (1)

Geräte und Einrichtungen - Hebezeuge -		Ja	Nein	Bemerkungen
Versetzhilfe	verfügbar			
	tragfähig			
Turmdrehkran	verfügbar			
	tragfähig			
Steinsäge	geeignet			
	Nassschnitte			
	Kippvorrichtung			
	Manipulator zum Heben u. Ausrichten			
Arbeitsplatz	Rolltritt			
	Bockleiter			
	Kurbelgerüst			
	Bockgerüst			
	Standgerüst			
	Arbeitsbühne			
	Stufenbühne			
	Andere			
Ergonomische Technologien	Kimmschichter			
	Mörtelschlitten			
	Klebeschlitten			
	Klebemörteltrog zum Tauchen von Steinen			

Arbeitsvorbereitung und Organisation (2 + 3)

Lastaufnahmemittel		Ja	Nein	Bemerkungen
Turmdrehkran	Steinkorb			
	Steingabel			
	Steinzange			
	geeignetes Anschlagmittel			
Autokran	Steinkorb			
	Steingabel			
	Steinzange			
	geeignetes Anschlagmittel			
Minikran	geeignete Versetzzange			
	Anzahl pro Hub			

Material		Ja	Nein	Bemerkungen
Steine	Versetzgerechte Anlieferung			
	Pakete			
	Paletten			
	Kontinuierl. Materialversorgung			
Schnitte	werkseitig geschnitten			
	vor Ort mit Steinsäge			
Mörtel	Kontinuierl. Materialversorgung			
	Fertigmörtel			
	Klebemörtel			
	bauseitige Herstellung			
	Rechtzeit. Kimmschichtanlegen			
Allgemeine Angaben				
Geschossebenen	ausreichende Tragfähigkeit			
Planvorlauf	werkseitige Steinschnitte			
Einweisung in Arbeitsablauf				
Wirtschaftlichkeitsberechnungen erfolgt				
Akzeptanz (Gründe)				

Arbeitsvorbereitung und Organisation

Um Aussagen über Veränderungen, die beim Einsatz von Versetzhilfen entstehen zu gewinnen, wurden Angaben zur Arbeitsvorbereitung und Organisation ermittelt:

- Systematisch wurde die für den Maurer typische Baustelleneinrichtung erfaßt, wobei die Verwendung ergonomischer Technologien besonders interessierte. Von Wichtigkeit war, ob der Mörtel beim Mauern noch konventionell aufgetragen oder ob ein entsprechendes Hilfsmittel wie ein Mörtelschlitten verwendet wird, der diesen Arbeitsschritt erleichtert. Der Ablauf des Baubetriebes, insbesondere die Anlieferung der Baumaterialien wie Steine und Mörtel sowie die Anlieferung werkseitiger Steinschnitte oder eine Anpassung vor Ort mit Hilfe einer Steinsäge waren von Interesse. Beim werkseitigen Steinschnitt beauftragt der Unternehmer den Steinlieferanten, auf der Grundlage der Bauzeichnung des Architekten, eine bauobjektbezogene Lieferung von zugeschnittenen Planelementen anzufertigen. Diese können dann ähnlich einem Baukastensystem zusammengesetzt werden.
- Bei den allgemeinen Angaben wurden Informationen zur Tragfähigkeit der Geschossebenen, zum Planvorlauf über Unterweisungen für die Mitarbeiter, über Wirtschaftlichkeitsberechnungen und letztendlich zur Akzeptanz für das ausgewählte Verfahren zusammengetragen.

Arbeitssicherheit

Technische Voraussetzungen		Ja	Nein	Bemerkungen
Absturzsicherungen ab 2,00 m Absturzhöhe in Form einer kompletten Einrüstung				
Sicherung der Verkehrswege				
Prüfungen aller Geräte und Lastaufnahmemittel				
Geeignete Lastaufnahmemittel verwenden	Tragfähigkeit berücksichtigt			
	Unterfangungen und Umwehrungen berücksichtigt			
Prüfung elektrischer Anlagen und Betriebsmittel				
Nachweis Brauchbarkeit und Standsicherheit von Gerüsten				

Organisatorische Voraussetzungen	Ja	Nein	Bemerkungen
Betriebsanweisungen für den Umgang mit Versetzhilfen etc.			
Unterweisungen an Geräten			
Persönliche Schutzausrüstung			

Arbeitssicherheit

In diesem Abschnitt wurden die wichtigsten Aspekte bezüglich des Arbeitsschutzes in den Bereichen Technik, Organisation und Persönliche Schutzmaßnahmen angesprochen.

Optimierte Anordnung von Baumaterialien

Um die Anordnung von Material und Gerät auf der Baustelle zu optimieren, sind folgende Empfehlungen zu beachten und entsprechend zu überprüfen:

- 1) Gerätefahrtrassen freihalten
- 2) Materialversorgung auf den Geschossebenen optimieren
- 3) Umsetzen von Stein stapeln auf den Geschossebenen optimieren
- 4) Zwischenlager für Steine und andere Baumaterialien vorsehen
- 5) Materialversorgung kontinuierlich gewährleisten
(Mörtel, Steine, Fertigteile, Stürze etc.)
- 6) Bodenöffnungen belastbar verschließen

Weitere Informationen und Darstellungen zur optimierten Anordnung von Baumaterialien sind im Anhang aufgeführt und wurden hier nur kurz erläutert.

Die ausgefüllte Checkliste A – „Vorgespräch“ verblieb als Kopie beim Bauunternehmer.

Checkliste B „Erhebung auf der Baustelle“

Um die technischen und wirtschaftlichen Voraussetzungen auf der Baustelle zu erfassen und eine Vergleichbarkeit der Baustellen untereinander zu gewährleisten, wurde für die Baustellenbefragung eine Checkliste B "Erhebung auf der Baustelle" erstellt:

Checkliste B, die zum Teil mit dem Inhalt der Checkliste A identisch ist, vertieft die Grundinformationen zur Baustelle und dient der Überprüfung der im Vorfeld gemachten Angaben des Unternehmers. Sie wurde am ersten Besprechungstermin auf der bereits eingerichteten Baustelle vom TAB ausgefüllt. Der Besprechungstermin diente zur Aufklärung der Beschäftigten sowie des Bauleiters bzw. Poliers auf der Baustelle, zugleich konnte das Untersuchungsteam die Gegebenheiten vor Ort kennenlernen. Der Arbeitsmediziner konnte die zur Messung bestimmten Maurer untersuchen, die medizinischen Fragebögen ausfüllen, den Untersuchungsablauf erläutern und weitere generelle Fragen abklären.

Checkliste B

"Erhebung Baustelle"

BG-Mitglieds-Nr.			
Baustellen-Nr.			
Adresse Baustelle			
Aktuelle Bauphase			
Ausführung Mauerarbeiten	<input type="checkbox"/> Bauunternehmer	<input type="checkbox"/> Nachunternehmer	
Betriebsgröße	<input type="checkbox"/> bis 20 Beschäftigte	<input type="checkbox"/> > 20 Beschäftigte	
Art der Mauerarbeiten	<input type="checkbox"/> Außenwände	<input type="checkbox"/> Innenwände	
Bauvorhaben	<input type="checkbox"/> Einfamilienhaus		
	<input type="checkbox"/> Zweifamilienhaus		
	<input type="checkbox"/> Mehrfamilienhaus		
	<input type="checkbox"/> Industriebau		
	<input type="checkbox"/> Büro- u. Geschäftshaus		
	<input type="checkbox"/> Andere Bauvorhaben		
Geschosshöhe	<input type="checkbox"/> ≤ 3,00 m	<input type="checkbox"/> > 3,00 m	
Grundriss	<input type="checkbox"/> stark gegliedert	<input type="checkbox"/> wenig gegliedert	
Mauerverfahren	<input type="checkbox"/> Minikran	<input type="checkbox"/> Mauermaschine	<input type="checkbox"/> Manuell

Arbeitsvorbereitung und Organisation (1 + 2)

Technische Ausrüstung		Ja	Nein	Bemerkungen
Versetzhilfe	verfügbar			
	tragfähig			
Turmdrehkran	verfügbar			
	tragfähig			
Autokran	verfügbar			
	tragfähig			
Steinsäge	Nassschnitte			
	Kippvorrichtung			
	Manipulator zum Heben u. Ausrichten			
Arbeitsbühne	verfügbar			
	tragfähig			
	Stufenbühne			
Arbeitsplatz	Rolltritt			
	Bockleiter			
	Kurbelgerüst			
	Bockgerüst			
	Standgerüst			
	Arbeitsbühne			
	Andere			
Ergonomische Technologien	Kimmschichter			
	Mörtelschlitten			
	Klebeschlitten			
	Klebemörteltrog zum Tauchen von Steinen			

Technische Ausrüstung - Lastaufnahmemittel -		Ja	Nein	Bemerkungen
Turmdrehkran	Steinkorb			
	Steingabel			
	Steinzange			
	geeignetes Anschlagmittel			
Autokran	Steinkorb			
	Steingabel			
	Steinzange			
	geeignetes Anschlagmittel			
Minikran	geeignete Versetzzange			
	Anzahl pro Hub			

Checkliste B „Erhebung auf der Baustelle“ ist in 2 Bereiche gegliedert. Im ersten Bereich wird die Baustellenausstattung betrachtet, im zweiten Abschnitt die Arbeitsvorbereitung und Organisation auf der Baustelle überprüft:

Baustellenausstattung

Hier werden die Unternehmensgröße, die aktuelle Bauphase, das Bauvorhaben und die Wandarten abgefragt. Dabei wird unterschieden zwischen Wandhöhen kleiner und größer 3,00 m sowie zwischen wenig und stark gegliedertem Mauerwerk.

Arbeitsvorbereitung und Organisation

Fragen zur Arbeitsvorbereitung und Organisation sind wie beschrieben weitgehend mit Checkliste A „Vorgespräch“ identisch.

4.4 Dokumentation der Leistungs- und Kostendaten

Checkliste C „Tageserfassung - Aufwand“

Im Rahmen der Felduntersuchungen wurden von den zuständigen Technischen Aufsichtspersonen auch betriebswirtschaftliche Daten wie die Maurerleistung, der Personalaufwand, der Geräteeinsatz und die verarbeiteten Materialien auf der Baustelle erfasst und dokumentiert. Zur Erfassung und Dokumentation der Daten stand den TABen die Checkliste C „Tageserfassung - Aufwand“ zur Verfügung, die sich in folgende 5 Bereiche gliedert:

Personal

Die Namen der Testpersonen, die in der Kolonne arbeiten sowie deren geleistete Gesamtstunden der Schicht wurden aufgenommen.

Geräte

Dieser Teil dient der Erfassung der Einzel- und Gesamtstunden der verwendeten Baugeräte, die für eine Kalkulation erforderlich sind. Vorgegeben wurden der Turmdrehkran, der Minikran, die Mauermaschine, der Kimmschichter und die Steinsäge.

Material

Desweiteren wurden die am Untersuchungstag verarbeiteten Steinarten und Steinformate sowie die vermauerten Mengen abgefragt.

Mörtel

Die Art und Menge des verwendeten Mörtels wurde in der Maßangabe „Liter“ aufgenommen.

Leistung

Abschließend erfolgte die Zusammenfassung der erstellten Quadratmeter des erstellten Mauerwerks einschließlich der angelegten Kimmschicht.

Checkliste C

"Tageserfassung - Aufwand"

Baustelle	
TAB / BG	
Datum	

Personal		
Mann (Qualifikation)	Stunden	Gesamtstunden

Geräte		
	Stunden	Summe
Turmdrehkran		
Minikran		
Mauermaschine		
Kimmschichter		
Steinsäge		

Material / Steine				
Formate/DF	Steinart			
	Kalksandstein (Stück)	Poroton (Stück)	Gasbeton (Stück)	Beton (Stück)

Material / Mörtel	
Mörtelart	Volumen (Liter)
Zementmörtel	
Klebmörtel	

Leistung		
		Leistung
Mauerwerk	m ³	
	m ²	
Kimmschicht	lfm.	

4.5 Grundlagen der Kostenermittlung

Ein Wirtschaftlichkeitsvergleich zwischen dem Mauern mit Versetzhilfen und dem Mauern von Hand setzt eine Kostenermittlung für beide Verlegearten voraus. Basis der Kostenermittlung waren die mit Checkliste C erfassten Daten. Ausgehend von diesen Daten sind für jede Baustelle pro Untersuchungstag zu errechnen:

- Lohnkosten
- Gerätekosten und
- Materialkosten

Basis der Kostenermittlung für das Mauern von Hand sind die Arbeitszeitrichtwerte der Verbände der jeweiligen Steinhersteller. Im Rahmen dieses Projektes wurden dafür keine Daten erfaßt. Bezogen auf die Tagesmaurerleistung (m^2) ergeben sich daraus die Lohnkosten-, Gerätekosten- und Materialkostensätze pro Quadratmeter vermauerte Wand je Untersuchungstag. Diese Sätze sind dann die Grundlage für den Wirtschaftlichkeitsvergleich.

4.5.1 Kostenermittlung für das Mauern mit Versetzhilfen

Lohnkosten

Die Lohnkosten ergeben sich aus den aufgewendeten Stunden und dem Mittellohn. Die Lohnstunden enthalten die Stunden der Versetzer, Helfer und anteilig die Stunden des Kranführers sowie die angefallenen Verteil- und Wartezeiten. Mit berücksichtigt werden anfallende Stunden für das Anlegen der Kimmschicht und für das Schneiden von Steinen. Als Lohnansatz wurde ein Mittellohn von 35,00 Euro (durchschnittlicher allgemein üblicher Kalkulationsansatz der Bauunternehmen) zugrunde gelegt.

Gerätekosten

Gerätekosten ergeben sich aus:

- der Einsatzzeit
- dem Mietsatz bzw. dem kalkulatorischen Ansatz für Abschreibung und Verzinsung und
- den Betriebskosten

Hinzu kommen Kosten für Auf- und Abbau, die auf die Gerätekosten umzulegen sind (Ausnahme Turmdrehkran, dessen Auf- und Abbaukosten in der Regel in die Kosten für die Baustelleneinrichtung einbezogen werden). Berücksichtigt werden die Gerätekosten für:

- die Versetzgeräte (einschl. Versetzzangen)
- die Steinsäge (soweit vorhanden)
- den Kimmschichter (soweit vorhanden)
- den Turmdrehkran anteilig, da er für Transportaufgaben (z.B. Bereitstellung der Steinpaletten, Versetzen von Geräten) für die Maurerarbeit zeitweise zur Verfügung stehen muss.

Folgende Tagessätze für die Gerätekosten einschließlich Betriebskosten sowie anteiligen Auf- und Abbaukosten (Abbildung 5.5.1-1) werden der Kostenermittlung zugrunde gelegt:

Gerät	Tagespauschale (€)	Kostenannahme pro Tag (€)
Mauermaschine	61,00	61,00
Minikran	22,72	22,72
Steinsäge	15,00	15,00
Turmdrehkran	80,80	40,40

Abbildung 4.5.1-1

Kalkulationswerte zur Ermittlung der Gerätekosten

Für den Einsatz von Versetzgeräten, Steinsägen und Kimmschichtern wurde für jeden Untersuchungstag der volle Tagessatz, für den Einsatz des Turmdrehkrans, der auch andere Arbeitsbereiche (Schalen, Bewehren usw.) bedient, der halbe Tagessatz berücksichtigt.

Materialkosten

Auf den Baustellen wurden im wesentlichen Kalksandsteine, Porotonsteine und Leichtbetonsteine in folgenden Wandstärken verlegt:

- 11,5 cm
- 17,5 cm
- 24,0 cm

Materialpreise und Mörtelkleberkosten ergeben die Materialkosten. Die Materialpreise wurden für die o.a. Steinarten getrennt nach Wandstärken ermittelt. In der nachfolgenden Abbildungen sind die so errechneten Materialkosten nach Steinart und Wandstärke zusammengestellt.

Für die verwendeten **Steinformat** aus **Kalksandstein** ergeben sich folgende Werte:

Steinformat	Wandstärke	Steinbedarf (Stück/m ²)	Preis (€)	Preis (€/m ²)
8 DF	11,5 cm	8	1,745	13,96
12 DF	17,5 cm	8	2,288	18,30
16 DF	24,0 cm	8	3,113	24,90

Abbildung 4.5.1-2

DF-Mittelformate aus Kalksandstein mit Versetzhilfe

Steinformat	Wandstärke	Steinbedarf (Stück/m ²)	Preis (€)	Preis (€/m ²)
498 x 498 mm	11,5 cm	4	4,045	16,18
498 x 498 mm	17,5 cm	4	4,825	19,30
498 x 498 mm	24,0 cm	4	6,435	25,74

Abbildung 4.5.1-3

Quadroelemente aus Kalksandstein mit Versetzhilfe

Steinformat	Wandstärke	Steinbedarf (Stück/m ²)	Preis (€)	Preis (€/m ²)
998 x 498 mm	11,5 cm	2	8,09	16,18
998 x 498 mm	17,5 cm	2	9,65	19,30
998 x 498 mm	24,0 cm	2	12,87	25,74

Abbildung 4.5.1-4

Planelemente aus Kalksandstein mit Versetzhilfe

Für die verwendeten **Steinformat** aus **Ziegelstein** ergeben sich folgende Werte :

Steinformat	Wandstärke	Steinbedarf (Stück/m ²)	Preis (€)	Preis (€/m ²)
8 DF	11,5 cm	8	2,075	16,60
12 DF	17,5 cm	8	3,312	26,50
16 DF	24,0 cm	8	3,425	27,40

Abbildung 4.5.1-5

DF-Mittelformate aus Ziegelstein mit Versetzhilfe

Die Kostenermittlung wurde für jede einzelne Baustelle auf Kalkulationsblättern durchgeführt. Die Darstellung eines Kalkulationsblattes mit den ermittelten Kosten pro Baustelle ist im Anhang aufgeführt.

4.5.2 Kostenermittlung für das Mauern von Hand

Die Kosten setzen sich wie beim Mauern mit Versetzhilfen zusammen aus:

- Lohnkosten
- Gerätekosten und
- Materialkosten

Lohnkosten

Der Stundenansatz für das Mauern von Zweihandsteinen von Hand wurde aus Arbeitszeitrichtwerttabellen der Kalksandsteinindustrie und der Ziegelsteinindustrie (Poroton) entnommen. Der zugrunde gelegte Mittellohn beträgt wie bei der Kostenermittlung für das maschinelle Versetzen 35,00 Euro.

Die aus den Tabellen der Arbeitszeitrichtwerte entnommenen Stundensätze pro Quadratmeter gemauerte Wand sind in den nachfolgenden Abbildungen nach Steinart und Wandstärke getrennt zusammengestellt:

Steinformat / Wandstärke	Arbeitszeitrichtwert	Lohnkosten (€/m ²)
8 DF / 11,5 cm	0,49 Std.	17,15
6 DF / 17,5 cm	0,48 Std.	16,80
8 DF / 24,0 cm	0,55 Std.	19,25

Abbildung 4.5.2-1

Kostenermittlung Kalksandstein per Hand

Steinformat / Wandstärke	Arbeitszeitrichtwert	Lohnkosten (€/m ²)
8 DF / 11,5 cm	0,57 Std.	19,95
12 DF / 17,5 cm	0,48 Std.	16,80
16 DF / 24,0 cm	0,55 Std.	19,25

Abbildung 4.5.2-2

Kostenermittlung Ziegelstein per Hand

Gerätekosten

Der zeitweise Einsatz des Turmdrehkrans beim Mauern von Hand für den Steintransport wird anteilig mit der Hälfte des Tagessatzes berücksichtigt (50% von 80,80 €/Tag = 40,40 €/Tag).

Materialkosten

Die Materialpreise wurden für großformatige Zweihandsteine aus Kalksandstein und Poroton getrennt nach Wandstärke ermittelt. Aus Materialpreis und Mörtelkosten ergeben sich Materialkosten, die in den nachfolgenden Abbildungen zusammengestellt sind:

Steinformat	Wandstärke	Preis (€/m ²)
8 DF	11,5 cm	13,96
6 DF	17,5 cm	18,30
8 DF	24,0 cm	24,90

Abbildung 4.5.2-3

DF-Mittelformate aus Kalksandstein per Hand

Steinformat	Wandstärke	Preis (€/m ²)
6 DF	11,5 cm	16,60
9 DF	17,5 cm	26,50
12 DF	24,0 cm	27,40

Abbildung 4.5.2-4

DF-Mittelformate aus Ziegelstein per Hand

Die Kostenermittlung wurde für beide Steinarten getrennt nach Wandstärke auf Kalkulationsblättern durchgeführt. Die Zusammenstellung der Kosten getrennt nach Steinarten und Wandstärken sind im Anhang aufgelistet.

4.5.3 Kostenermittlung für das Mauern mit Versetzhilfen mit den Arbeitszeitrichtwerten der Steinhersteller

Für die Ermittlung der Lohnkosten wurden folgende Arbeitszeitrichtwerte der Verbände der Steinindustrie zugrunde gelegt:

Steinformat / Wandstärke	Arbeitszeitrichtwert	Lohnkosten (€/m ²)
8 DF / 11,5 cm	0,44 Std.	15,40
12 DF / 17,5 cm	0,44 Std.	15,40
16 DF / 24,0 cm	0,44 Std.	15,40

Steinformat / Wandstärke	Arbeitszeitrichtwert	Lohnkosten (€/m ²)
498 mm x 498 mm / 11,5 cm	0,38 Std.	13,30
498 mm x 498 mm / 17,5 cm	0,38 Std.	13,30
498 mm x 498 mm / 24,0 cm	0,38 Std.	13,30

Steinformat / Wandstärke	Arbeitszeitrichtwert	Lohnkosten (€/m ²)
998 mm x 498 mm / 11,5 cm	0,35 Std.	12,25
998 mm x 498 mm / 17,5 cm	0,35 Std.	12,25
998 mm x 498 mm / 24,0 cm	0,35 Std.	12,25

Abbildung 4.5.3-1

Kostenermittlung der Kalksandsteinindustrie mit Versetzhilfe

Steinformat / Wandstärke	Arbeitszeitrichtwert	Lohnkosten (€/m ²)
8 DF / 11,5 cm	0,46 Std.	16,10
12 DF / 17,5 cm	0,46 Std.	16,10
16 DF / 24,0 cm	0,46 Std.	16,10

Abbildung 4.5.3-2

Kostenermittlung der Ziegelsteinindustrie mit Versetzhilfe

5. Untersuchungsfeld

Bundesweit wurden insgesamt 15 Baustellen untersucht. Um den regionalen Unterschieden Rechnung zu tragen, wurden die Messungen in 5 Bundesländern durchgeführt (Abbildung 5). Für jedes Bundesland sollten Baustellen sowohl mit Minikran als auch mit Mauermaschine gefunden werden. Allerdings zeigt die Verteilung der angetroffenen Versetzverfahren bereits die ersten regionalen Unterschiede.

BG	Versetzhilfe		
	Minikran	Mauermaschine	Sonderverfahren
Hamburg	3	keine Baustelle	keine Baustelle
Hannover	3	keine Baustelle	keine Baustelle
Rheinland und Westfalen	keine Baustelle	2	1
Frankfurt	1	1	keine Baustelle
Württemberg	1	2	1

Abbildung 5

Regionale Verteilung der Versetzhilfen

- Auf 8 Baustellen wurden Minikrane eingesetzt.
- Auf 5 Baustellen kamen Mauermaschinen zum Einsatz.
- Auf 2 Baustellen wurden Sonderverfahren der Mauerwerksvorfertigung angewendet.

Charakteristik der Baustellen

Im folgenden sind die untersuchten Baustellen mit ihren Versetzhilfen dargestellt:

Baustelle	BG	Ort	Versetzhilfe	Typ
1	21	Hamburg-Bahrenfeld	Minikran	Steinweg MK-400
2	21	Hamburg-Allermöhe	Minikran	Lissmac MK
3	22	Bünde	Minikran	Steinweg MK
4	23	Schalkenmehren	Stationäre	Wandelementproduktion
5	22	Braunschweig	Minikran	Steinweg MK-300 (2x)
6	26	Altdorf	Mauermaschine	Schoch Steinherr-MM2
7	26	Bönningheim	Stationäre	Wandelementproduktion
8	23	Essen-Borbeck	Mauermaschine	Modern Technik MT
9	24	Korbach	Mauermaschine	Schoch Steinherr-MM2
10	23	Lüneburg	Minikran	Steinweg (MK 300/5) (2x)
11	23	Dorsten	Mauermaschine	Modern Technik MT
12	24	Fulda	Minikran	Steinweg MK-300
13	26	Münchingen	Minikran	Steinweg MK-300
14	26	Holzgerlingen	Mauermaschine	Schoch Steinherr-MM2
15	21	Hamburg-Langenfelde	Minikran	Lissmac MK

Abbildung 5.1-1

Untersuchte Baustellen und vorgefundene Versetztechnik

Technische Daten		Minikran	Mauermaschine
Eigengewicht einschl. Ballast		450 – 1500 kg	900 – 1500 kg
Tragfähigkeit		100 – 500 kg	1300 – 4000 kg
Platzbedarf		ca. 2,0 x 3,0 m	2,50 bis 6,50m x 1,60 bis 1,80 m
Nutzhöhe		bis ca. 8,0 m	bis ca. 6,00 m
Antrieb Turm		manuell oder elektrisch	elektrisch
Antrieb Katze		manuell oder elektrisch	elektrisch
Antrieb Hubwerk		elektrisch	Arbeitsbühne elektrohydraulisch
Fahrantrieb		manuell oder elektrisch	elektrisch
Zubehör		Rolltritt	Arbeitsplattform, evtl. Auszüge
Hebeeinrichtung	Reichweite	1,50 m bis 10,0 m	1,80 m bis 3,11 m
	Tragkraft	bei 10,0 m 100 kg /	125 - 350 kg
Versetzzange	Eigengewicht	11 - 30 kg	11 - 30 kg
	Tragkraft	250 – 500 kg	250 – 500 kg

Abbildung 5.1-2 Technische Daten der Versetzhilfen

Baustellen mit Minikran

Unternehmen, die Minikrane einsetzen, hatten überwiegend mehr als 20 Beschäftigte. Die Minikrane waren meistens Eigentum der Firmen, die damit schon langjährige Erfahrungen gesammelt hatten. Die Bauobjekte waren in ihrer Gebäudestruktur etwa zur Hälfte stark gegliedert und hatten Geschosshöhen unter 3,00 m. Es wurden hauptsächlich Quadro- und Planelemente aus Kalksandstein verwendet. Auf 2 Minikran-Baustellen wurde im Akkord gearbeitet, alle anderen standen im Lohntarif.

Beschreibung

Minikrane sind kleine Turmdrehkrane. Sie bestehen aus einem Rollenfahrwerk, einem schwenkbaren Turm, der teilweise teleskopierbar ist und einem Hubwerk mit Katzausleger. Sie werden für das Verarbeiten von großformatigen Steinen verwendet. Vorwiegend erfolgen die Bewegungen, mit Ausnahme des Hubwerks, manuell. Das elektrische Hubwerk wird von der Versetzzange aus gesteuert. Zur Grundausstattung der Arbeit mit Minikran gehören die Steinversetzzange, der Mörtelschlitten und der Rolltritt. Minikrane sind flexibel einsetzbar und ermöglichen das kräfte- und gesundheitsschonende sowie wirtschaftliche Aufmauern großformatiger Steine.



Abbildung 5.1-3 Maurer mit Minikran

Baustellen mit Mauermaschine

Die Unternehmen, die Mauermaschinen einsetzen, hatten mehr als 20 Beschäftigte. Die Mauermaschinen waren Eigentum der Firmen, die schon Erfahrungen mit diesen Versetzhilfen gesammelt hatten. Die Bauobjekte, die erstellt wurden, waren zu 90% wenig gegliedert und zeigten Geschosshöhen unter 3,00 m. Es wurden Kalksandsteine und Ziegelsteine (Poroton) sowie Bimssteine verbaut. Als Steinformate kamen 6 DF bis 16 DF vor. Auf allen Mauermaschinen-Baustellen wurde im Lohntarif gearbeitet.

Beschreibung

Mauermaschinen sind Kombinationen aus Maurerarbeitsbühnen und fest angebauten Hebeeinrichtungen (Manipulator wie beim Minikran). Sie sind für das Versetzen unterschiedlicher Steinformate und Materialien mit Hilfe einer Versetzzange geeignet. Als Basis dient eine stufenlos verstellbare Scheren- oder Säulenhubarbeitsbühne mit elektrohydraulischem Antrieb. Die Hebeeinrichtung ist als Katz- oder Gelenkarmausleger mit elektrischem Hub ausgebildet, in Einzelfällen auch als Gelenkarmausleger mit Gewichtsausgleich (Balancer). Alle Bewegungen können von der Arbeitsbühne aus gesteuert werden.

Zur Grundausstattung einer Mauermaschine gehören die Steinversetzzange, der Mörtelschlitten bzw. die Klebewanne. Sie sind flexibel einsetzbar und ermöglichen das kräfte- und gesundheitsschonende sowie wirtschaftliche Aufmauern großformatiger Steine mittels der Versetzzange.

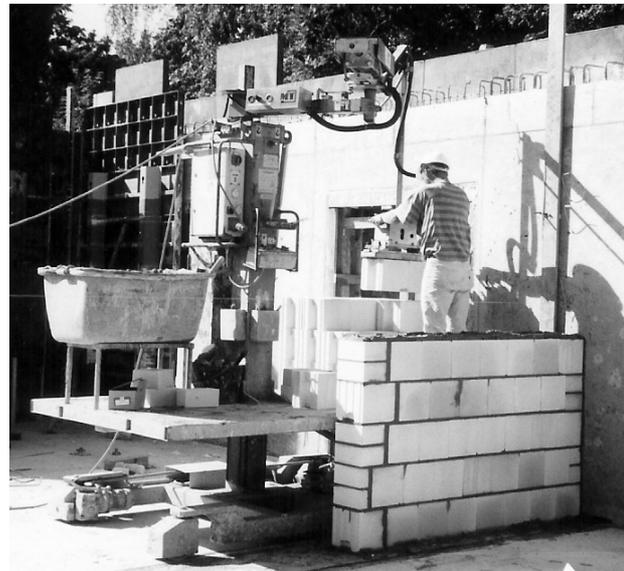


Abbildung 5.1-4

Maurer auf Arbeitsplattform einer Mauermaschine

5.2 Definition der Maurer an Versetzhilfen

Aufgrund der beiden unterschiedlichen Versetzverfahren - Minikran und Mauermaschine - kommt es zu unterschiedlichen Arbeitsweisen und Aufgabeneinteilungen auf der Baustelle. Auch ergeben sich daraus unterschiedliche Charakteristiken der untersuchten Maurer:

- Die Beschäftigten am Minikran werden arbeitsteilig überwiegend zu zweit eingesetzt. Daher wurde für die Auswertung eine Einteilung in Minikran-Versetzer (MKV) und Minikran-Helfer (MKH) vorgenommen. In der Praxis ist der Minikran-Helfer ein ebenso qualifizierter Maurer wie der Maurer, der die Versetzhilfe bedient. Versetzer und Helfer arbeiten als Team, so dass eine klare Aufgabentrennung in der unten beschriebenen Weise nicht üblich ist und hier nur zur Belastungsunterscheidung eingeführt wurde.

Minikran-Versetzer (MKV) :

Der Minikran-Versetzer nimmt mit der Versetzzange des Minikrans die Steine auf, transportiert und versetzt diese. Er säubert den zu versetzenden Stein, positioniert und justiert seine exakte Stellung mit Hilfe von Wasserwaage oder anderen Meßwerkzeugen. Er verfügt bei Bedarf das Mauerwerk. Er schneidet die Steinpakete auf und setzt die Steine aus dem Paket nach Erfordernis der Bauabfolge um. Er unterstützt den MKH beim Herstellen des Klebers und hilft beim Positionieren des Steinkorbs. Der MKV bereitet den Minikran vor, studiert den Bauplan und bestimmt die weitere Abfolge des Arbeitsablaufs. Überwiegend wird von ihm die erste Steinlage (sog. „Kimmerschicht“) angelegt. Andere vorbereitende Tätigkeiten und Aufräumarbeiten werden gegebenenfalls von ihm übernommen.

Minikran-Helfer (MKH) :

Der Minikran-Helfer arbeitet dem Minikran-Versetzer zu. Er sorgt bei Bedarf für Nachschub von Mörtel und Klebemittel und trägt diese auch auf. Er schneidet Steine an der Steinsäge, setzt Rolltritt oder Bockgerüst um und baut Stürze ein. Er kommuniziert mit dem Turmdrehkranfahrer, schlägt Steinpakete vom Kran ab, entsorgt leere Steinpaletten, reinigt das Werkzeug und räumt auf.

Die Verteilung der o.a. Aufgaben variiert von Arbeitsteam zu Arbeitsteam.

Mauermaschinen-Versetzer (MMV) :

Auf den Baustellen mit Mauermaschinen arbeitet ein Beschäftigter allein auf der Arbeitsplattform und steuert als Mauermaschinen-Versetzer die Mauermaschine. Er versetzt mit der Versetzzange die Baumaterialien, legt den Mörtel bzw. das Klebemittel auf, und verfugt das Mauerwerk. Er schneidet mit der Steinsäge Steine zu und trägt diese zu seiner Plattform. Er legt die Kimmschicht an und transportiert Isolierungsmaterial und Dämmstoffe. Er reinigt die Geräte und räumt den Arbeitsplatz auf. Der MMV wird vom Kranführer unterstützt, der Steinpaletten und Kleber auf der Arbeitsplattform der Mauermaschine bereitstellt und leere Paletten entsorgt.

5.3 Besonderheiten der Untersuchung

Im Rahmen der Untersuchung wurden zwei stationäre Vorfertigungstechniken untersucht. Diese Vorfertigungsverfahren wurden von uns als Sonderverfahren eingestuft. Beide Sonderverfahren waren in Hallen untergebracht und konnten somit witterungsunabhängig produzieren.

Sonderverfahren Nr.1

Beim ersten untersuchten Sonderverfahren wurden von einer stationären Mauermaschine aus Wandelemente erstellt. Die Wandfertigung erfolgte auf einer teilautomatisierten, computergesteuerten Produktionsanlage. Die individuellen Planvorgaben der Kunden werden hierbei mit einem speziellen Programm für die Produktion umgesetzt. In die Wandelemente, die bis zu 7,00 m lang und bis 2,75 m hoch sein können, werden Aussparungen (z.B. für Türen und Fenster), Rolladenkästen usw. exakt eingebracht. Auch hier gibt es einen Versetzmaurer, der auf der stationären Arbeitsplattform steht, die Anlage bedient und mit der Versetzzange Steine auf die in Hüfthöhe eingestellte Arbeitsschiene versetzt. Ein Bauhelfer schneidet die Steine zu, bringt diese zur Arbeitsplattform, verfugt und kratzt überschüssigen Mörtel von den Steinen.

Nach ca. 3 Tagen Trocknungszeit werden diese vorproduzierten individuell planbaren Mauerwandelemente aus allen gängigen Steinarten (Kalksandstein, Bimsstein, Ziegelstein) auf einen Transporter verladen und zur Montage auf die Baustelle befördert. Das Geschoss eines Einfamilienhauses kann so in ca. 5 Stunden montiert, der gesamte Rohbau in 2-3 Wochen erstellt werden.

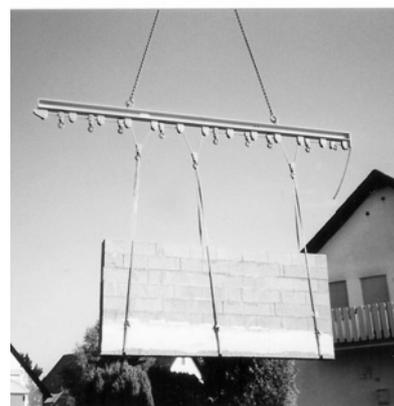


Abbildung 5.3-1

Sonderverfahren Nr.1

Sonderverfahren Nr.2

Beim zweiten Sonderverfahren wurden auf einer teilautomatisierten Produktionsanlage in einem Ziegeleiwerk, ebenfalls von einer stationären Mauermaschine aus Wandelemente erstellt. Verarbeitet wurden die im Werk hergestellten Ziegelsteine.

Auf der Anlage wechselten sich zwei Versetzmaurer mit dem Bedienen des automatischen Mörtelschlittens und dem Versetzen der Steine auf die Arbeitsschiene ab. Ein Bauhelfer verfügt und kratzt überschüssigen Mörtel von den erstellten Wandelementen.



Abbildung 5.3-2

Sonderverfahren Nr.2

6. Ergebnisse

6.1 Belastungs- und Beanspruchungsanalyse des Bewegungs-Systems

Die hier aufgeführten Ergebnisse beruhen auf insgesamt 50 weitgehend ganzschichtigen Messungen, die mit dem Verfahren AEB auf 15 Baustellen an 3-5 Tagen erhoben und mit dem Datenanalyseprogramm ADAB aufbereitet wurden.

Das AEB-Verfahren erlaubt die Aufnahme von körperlichen Belastungskomponenten, die sich aus den Körperhaltungen (Arbeitshöhen), Lasten (Materialien), Beinstellungen und weiteren die Last charakterisierenden Merkmalen sowie einer exakten Zeitregistrierung ergeben. Für die Auswertung und Ergebnispräsentation wurde eine Einteilung in 3 Maurertypen vorgenommen (Kapitel 5.2):

- Minikran-Versetzer – MKV (n = 18 Messungen)
- Minikran-Helfer – MKH (n = 11 Messungen)
- Mauermaschine-Versetzer – MMV (n = 16 Messungen)

Die Ergebnisse aller Untersuchungen werden im Folgenden mit den aus der FLEISCHER-Studie bekannten Daten des „Zweihandmaurers per Hand“ (ZHM) verglichen.

6.1.1 ADAB-Aufnahmezeiten

Die nachfolgenden ADAB Auswertungen beziehen sich auf die dargestellten Gesamtaufnahmezeiten, die für die drei Versetzmaurertypen folgendermaßen aussehen (Abb. 6.1.1):

- Minikran-Versetzer wurden insgesamt 109,8 Stunden aufgenommen (AEB = 109043 Einzeleingaben). Die durchschnittlich beobachtete Schichtdauer lag bei 6,1 Arbeitsstunden je Arbeitstag.
- Minikran-Helfer wurden insgesamt 69,4 Stunden registriert (71208 Einzeleingaben), was einer durchschnittlich beobachteten Schichtdauer von 6,3 Stunden je Arbeitstag entspricht.
- Versetzer an Mauermaschinen sind über insgesamt 92,9 Stunden (93124 Einzeleingaben) gemessen worden und kommen damit auf eine durchschnittliche Schichtdauer von 5,8 Stunden je Arbeitstag.

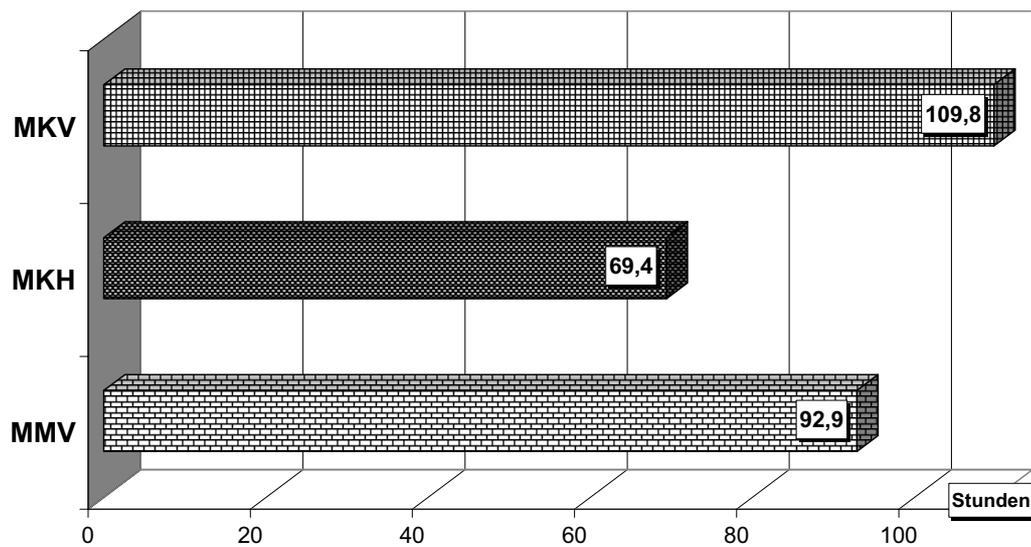


Abbildung 6.1.1 Mit ADAB ausgewertete Gesamtaufnahmezeiten

Der Unterschied der AEB-Aufnahmezeiten zwischen den Verfahren ergibt sich durch die Anzahl der untersuchten Maurer. Bei den insgesamt 30 Maurern sind 18 Aufnahmen bei 9 Minikran-Versetzern, 11 Aufnahmen bei 7 Minikran-Helfern, 16 Aufnahmen bei 10 Mauermaschinen-Versetzern sowie 5 Aufnahmen bei 4 Maurern von 2 Sonderanfertigungen erhoben worden.

Für die im Zuge der FLEISCHER-Studie mit AEB aufgenommenen Zweihandmaurer, die großformatige Steine per Hand vermauert haben, liegen 31 Aufnahmen vor, deren Auswertung in ADAB folgende Verteilung zeigt:

- Die Zweihandmaurer wurden über 144,2 Stunden aufgenommen, was einer durchschnittlichen Registrierungsdauer von 4,7 Stunden pro Maurer und Arbeitstag entspricht.

6.1.2 Tätigkeitsstruktur

Die Aufgaben und Tätigkeiten des Maurers sind vielfältig. Neben dem Mauern in unterschiedlichen Arbeitshöhen und dem gelegentlichen Tragen von Lasten fallen Loten, Messen, Richtschnur versetzen, Positionieren, Glätten, Kratzen, Verfugen, Streichen, Wischen, Rühren, Fegen sowie weitere handwerkliche Tätigkeiten und das Be- und Entladen des Krans an. Es sind aber auch Zeiten für Ortswechsel, das Planen, Kranwartezeiten u.a. erforderlich. In Abbildung 6.1.2 sind die wichtigsten Zeitanteile der Tätigkeiten dargestellt.

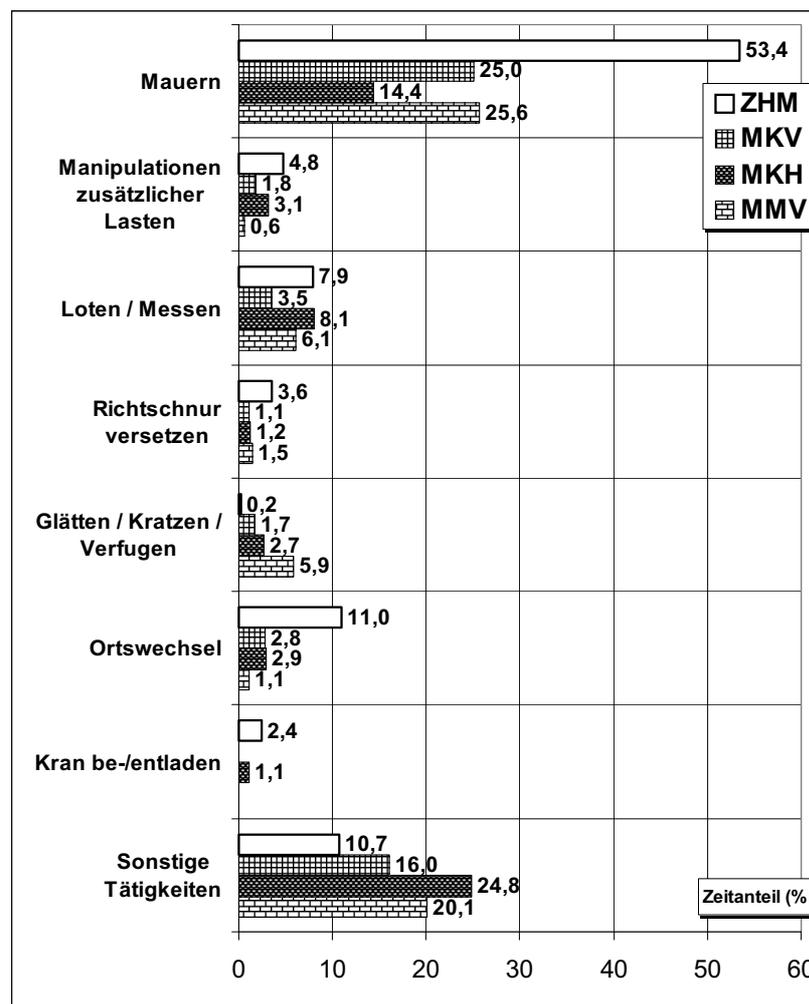


Abbildung 6.1.2 Prozentuale Zeitanteile der registrierten Tätigkeiten

- Der Anteil am Mauern ist bei den Versetzern an Minikranen und Mauermaschinen fast gleich.
- Der Anteil an Lastmanipulationen liegt bei Versetzern an Minikranen dreimal höher als bei Versetzern an Mauermaschinen.
- Beim Loten, Messen und Verfugen liegen die Versetzer an Mauermaschinen anteilmäßig am höchsten, da sie kleinere Steinformate versetzen und daher öfter Justieren und Verputzen müssen.
- Ortswechsel kommen bei der Minikrantechnik mehr als doppelt so häufig vor wie beim Mauermaschineneinsatz, was an der günstigen Lagerung der Baumaterialien direkt auf der Arbeitsplattform der Mauermaschine liegt.
- Der Anteil der „Sonstigen Tätigkeiten“ ist bei den Minikran-Versetzern niedriger als bei den Mauermaschine-Versetzern, da die Minikran-Helfer viele Tätigkeiten übernehmen, die die Mauermaschine-Versetzer selbst ausführen müssen.

Fazit

Bei der Vielfalt der Tätigkeiten wird nur noch etwa ein Viertel der Arbeitszeit tatsächlich gemauert, bei der Arbeit mit Zweihandsteinen waren es dagegen mehr als die Hälfte der Arbeitszeit. Dies kann durch das erhöhte Versetztempo der Maschinen und die größeren Steinformate erklärt werden. Für Zweihandmaurer ist neben der reinen Maurertätigkeit der Zeitanteil für zusätzlich manipulierte Lasten mit 4,8% etwa 2,7x so hoch wie bei Minikran-Versetzern und 8x so hoch wie bei Mauermaschinen-Versetzern. Auch beim Messen und Richtschnur versetzen, liegen die Zweihandmaurer prozentual deutlich höher, was ebenfalls durch die Formatgröße der Steine und die Arbeitstechnik zu begründen ist. Auch Ortswechsel und Kranentladungen kommen in der Arbeitszeit der Zweihandmaurer häufiger vor, da Handwerkszeug wie Mörtelimer, Wasserwaage, Kelle, Hammer, etc. öfter geholt, getragen und umgelagert werden müssen. Während Maurer, die Versetzhilfen bedienen, die Maschinen für Transportaufgaben benutzen können, sind die Zweihandmaurer auf den Turmdrehkran angewiesen. Anteilmäßig niedriger als die Versetzmaurer liegen die Zweihandmaurer nur beim Verfugen und den sonstigen Tätigkeiten. Versetzmaurer haben hier höhere Zeitanteile, da mit den Versetzhilfen mehr Material vermauert wird, welches sortiert, ausgepackt und entsorgt werden muss. Außerdem müssen die Versetzhilfen vorbereitet, verfahren und gepflegt, das Zubehör, wie Steinzangen und Mörtelschlitten, ausgetauscht und gesäubert werden.

6.1.3 Arbeitsorte

Der Arbeitsort hat erhebliche Auswirkungen auf die Belastung, denn er bestimmt die Haltung und Arbeitsausführung des Beschäftigten. Mit dem AEB-System können die Kategorien ebenerdig, auf dem Gerüst, auf der Leiter, Treppe hinauf und hinab und andere Arbeitsorte erfaßt werden. In Abbildung 6.1.3 ist die durch ADAB ermittelte Verteilung der Arbeitsplätze dargestellt.

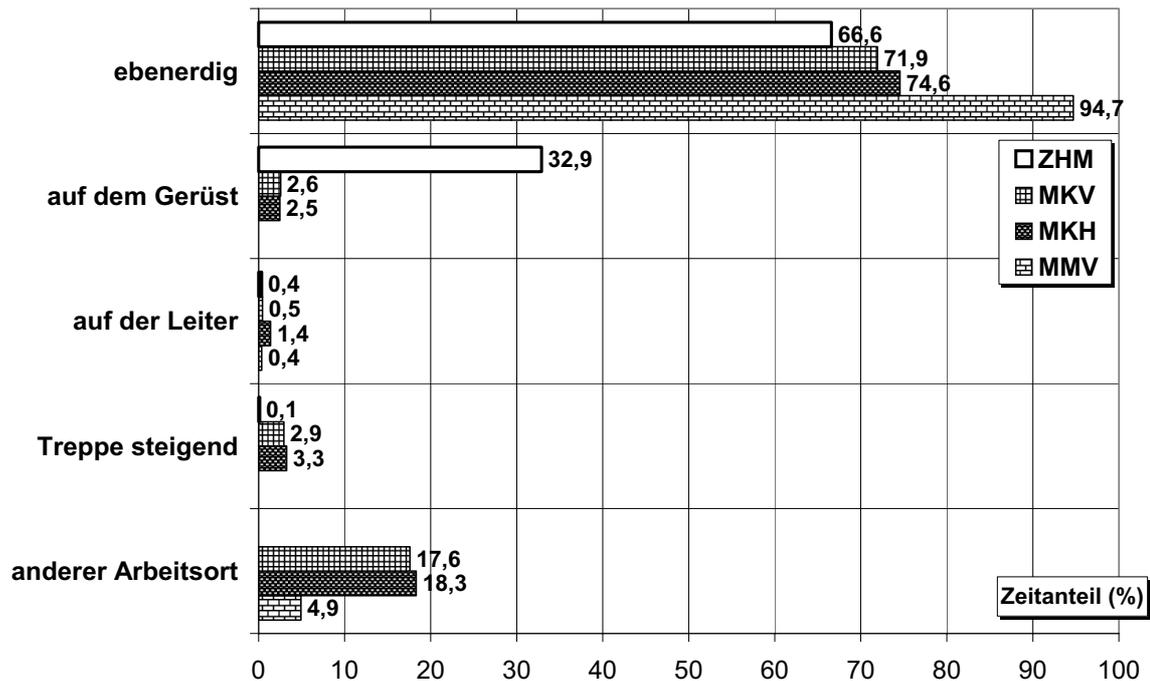


Abbildung 6.1.3

Prozentuale Zeitanteile der registrierten Arbeitsorte

Für die Maurer, die mit Versetzhilfen arbeiten, ergibt sich folgende Arbeitsplatzsituation:

- Die Mauermaschinen-Versetzer arbeiten etwa 95% der Arbeitszeit ebenerdig bzw. auf der Arbeitsplattform.
- Die Minikran-Versetzer arbeiten etwa 72% der Arbeitszeit ebenerdig und stehen mit fast 18% dreimal so oft auf einer anderen Arbeitsfläche, wie z.B. dem Rolltritt, wie Mauermaschinenmaurer.
- Gerüste und Treppen spielen für die Mauermaschinen-Versetzer keine Rolle, da fast alle Tätigkeiten von der Arbeitsplattform der Mauermaschine aus erledigt werden können.

Fazit

Die Arbeitshöhe aller Versetzmaurer ist günstiger als bei Handmaurern. Die MMV arbeiten etwa 95% der Arbeitszeit ebenerdig bzw. auf ihrer Arbeitsplattform, die MKV zu 72%. Auf Leitern und Gerüsten wird dagegen bei der Erstellung des Hintermauerwerks selten gearbeitet. Dieser Zustand ist durch die Ausstattung der Versetzhilfen erklärbar. Die Mauermaschine bietet eine Arbeitsplattform, die verfahrbar und höhenverstellbar ist und praktisch als Gerüst funktioniert. Der Minikran bildet zusammen mit dem Rolltritt eine Arbeitsstation, welche ebenfalls das Gerüst als Arbeitsort abgelöst hat. Zweihandmaurer dagegen bringen 33% der Arbeitszeit auf Gerüsten zu.

Im Gegensatz zu den Zweihandmaurern spielen für die Maurer an Versetzhilfen „andere Arbeitsorte“ eine wichtige Rolle. Die Versetzmaurer greifen aus Lagerungs- und Platzgründen gerne auf alternative Hilfsmittel wie Steinpaletten, umgedrehte Mörteltröge oder den Unterbau des Minikrans zurück.

Verblendarbeiten wurden bei der Auswertung nicht berücksichtigt, da diese häufig von anderen Kolonnen ausgeführt werden.

6.1.4 Lastenhandhabung

Bei der Beurteilung von Belastungen kommt der Erfassung der per Hand manipulierten Lastgewichte eine besondere Bedeutung zu. Das Heben schwerer Lasten kann zu Funktionsstörungen und Beschwerden der Bandscheiben, Gelenke, Muskeln und Sehnen führen. Das ADAB-Programm berechnet Werte für 7 Gewichtsklassen. Für die untersuchten Gruppen wurden jeweils die Häufigkeit (Abbildung 6.1.4-1), die Aktionsdauer (Abbildung 6.1.4-2) und der prozentuale Schichtanteil (Abbildung 6.1.4-3) sowie die Last des vermaurten Materials pro Maurer und Stunde ermittelt.

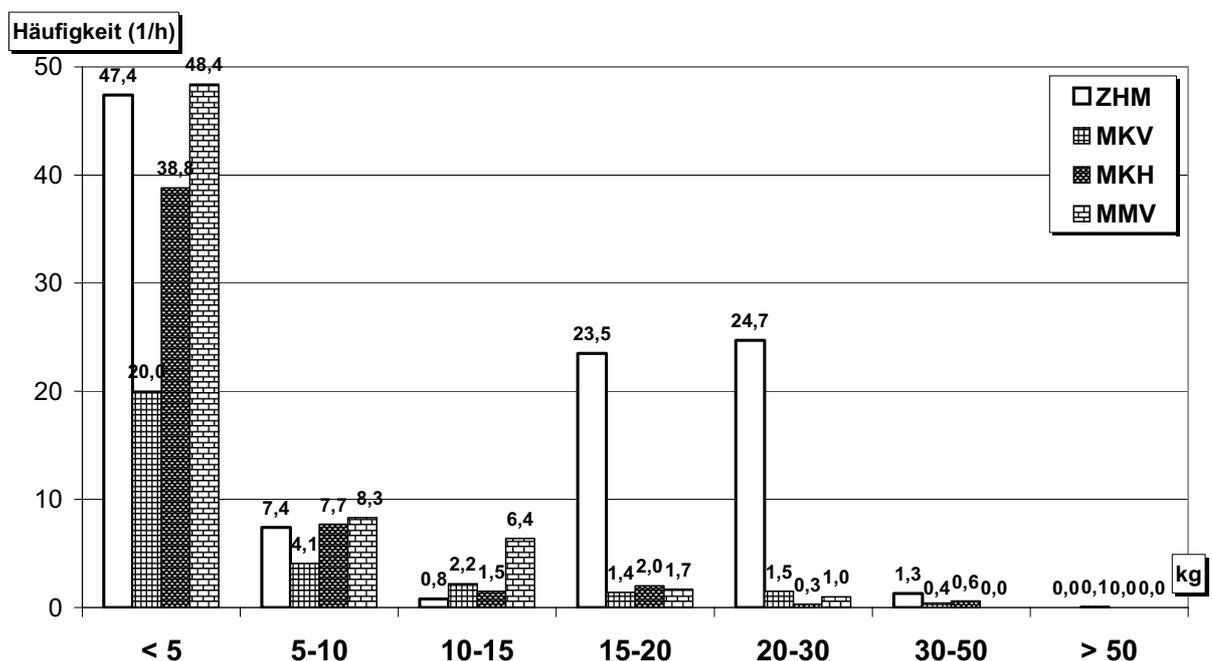


Abbildung 6.1.4-1

Häufigkeit der Lastenhandhabungen nach Gewichtsklassen (kg)

Die Untersuchung der Häufigkeiten von gehandhabten Lasten zeigt:

- Lasten unter 5 kg werden von den Versetzern an Mauermaschinen doppelt so häufig bewegt wie von den Versetzern an Minikranen.
- Materialien zwischen 5 kg und 10 kg werden von Mauermaschinen doppelt so oft und 10-15 kg schweres Bauzubehör wird fast dreimal so häufig bewegt wie von Minikranen. Bei dem Baumaterial handelt es sich hauptsächlich um kleinere zugesägte Steine, Mörtelschlitten, Wassereimer sowie Kabelrollen, die auf der Arbeitsplattform der Mauermaschine abgestellt werden können.

- In den Gewichtsklassen zwischen 15 kg und 30 kg liegen die Häufigkeiten beider Versetztechniken im gleichen Bereich. Bei den transportierten Materialien handelt es sich um gefüllte Mörtelimer, Rolltritte, Handwerkszeug, Bohrmaschinen, verfahrbare Steinsägen, Abfallsäcke und Stürze.
- Lasten über 30 kg werden von Versetzern an Mauermaschinen selten vermauert und spielen mit 0,6 Transporten pro Stunde nur für Minikran-Versetzer eine Rolle.

Fazit

Bei der Handhabung von Material und Werkzeugen überwiegen sehr geringe Lasten. Lasten unter 5 kg werden bei allen Verarbeitungstechniken zwischen 20x und 48x / Stunde bewegt (Abbildung 6.1.4-1). Diese Häufigkeit erklärt sich durch kleine Gegenstände wie Kimmsteine, Dämmstoffe, Isolierungsmatten, aber auch Messgeräte und Mörtelimer mit Handwerkszeug sowie Richtbretter. Schwere Lasten über 30 kg kommen nur selten vor. Auch mittlere Gewichte zwischen 15 – 30 kg werden auf den Baustellen mit Versetzverfahren eher selten per Hand bewegt. Zweihandmaurer arbeiten dagegen mit 23,5 – 25x /Stunde 14-16-mal häufiger mit Materialien der Gewichtsklasse 15 – 30 kg, die dem mittleren Gewicht von Zweihandsteinen entspricht. Geringere Gewichte zwischen 5 – 10 kg sowie zwischen 10 – 15 kg transportieren MMV zwei- bis dreimal so häufig wie MKV. Dabei handelt es sich hauptsächlich um kleinere Ecksteine oder zugesägte Steine, die die Steinzange nicht mehr greifen kann, aber auch um Mörtelschlitten, Mörtel- und Wassereimer sowie Kabelrollen, die auf der Arbeitsplattform der Mauermaschine abgestellt werden können.

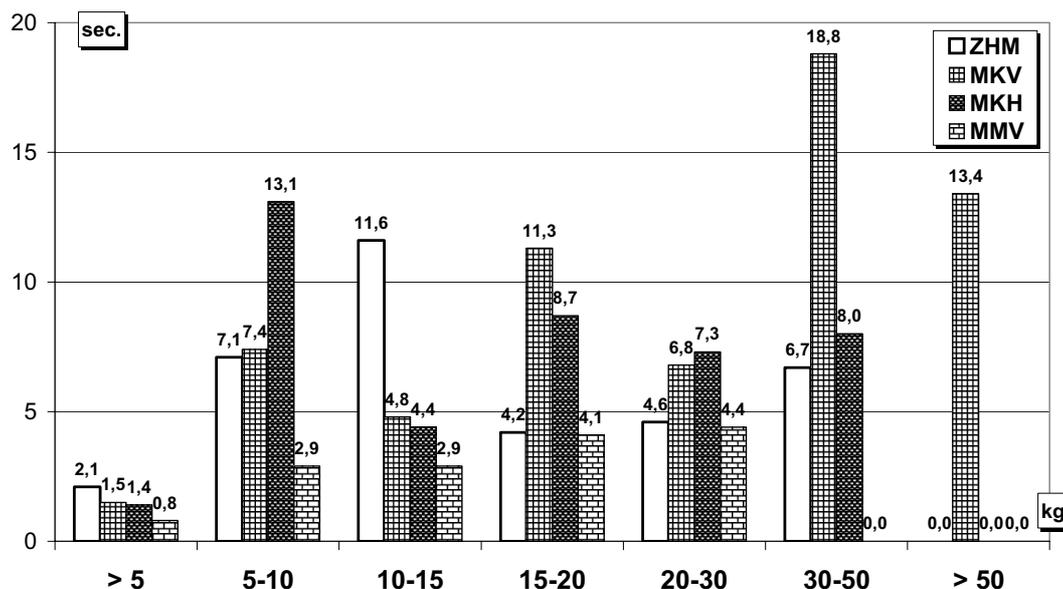


Abbildung 6.1.4-2

Aktionsdauer der einzelnen Lastaktionen

Die Haltezeiten, in denen Lasten manipuliert werden, bewegen sich in folgenden Bereichen:

- Materialien unter 5 kg werden von Minikran-Versetzern doppelt so lange gehalten (1,5 sec.) wie von Mauermaschinen-Versetzern (0,8 sec.).
- Lasten zwischen 5 -10 kg werden von Minikran-Helfern 2 – 4x so lange wie von den Versetzern an den Versetzhilfen getragen.
- Auffällig ist der Gewichtsbereich zwischen 15 kg und 20 kg, in dem Versetzer an Minikranen Transportzeiten von 11 Sekunden aufweisen und damit dreimal höher liegen als Mauermaschinen-Versetzer. Die Materiallagerung und Beschaffung ist hier ausschlaggebend. Während Minikran-Versetzer das Baumaterial überall in der näheren Umgebung aufgestapelt haben und von dort aus zum Verarbeitungsort transportieren, lagern die zu verbauenden Steine beim Mauermaschinen-Versetzer direkt auf dessen Arbeitsplattform.
- Lastgewichte ab 30 kg, die von Minikran-Versetzern selten gehandhabt werden, werden mit 13 - 19 Sekunden sehr lange gehalten, was wiederum auf Unterschiede in der Materiallagerung zurückgeführt werden kann.

Fazit

Die mittlere Dauer der Lastenmanipulationen beträgt bei den Versetzmaurern überwiegend 4 bis 11 Sekunden und ist somit für die Muskelermüdung ohne erhebliche Bedeutung.

Lasten unter 5 kg werden von Zweihandmaurern mit 2 Sekunden zwar nur kurzzeitig aber trotzdem länger als von den Versetzmaurern bewegt. Gewichte zwischen 10 – 15 kg werden von den Zweihandmaurern mit 12 Sekunden länger transportiert. Bei den Mauermaschine-Versetzern ist die Haltedauer mit bis 4,4 Sekunden am kürzesten. Diese kurzen Zeiten erklären sich durch die Lagerung des Baumaterials auf der Mauermaschinenplattform. Alle oft benötigten wichtigen Materialien liegen in unmittelbarer Nähe des Mauermaschinenmaurers und sind somit schnell erreichbar.

Materialien über 50 kg werden ausschließlich von Versetzern an Minikranen gehandhabt. Minikran-Versetzer haben aufgrund ihres Arbeitsplatzes weitere Wege, um das Arbeitsmaterial zu beschaffen, daher werden Lasten auch länger getragen. Ab und zu werden Stürze und zugesägte Steine mit höheren Gewichten nicht mit dem Minikran, sondern per Hand versetzt, da ein Austausch der Steinzange für das andere Steinformat als zu umständlich angesehen wird.

Aus Häufigkeiten und Dauer der Lastenmanipulationen leiten sich die Gesamtzeiten der Schicht ab, in denen Lasten bestimmter Gewichtsklassen zu handhaben sind.

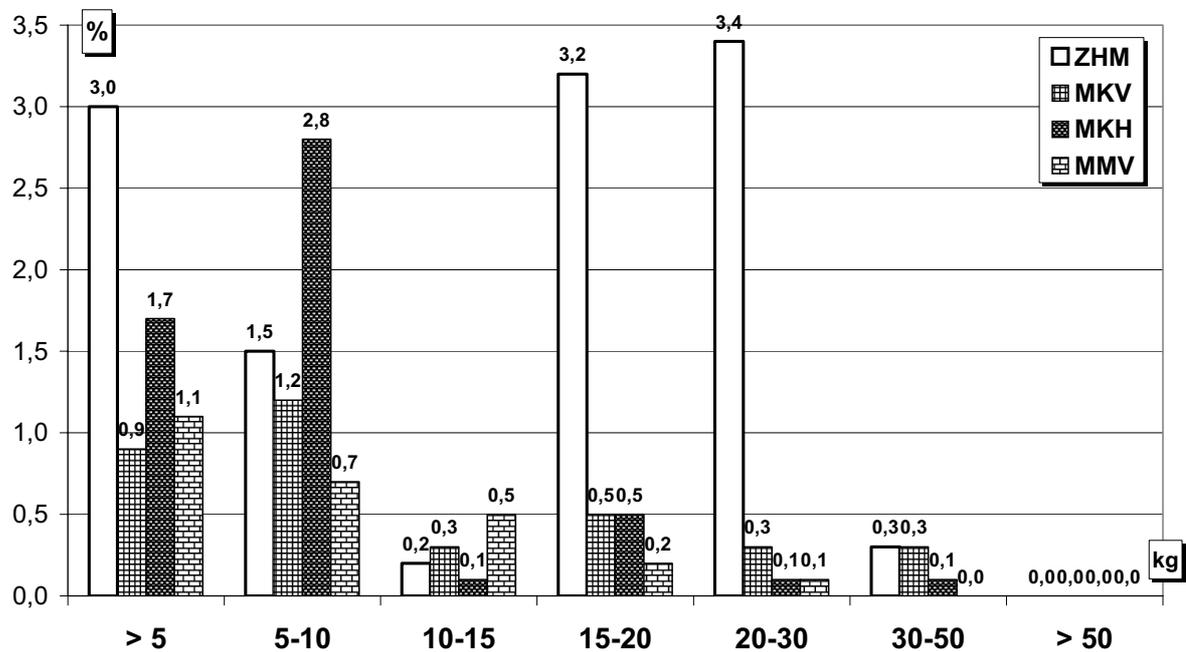


Abbildung 6.1.4-3

Prozentualer Schichtanteil der manipulierten Lasten

Für die Manipulation von Lasten ergibt sich folgende prozentuale Verteilung:

- Der Anteil an Materialien unter 10 kg ist bei Minikran-Helfern mit 2,8% der Schichtzeit (= 11 Minuten einer 8-Stunden-Schicht) etwa doppelt bis dreimal so hoch wie die Schichtanteile der übrigen Versetzmaurer.
- Baumaterial über 10 kg wird von den Versetzmauern nur in geringen Zeitanteilen der Arbeitsschicht bewegt. Minikran-Versetzer transportieren 1,4% der Schichtzeit (= ca. 7 Minuten einer 8-Stunden-Schicht) Lasten von mehr als 10 kg, darunter 0,5% zwischen 15 und 20 kg sowie jeweils 0,3% in den übrigen Klassen bis 50 kg. Minikran-Helfer weisen mit 0,8% (= ca. 4 Minuten) sogar noch geringere Zeitanteile Lasten von mehr als 10 kg auf. Für die Versetzer an Mauermaschinen ergeben sich mit insgesamt 0,9% ähnliche Werte. Die Zeitunterschiede zwischen den Gewichtsklassen zwischen 10 kg und 50 kg sind auch hier nur gering.

Fazit

Es zeigen sich deutlich tätigkeitsbezogene Unterschiede. Alle Versetzer haben eine nach Häufigkeit, Dauer und Gesamtschichtbelastung geringe Gewichtsbelastung, die sich sehr erheblich von derjenigen der Zweihandmaurer unterscheidet: Diese haben 6,9% der Schichtzeit Lasten zwischen 15 und 50 kg per Hand zu transportieren. Diese effektive Belastungszeit, die vom Moment der Aufnahme bis zum Zeitpunkt des Absetzens bestimmt wird und keine Pausen durch Rückbewegungen zur nächsten Last u. ä. enthält, machen bei Zweihandmaurern 33 Minuten einer 8-Stunden-Schicht aus. 5 – 10 kg werden von Minikran-Helfern mit 2,8% anteilmäßig am häufigsten pro Schicht bewegt. 10 – 15 kg schwere Materialien machen mit 0,5% bei Mauermaschinen-Versetzern den höchsten Schichtanteil aus. Gewichte über 30 kg kommen kaum vor. Der Schichtanteil von Lasten unter 5 kg ist bei Zweihandmaurern mit 3,0% am höchsten und mittlere Gewichte zwischen 15 – 20 kg sowie 20 – 30 kg werden von den Zweihandmaurern ebenfalls am häufigsten pro Arbeitstag gehandhabt.

6.1.5 Dynamischer Bandscheibendruck der unteren LWS

Für die Belastung des unteren Rückens und mögliche Folgen für Rückenschmerzen oder strukturelle Schädigungen der Lendenwirbelsäule geben die biomechanisch berechneten Bandscheibendrucke eine Orientierung. Mit ADAB können Berechnungen und Aussagen sowohl für statische als auch dynamische Bandscheibendrucke durchgeführt werden. Auf den folgenden Abbildungen ist die Verteilung von Last-Haltungs-Kombinationen in ihren Auswirkungen auf den dynamischen Bandscheibendruck bei L5/S1 dargestellt. Es werden die Häufigkeit (Abbildung 6.1.5-1), die Dauer des einwirkenden Drucks (Abbildung 6.1.5-2) und die Dauer des Drucks pro Stunde in Prozent (Abbildung 6.1.5-3) erläutert.

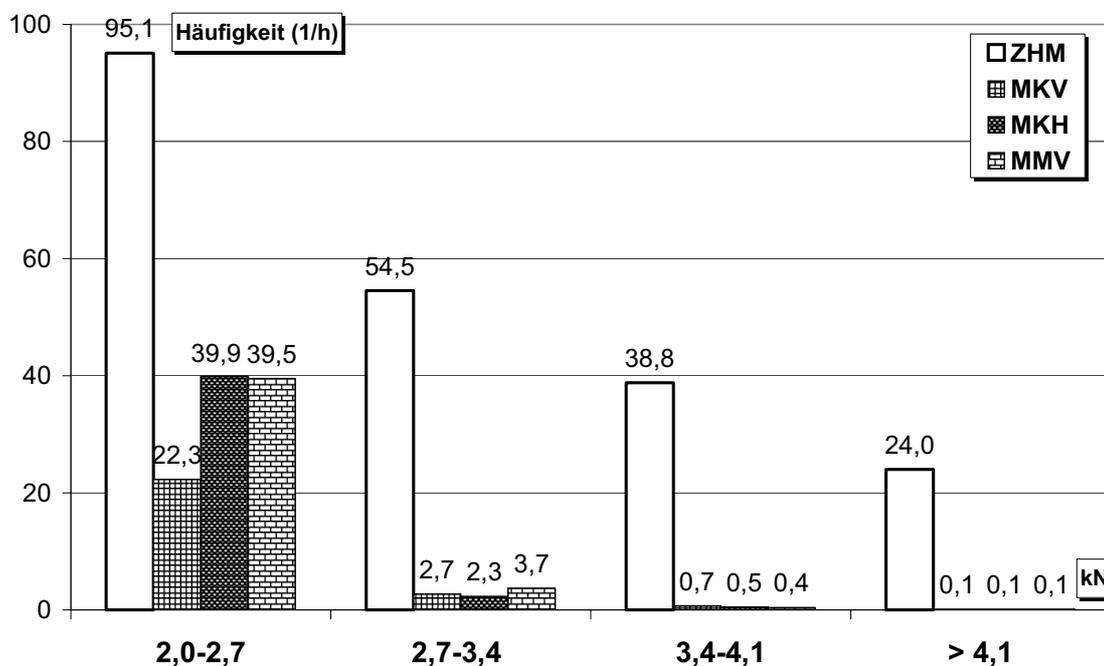


Abbildung 6.1.5-1

Häufigkeit der erreichten Bandscheibendrucke bei L5/S1
in kN pro Maurer und Stunde

Die Auswertung der Häufigkeiten der Bandscheibendrucke am Segment L5/S1 zeigt:

- Bandscheibendrucke unter 2,7 kN werden von den Versetzern an Mauermaschinen fast doppelt so häufig erreicht als von den Versetzern an Minikranen.
- 3,7 x / Stunde erreichen Mauermaschinen-Versetzer Drücke zwischen 2,7 und 3,4 kN. Damit weisen sie 1,3-mal häufiger diese Belastung auf als Minikran-Versetzer.
- Im Bereich zwischen 3,4 und 4,1 kN werden beide Versetzergruppen gleichmaßen beansprucht. Höhere Belastungen über 4,1 kN treten kaum auf.

Fazit

Belastungen unter 2,7 kN kommen bei den Versetzmauern mit 22 – 40x / Stunde zwar öfter vor, liegen aber weit unter der Anzahl der Zweihandmaurer, die diese Drücke 95x / Stunde aufweisen. Das Arbeiten mit Versetzhilfen verlangt andere Arbeitsabläufe. Schon bei der Planung wird auf eine effiziente und ergonomisch günstige Anordnung der Arbeitsmaterialien geachtet. So kommen belastende Arbeiten nicht so oft vor. Aufgrund der Steinformate und Versetzleistung können belastende Positionen schneller verlassen werden. Bei den Versetzverfahren treten Bandscheibendrucke im Bereich von 2,7 bis 3,4 kN mit 2,3 bis 3,7x / Stunde eher selten auf, während Zweihandmaurer hier mit 54,5x / Stunde deutlich höhere Frequenzen erreichen. Belastungen über 3,4 kN, denen eine gesundheitlich nachteilige Wirkung für die Bandscheiben zugeschrieben wird (Kapitel 2.2), kommen bei allen Versetzverfahren praktisch nicht mehr vor. Zweihandmaurer weisen dagegen noch 38,8x / Stunde Drücke über 3,4 kN auf.

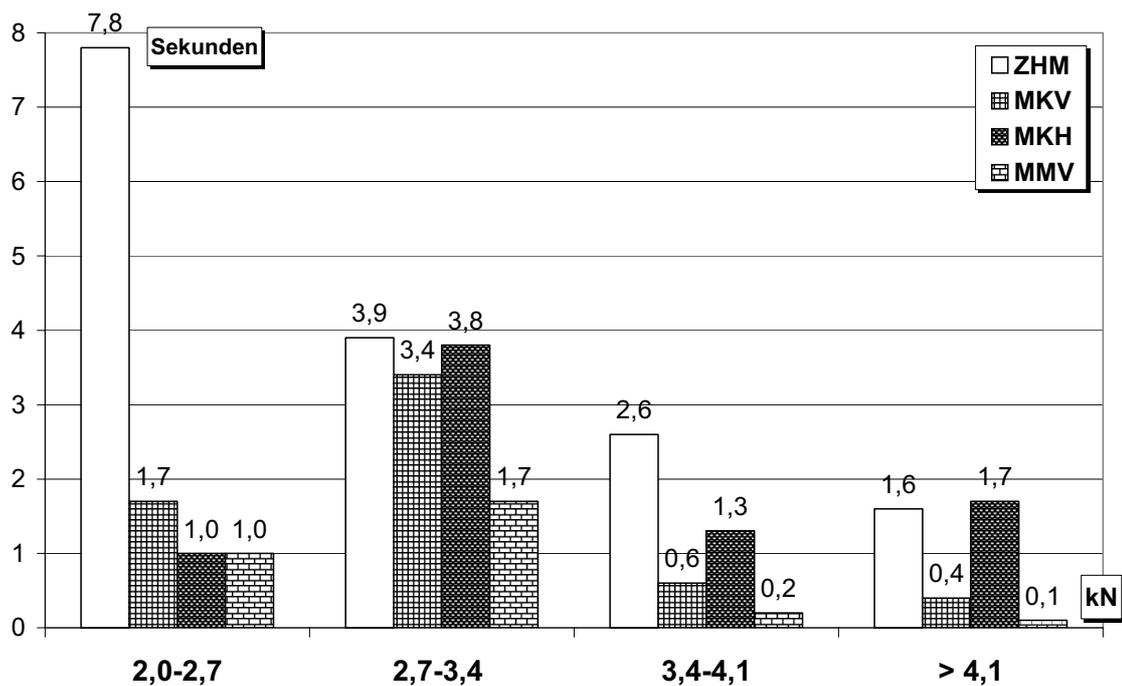


Abbildung 6.1.5-2

Aktionsdauer der einzelnen Bandscheibendrucke

Die erreichte Dauer der unterschiedlichen Bandscheibendrucke bewegt sich in folgenden Grenzbereichen:

- Versetzer an Minikranen sind Belastungen unter 2,7 kN 1,7x so lange ausgesetzt wie Mauermaschinen-Versetzer.
- Im Druckbereich zwischen 2,7 und 3,4 kN liegen die Minikran-Versetzer mit durchschnittlich 3,4 Sekunden Belastungszeit doppelt so hoch wie die Maurer, die Mauermaschinen bedienen.
- Während Mauermaschinen-Versetzer praktisch keine messbaren Haltezeiten im Bereich über 3,4 kN aufweisen, liegen die Minikran-Helfer nun in allen Bereichen über 2,7 kN über der Belastungsdauer der Minikran-Versetzer. Zum Teil werden doppelt bis vierfach so hohe Haltezeiten erreicht als das bei den Maurern, die Minikrane steuern der Fall ist.

Fazit

Bei den Versetzverfahren bewegen sich die Haltezeiten von Belastungen unterhalb von 2,7 kN zwischen 1,0 bis 1,7 Sekunden. Bei den Zweihandmaurern dauern Belastungen in diesem niedrigen Bereich mit 7,8 Sekunden deutlich länger und kommen 2,4 bis 4,3x so häufig vor. Einzelbelastungen im Bereich zwischen 2,7 und 3,4 kN dauern bei den Versetzmaurern mit 1,7 bis 3,8 Sekunden nicht so lange wie bei den Zweihandmaurern, die diesen Drücken durchschnittlich 4,0 Sekunden ausgesetzt sind. Bei den seltenen Ereignissen der verschiedenen Versetzmaurer, Belastungen der LWS oberhalb 3,4 kN zu erfahren, bewegt sich auch deren Dauer in einem sehr niedrigen Bereich bis maximal 1,7 Sekunden je Einzelbelastung. Bei Zweihandmaurern mit häufiger Lastenhandhabung in diesem Bereich liegt die Aktionsdauer mit 2,6 Sekunden pro Aktion 1,5x so hoch.

Die Zusammenführung von Häufigkeiten und Dauer der Druckbelastungen der LWS gibt eine Übersicht über die zeitliche Gesamtbelastung (Abbildung 6.1.5-3). Sie ist erwartungsgemäß für alle Tätigkeiten der Versetzer sehr gering.

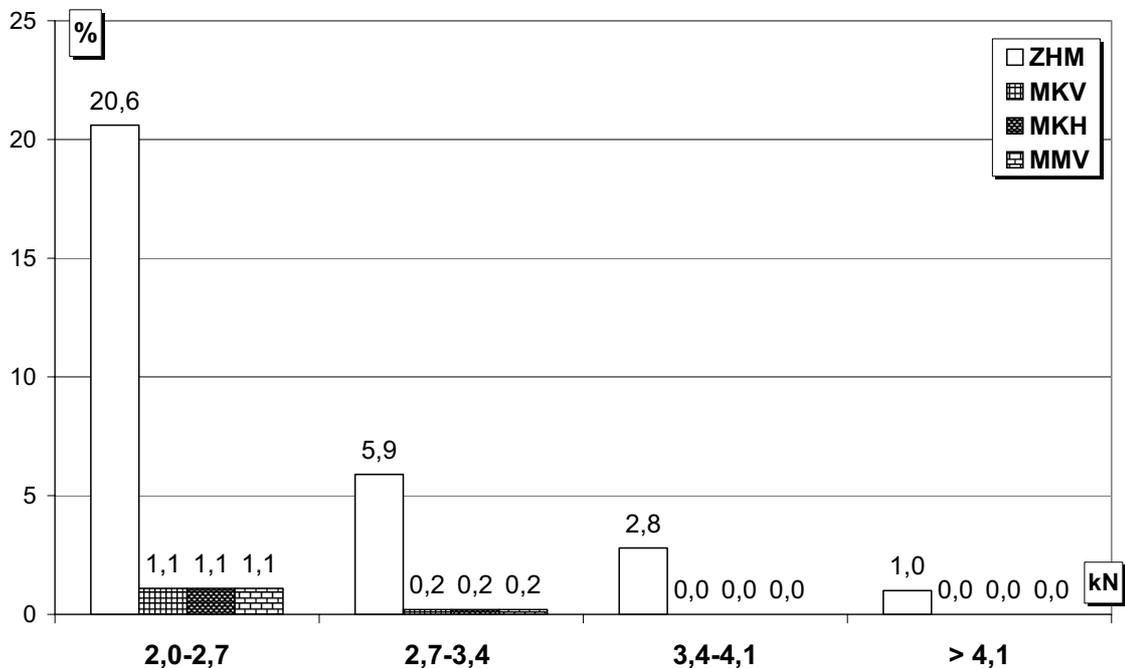


Abbildung 6.1.5-3

Prozentualer Schichtanteil der dynamischen Bandscheibendrucke

Für die biomechanischen Belastungen beim Umgang mit Versetzhilfen ergeben sich folgende Werte:

- Der Anteil der Belastungen unter 3,4 kN liegt bei allen 3 Maurertypen im gleich niedrigen Bereich. Belastungsbereiche über 3,4 kN werden praktisch nicht erreicht.

Fazit

Dem Bereich unter 2,7 kN werden Maurer mit Versetzhilfen bis zu 1,1% des Tages ausgesetzt, wohingegen Zweihandmaurer mit 20,6% wesentlich höher belastet werden. Belastungen zwischen 2,7 und 3,4 kN machen bei den Versetztechniken maximal 0,2% der Schicht aus, während Zweihandmaurer mit 5,9% pro Schicht 29,5-mal öfter belastet werden. Die Versetzverfahren weisen keine wesentlich messbaren Drücke über 3,4 kN auf. Die Zweihandmaurer erreichen hier noch durchschnittlich Anteile von 3,8% pro Schicht.

Die Versetzhilfen entlasten den Maurer nicht nur durch ihre Transportfunktion, sondern auch durch eine andere Baustellenplanung und Arbeitsplatzeinrichtung sowie die Arbeitsmaterialien. Die großen Steinformate können gar nicht anders als mit der Versetzhilfe transportiert werden und tragen dazu bei, schnell aus unbequemen und belastenden Körperpositionen herauszukommen. Damit können sowohl bandscheibenschädigende als auch muskuläre Rückenschmerzen verursachende Belastungen der Versetzer an beiden Techniken ausgeschlossen werden.

6.1.6 Belastende Körperhaltungen

Um eine Belastung einschätzen zu können, ist die Körperhaltung ein wichtiges Kriterium. Die Körperhaltung wird durch viele Faktoren beeinflusst. Tätigkeit und Arbeitsort bestimmen die Arbeitsausführung des Maurers. Jeder Maurer hat seine eigene Bewältigungsstrategie und somit Körperposition, um eine Aufgabe zu erledigen. Den einzelnen Tätigkeiten können auf dem AEB-Registrierungstafel Arbeitshöhen und Beinstellungen zugeordnet werden. Dabei werden 7 Arbeitshöhen wie unter Standfläche, Bodenhöhe, Kniehöhe, Hüfthöhe, Brusthöhe, Augenhöhe und über Kopf unterschieden. Die Beinstellung kann über 6 Kategorien wie stehend, hockend, einbeinig und zweibeinig kniend, kniend sitzend und sitzend beschrieben werden. Arbeitshöhe und Beinstellung beeinflussen den Beugungsgrad des Oberkörpers.

Körperhaltungen, die über längere Zeiträume beibehalten werden müssen, wie Arbeiten in gebeugter Position in unterschiedlicher Höhe sowie Haltearbeiten von Lasten, werden als Zwangshaltungen bezeichnet. Die andauernde Haltearbeit führt zu Verspannungen der Muskulatur und wird als anstrengend erlebt. Bei längerer Haltedauer kommt es zu Durchblutungsstörungen, Sauerstoffmangel und Ermüdung der Muskulatur, was zeitweilige Beschwerden hervorruft, die wenn es keine ausreichenden Erholungsphasen gibt, zu dauerhaften Rückenschmerzen führen können. Abbildung 6.1.6-1 zeigt die prozentuale Verteilung der Arbeitshöhen.

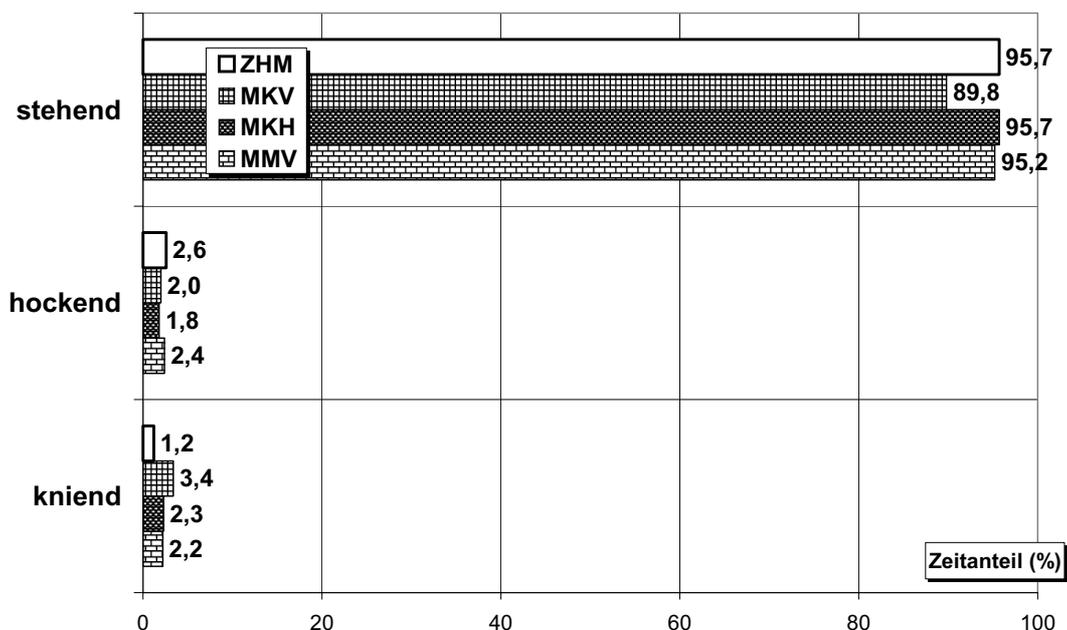


Abbildung 6.1.6-1

Prozentuale Zeitanteile der registrierten Körperhaltungen

Für die Versetzmaurer ergibt sich folgende Verteilung:

- Alle Versetzmaurer verbringen mit 89,8 - 95,7% erheblich viel Zeit in stehender Position, während sie nur 4,1 – 5,4% der Arbeitszeit in hockenden und knienden Arbeitshöhen verweilen. Von der Zeit, die im Stehen gearbeitet wird, entfallen bis zu 60,7% auf Positionen in Brusthöhe, was eine enorme Erleichterung und Belastungsverminderung für die Wirbelsäule bedeutet.

Fazit

Zweihandmaurer befinden sich zu 96% der Arbeitszeit in stehender Position, allerdings entfallen nur 24% davon auf Arbeiten, die in Brusthöhe und somit in einer aufrechten und die Wirbelsäule entlastenden Körperposition durchgeführt werden können. Bei den Versetzmaurern ist der Anteil doppelt so hoch und damit die Belastung der Gelenke und Muskeln dementsprechend reduziert.

Eine mit der Lastenhandhabung konkurrierende Rückenbelastung kann durch Zwangshaltungen bei gebeugtem bzw. gebücktem Stehen, Hocken oder Knien auftreten. Im folgenden sind die prozentualen Zeitanteile der Körperhaltungen im Stehen (Abbildung 6.1.6-2) und Knien/Hocken (Abbildung 6.1.6-3) aufgeführt.

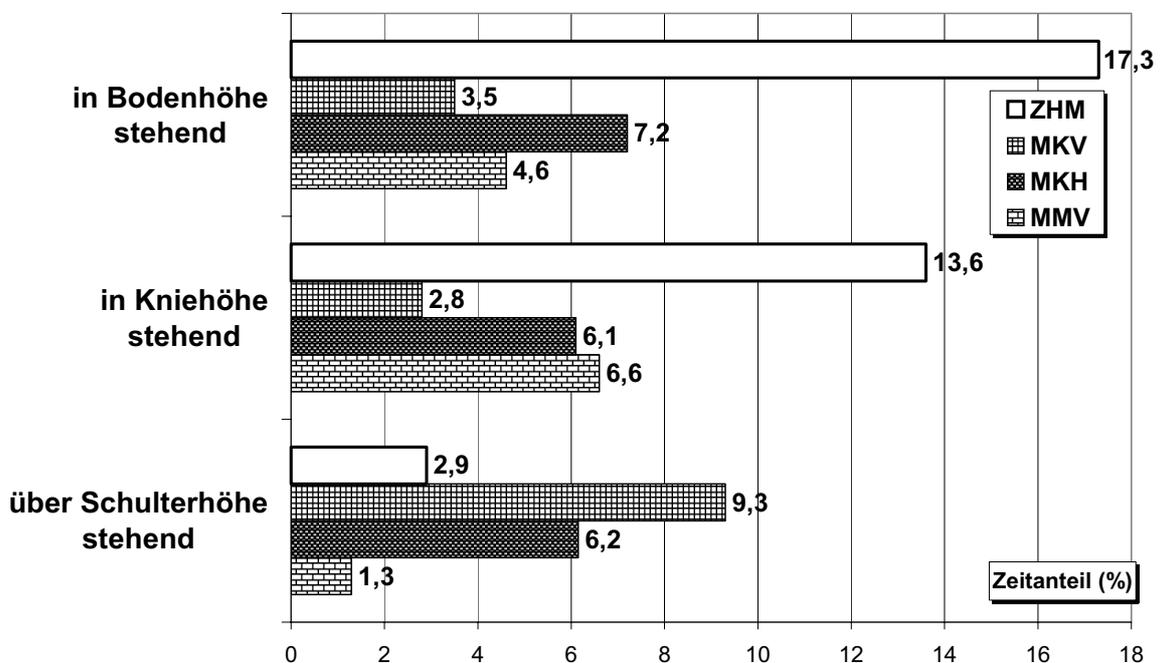


Abbildung 6.1.6-2

Zwangshaltungen in % der Schichtzeit

Wie in Abbildung 6.1.6-1 beschrieben, liegt der stehende Arbeitsanteil der Versetzmaurer über 89,8%. Davon entfallen folgende Anteile auf ungünstige schädigende Positionen:

- Der Anteil, den die Minikran-Helfer beim Arbeiten im Stehen in Bodenhöhe aufweisen, ist beinahe doppelt so hoch wie der Anteil der Versetzer an Minikranen und Mauermaschinen, die zwischen 3,5 - 4,6% in Bodenhöhe arbeiten. Diese Zeitanteile kommen aller Wahrscheinlichkeit nach durch das Anlegen der Kimmschicht zustande, die sehr präzise und genau ausgemessen und gemauert wird.
- Arbeiten in Kniehöhe und im Stehen werden von Mauermaschine-Versetzern und Minikran-Helfern anteilmäßig fast gleich lange ausgeführt, während Versetzer an Minikranen hier mit 2,5% nur einen geringen Zeitanteil aufweisen. Da die Minikran-Versetzer mit größeren Steinformaten arbeiten, fallen nicht so viele Tätigkeiten an, die in Kniehöhe ausgeführt werden müssen.
- Auffällig ist beim Mauern in stehender Position im Hüftbereich, dass die Versetzer an Mauermaschinen anteilmäßig fast doppelt so lange in diesem Bereich arbeiten als Maurer mit Minikranen. Diese große Differenz ergibt sich durch die verfahrbare Arbeitsplattform der Mauermaschine, die vom Versetzer je nach Baufortschritt in eine für ihn angemessene ergonomisch-günstige Position gebracht werden kann.
- Arbeiten, die im Stehen und über Schulterebene ausgeführt werden müssen, spielen für die Versetzer an Mauermaschinen keine Rolle, da sie auch hier die Möglichkeit der Arbeitsplattform nutzen und diese so einstellen können, dass es zu keinen Kopf-, Nacken-, Schulter- und Armbelastungen kommen muss. Der Anteil von 1,3% fiel an, da die Plattform nicht hoch genug ausgefahren wurde.

Der Anteil der Minikran-Versetzer ist in diesem Bereich mit 9,3% am höchsten, was aber nicht bedeutet, dass dadurch Schulter und HWS-Bereich besonders belastet werden. Bei den Maurern, die mit Minikranen versetzen und dabei Arbeiten über Schulterniveau ausführen, treten keine belastenden Haltezustände, sondern teilweise sogar entlastende Zeitabschnitte auf. Die Minikran-Versetzer halten sich an der Hydraulik der Versetzzangen fest und lassen sich von diesen nach oben ziehen, während sie den Rolltritt hochgehen. Gelenkbelastungen durch Armhaltungen über Schulterniveau entfallen somit weitgehend.

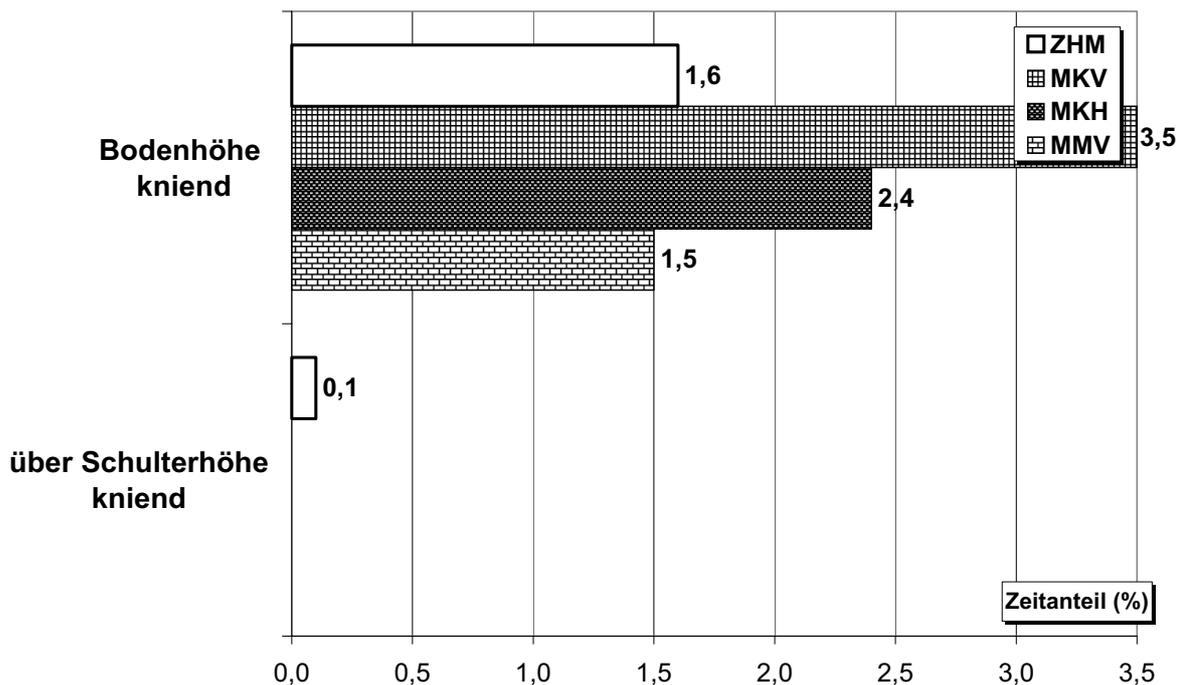


Abbildung 6.1.6-3

Zeitanteile von Zwangshaltungen im Knieen und Hocken

Wie in Abbildung 6.1.6-1 beschrieben, liegt der kniende/hockende Arbeitsanteil der Versetzmaurer zwischen 1,8 – 3,4%. Die zeitliche Gesamtbelastung im Knie- und Hüftgelenksbereich bei Arbeiten im Knieen und Hocken gestaltet sich folgendermaßen:

- Der Anteil, den die Minikran-Versetzer beim Arbeiten in kniender/hockender Position und in Bodenhöhe verbringen, ist doppelt so hoch wie der Anteil, den Mauermaschine-Versetzer aufwenden müssen. Die Ursache sind vorwiegend Steinschneide- und Kimmschichtarbeiten sowie Mess- und Justierungsaufgaben, die formatbedingt genauer ausgeführt werden müssen. Bei den Mauermaschine-Vesetzern ist hingegen zu beobachten, dass sie, um ein Verfahren der Mauermaschine zu vermeiden, Kimmschichten auch von der Mauermaschinenplattform aus anlegen, was zwar zeitsparend, aber wirbelsäulenbelastender ist.
- Arbeiten in Kniehöhe und über Schulterhöhe in kniender/hockender Körperhaltung kamen praktisch nicht vor.

Fazit

Körperhaltungen, die als unangenehm und belastend empfunden werden, können auch durch den Einsatz von Versetzhilfen nicht gänzlich aus dem Anforderungsprofil des Maurers entfernt werden. Sie treten allerdings erheblich reduziert auf. Trotzdem sind diese Zeiten für die ergonomische Beurteilung noch von Interesse, denn größere Zeitanteile gebeugter / gebückter Tätigkeit können auch ohne die Handhabung schwerer Lasten Rückenschmerzen verursachen.

Zweihandmaurer arbeiten etwa ein Drittel der Schichtzeit im gebeugten ($> 30^\circ$ Rumpfneigung) oder gebückten ($> 60^\circ$ Rumpfneigung) Stehen. Diese Zeiten sind für die MMV sowie die MKH etwa auf die Hälfte, für die MKV sogar auf ein Drittel reduziert.

Stehend ausgeführte Arbeiten in Bodenhöhe und Kniehöhe mit hohen Dauerbelastungen der Rückenstrecker im unteren LWS-Bereich kommen bei Versetzmaurern zu 2,8 – 7,2% der Arbeitszeit vor, während Zweihandmaurer mit 13,6 - 17,3% erheblich länger in diesen Positionen zubringen. Dieser geringe Anteil ist bei den Versetzmaurern insbesondere auf die Verwendung größerer Steinformate und somit auf den schnelleren Verbau zurückzuführen, der bewirkt, dass die Maurer sehr viel früher als die Zweihandmaurer aus den belastenden Körperhaltungen herauskommen. Besonders die Versetzer an den Mauermaschinen können, begünstigt durch ihre verfahrbare Arbeitsplattform, ihre Arbeitshöhen und Körperhaltungen bei fortgeschrittenen Mauerwerk frei gestalten.

Langandauernde Arbeiten im Knien und Hocken mit vorgebeugtem Oberkörper kommen bei den Versetzmaurern mit 1,5 – 3,5 % häufiger im Arbeitsablauf vor als bei den Zweihandmaurern mit 1,6%. Die Ursache sind vorwiegend Kimmschichtarbeiten, die sorgfältiger angelegt werden, da ein späterer Ausgleich beim Arbeiten mit Klebemörtel kaum machbar ist.

Eine weitere belastende Haltung kann durch das Arbeiten über Schulterhöhe verursacht werden. Sie ist bei MKV mit ca. 9% sowie bei MKH mit ca. 6% der Schichtzeit deutlich höher als bei Zweihandmaurern, erfolgt allerdings wegen der Minikranunterstützung fast ohne äußere Lasten. MMV haben wegen der Anpassung der Arbeitshöhe die geringsten Belastungen.

6.1.7 Repetitive Belastungen des Hand-Arm-Systems

Repetitive Belastungen sind ständig wiederholende, gleichförmige Bewegungen, die durch ungünstige Kraft- und Haltungsanforderungen schmerzhafte Überlastungen der Muskulatur und gegebenenfalls sogar Schädigungen des Gewebes verursachen können. Wiederkehrende Belastungen ohne ausreichende Erholungszeiten können zu Schädigungen führen, die sich in Missempfindungen oder Kraftverlust äußern. Für die Beurteilung von Belastungen sind vor allem die Häufigkeit der repetitiven Belastungen (Abbildung 6.1.7-1) und die Gewichte von Bedeutung (Abbildung 6.1.7-2), mit denen die Gelenke belastet werden, desweiteren ist die Belastungsdauer (Abbildung 6.1.7-3), die Entlastungsdauer (Abbildung 6.1.7-4) und deren Verhältnis (Abbildung 6.1.7-5) zueinander von Interesse. Das AEB-Aufnahmeverfahren unterscheidet dabei nicht zwischen einhändiger oder beidhändiger Manipulationsarbeit.

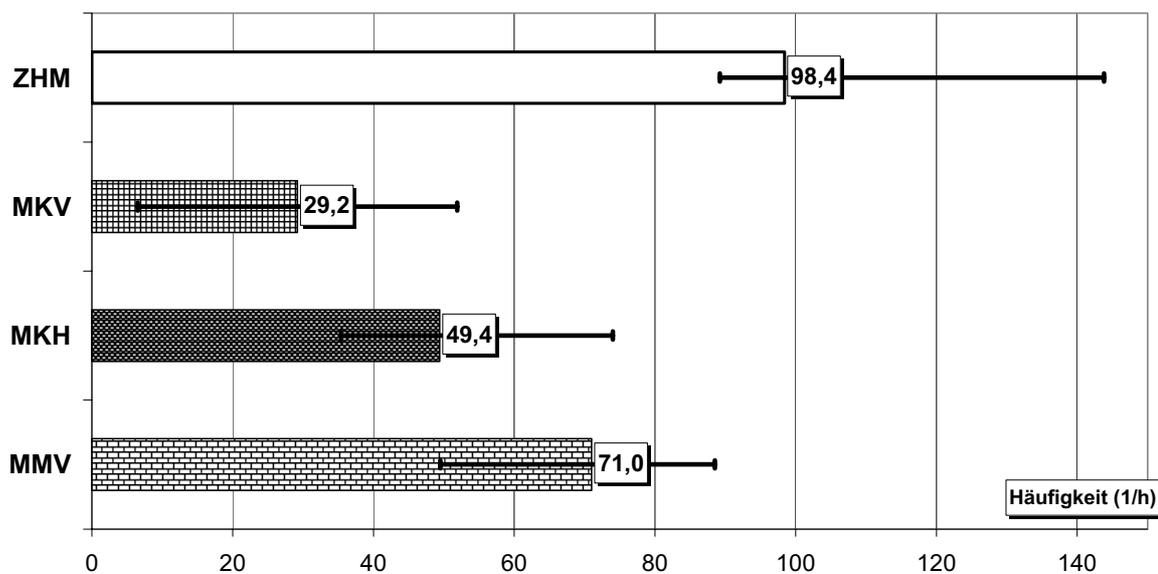


Abbildung 6.1.7-1

Häufigkeit der repetitiven Belastungen pro Maurer und Stunde
(Median und Perzentile p10/p90)

Im folgenden sind die Handhabungsfrequenzen der repetitiven Belastungen beschrieben:

- Versetzer an Mauermaschinen versetzen 2,4x häufiger pro Stunde Lasten als Versetzer an Minikranen und 1,4x öfter als Minikran-Helfer.

Fazit

Die Untersuchungen zeigen, dass die Versetzmaurer mit 29 – 71 Manipulationen / Stunde deutlich unter der Frequenz der Zweihandmaurer mit 98 Manipulationen / Stunde bleiben. Deshalb betragen die Belastungen des Hand-Arm-Systems bei Zweihandmauern das 1,4 bis 3,4-fache gegenüber den Versetzmauern.

Entscheidend für die Verminderung der Hand-Arm-Belastungen durch Versetzhilfen ist jedoch der Unterschied zwischen den durchschnittlich manipulierten Einzellasten (Abbildung 6.1.7-2):

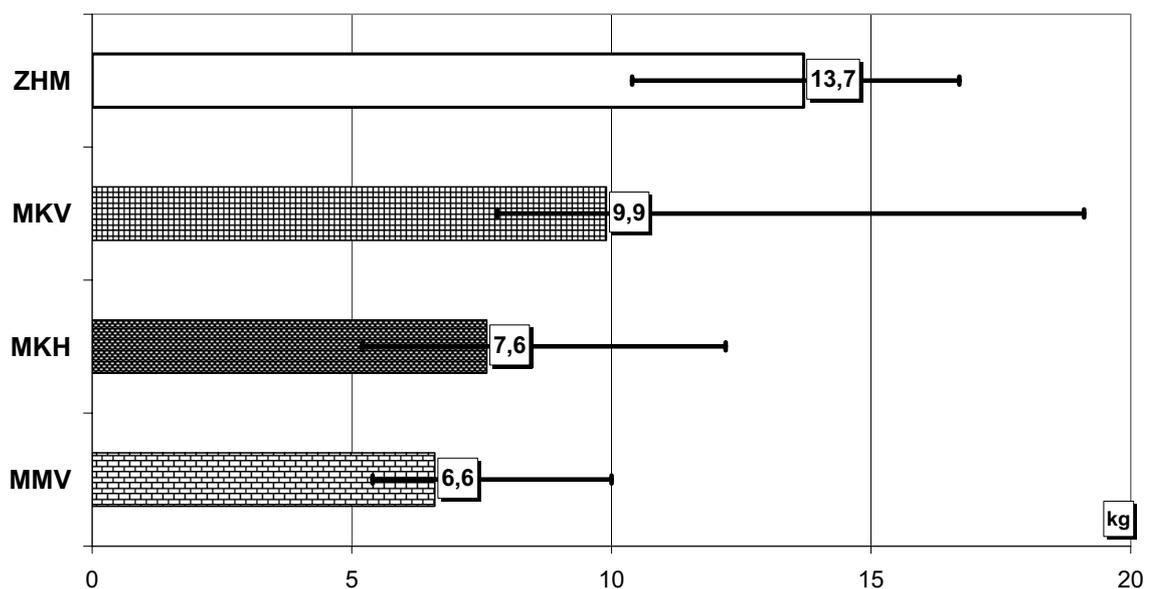


Abbildung 6.1.7-2

Mittelwerte der von Hand manipulierten Lasten (kg) –
 (Median und Perzentile p10/p90)

Die Hand-Arm-Belastungen verteilen sich wie folgt:

- Mauermaschinen-Versetzer transportieren durchschnittlich 1,5x niedrigere Gewichte als Minikran-Versetzer, was an den unterschiedlichen Steinformaten und Lagerungsarten (Fassungsvermögen der Mauermaschinen-Arbeitsplattform) liegt.

Fazit

Die Lastgewichte betragen bei den Versetzmauern zwischen 6,6 und 9,9 kg, bei den Zweihandmauern hingegen durchschnittlich 13,7 kg.

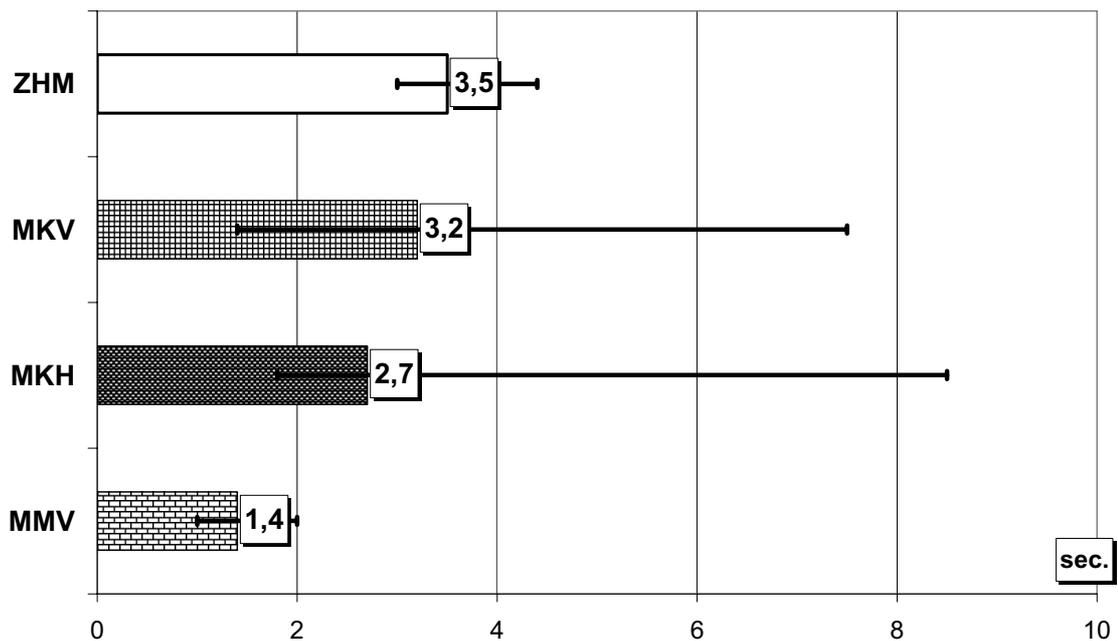


Abbildung 6.1.7-3

Dauer der Belastung in Sekunden (Median und Perzentile p10/p90)

Die Haltezeiten, mit der die repetitiven Hand-Arm-Belastungen durchgeführt werden, zeigen:

- Die Haltedauer von Lasten ist bei den Mauermaschinen-Versetzern mit 1,4 Sekunden auffällig kurz. Minikran-Versetzer transportieren Materialien 2,3x länger. Auch hier macht sich wie zuvor beschrieben die unterschiedliche Steinformatwahl und Baumateriallagerung der beiden Versetzverfahren bemerkbar.

Fazit

Lastenmanipulationen werden von allen Versetzmaurern in kürzerer Zeit durchgeführt (1,4 – 3,2 s) als von Zweihandmaurern (3,5 s), wobei die mittlere Aktionsdauer an der Mauermaschine mit 1,4 Sekunden besonders kurz ist. Diese kurzen Zeiten erklären sich durch die Anordnung und Erreichbarkeit wichtiger Baumaterialien auf der Mauermaschine.

Die Ermüdung der Muskulatur wird durch das Wechselspiel zwischen Anspannung und Entspannung bestimmt. Es ist daher wichtig zu überprüfen, ob im Arbeitsrhythmus auch ausreichend lange Entlastungsphasen auftreten.

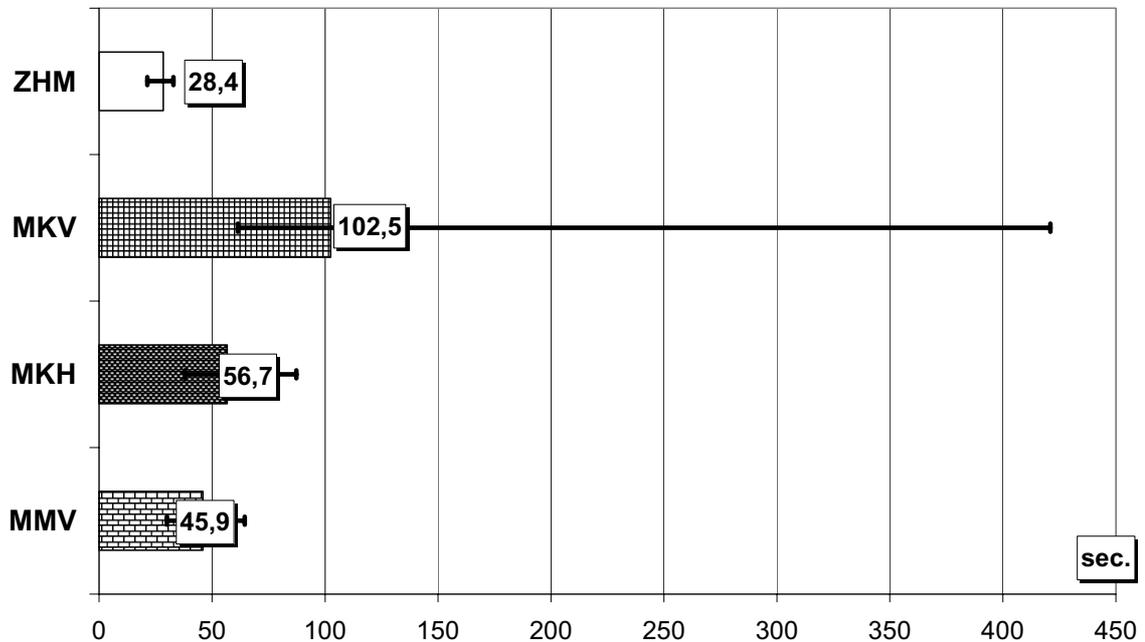


Abbildung 6.1.7-4

Dauer der Entlastung in Sekunden (Median und Perzentile p10/p90)

Die Erholungszeiten zwischen den einzelnen Lastmanipulationen zeigen:

- Versetzer an Mauermaschinen haben aufgrund der Materiallagerung auf der Arbeitsplattform der Mauermaschine erheblich kürzere Entlastungsphasen (2,2x) als Versetzer an Minikranen.

Fazit

Bei den Versetzmaurern sind die Entlastungszeiten mit bis 102,5 Sekunden wesentlich länger als die Erholungszeiten, die Zweihandmaurer zwischen den einzelnen Lastaktionen aufweisen können (28,4 s).

Fazit über repetitive Lastenhandhabung

Die unterschiedliche Arbeitsteilung bei Minikranen und Mauermaschinen zeigt, dass Minikran-Versetzer die geringsten Lastenmanipulationen bei größeren Lastgewichten und längerer Aktionsdauer aufweisen. Dabei sind die Erholungszeiten mit durchschnittlich >100 Sekunden zwischen zwei Manipulationsvorgängen sehr groß, was der Durchblutung der Muskulatur und damit dem Leistungsvermögen des Maurers zu Gute kommt.

Minikran-Helfer handhaben häufiger als die Versetzer Lasten, haben dabei allerdings auch vermehrt geringere Lasten wie Hilfsmittel, Zureichungsvorgänge mit Handwerkszeug etc., die dem überwiegend mit Steinen oder Blöcken umgehenden Minikran-Versetzer bereitgestellt werden. Die Aktionsdauer ist geringfügig kürzer und die mittleren Erholungszeiten zwischen zwei Manipulationsvorgängen sind nur etwa halb so hoch.

Mauermaschine-Versetzer haben von allen Beschäftigten an Versetzhilfen die höchste repetitive Hand-Arm-Belastung. Bei geringeren durchschnittlichen Gewichten haben sie eine große Häufigkeit der Lastenhandhabung mit teilweise sehr kurzer Dauer, aber auch kurzen Entlastungszeiten.

Beim Vergleich mit den Zweihandmaurern zeigt sich, dass alle Versetzmaurer erheblich unter den repetitiven Hand-Arm-Belastungen der Zweihandmaurer bleiben. Gegenüber dem Gesamtbild aller Beschäftigten an Minikran und Mauermaschine haben die Zweihandmaurer etwa die doppelte Handhabungsfrequenz, fast doppelt so hohe Einzelgewichte, die längste Manipulationsdauer und die kürzeste Entlastungszeit.

Schließlich sind die lastfreien Erholungszeiten sind wichtig für die lokale Muskelbeanspruchung in den Armen. Um die hohe Belastung des Hand-Arm-Systems durch repetitive Belastungen zu beschreiben, wurde das Verhältnis zwischen Entlastungs- und Belastungszeit berechnet.

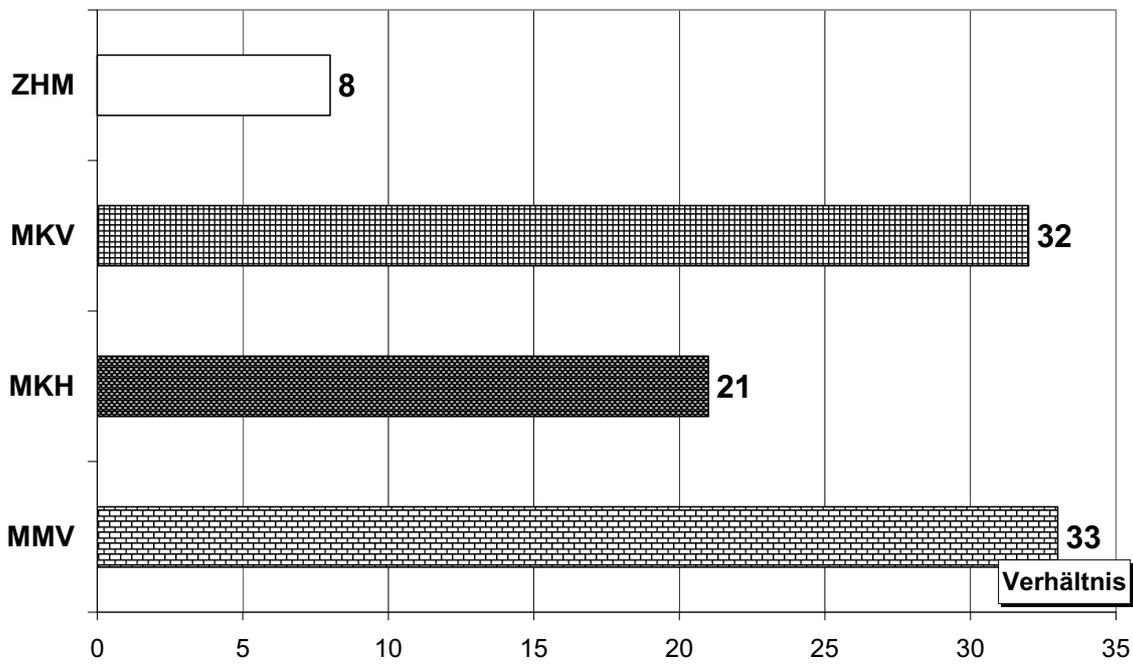


Abbildung 6.1.7-5 Verhältnis zwischen Entlastungs- und Belastungszeit bei der Lastmanipulation

Es zeigt sich folgende Gewichtung zwischen Entlastungs- und Belastungsdauer:

- Die Entlastungszeiten sind bei allen Versetzmaurern mit dem 20- bis 30-fachen Wert der Belastungszeit extrem lang und erheblich günstiger als bei den Zweihandmaurern.
- Beim Zweihandmaurer beträgt sie trotz 1,5- bis 2-fach höherer Last nur das 8-fache der Belastungszeit.

Fazit

Aus diesem Verhältnis lassen sich physiologische Reaktionen herleiten, die durch die Aussagen der BORG-Skala und Herzfrequenzanalyse gestützt werden. Durch die verlängerten Erholungsphasen kommt es bei den Versetzmaurern nicht zu vorzeitigen Ermüdungssymptomen und ausweichenden, nicht ergonomischen Körperhaltungen.

6.2. Herzfrequenz und Gesamtbeanspruchung des Körpers

6.2.1 Herzfrequenzanalyse

Vorbemerkungen

Um die körperliche Gesamtbeanspruchung zu ermitteln und zu vergleichen, wurde die Herzfrequenz (HF) während der Arbeitsschicht aller beobachteten Versetzmaurer aufgezeichnet. Durch die Messung der Herzfrequenz kann die allgemeine energetische Beanspruchung des Körpers indirekt beurteilt werden:

- Bei überwiegend dynamischer Arbeit großer Muskelgruppen des Rückens, der Arme und Beine bildet sich deren Energieverbrauch im Anstieg der Herzschlagfrequenz ab. Da diese muskuläre Arbeit die passiven Strukturen des Stütz - und Bewegungssystems (Skelett, Sehnen und Sehnenansätze, Gelenke) biomechanisch sehr unterschiedlich belasten kann, ergänzen sich die Ergebnisse beider Betrachtungsweisen zu einem Gesamtbild der körperlichen Auswirkungen.

Es bestehen auch erhebliche Unterschiede in den subjektiv empfundenen Auswirkungen dieser Beanspruchungsformen:

- Eine hohe biomechanische Belastung kann akut von lokaler Reizung, Muskelverkrampfung, Entzündung und Schmerz begleitet werden oder chronisch zu dauerhaften oder sich wiederholenden Schmerzsyndromen führen.
- Eine hohe energetische Belastung führt wegen des Bedarfs an Sauerstoff und Nährstoffen in der Muskulatur und wegen der physiologischen Wärmeerzeugung durch Muskelarbeit zur Ermüdung und Erschöpfung, wenn dieser Bedarf dauerhaft überschritten wird. Chronische Folgen hoher energetischer Belastung sind dagegen nur bei Extremlastungen zu erwarten, die in der Arbeitswelt der Industriestaaten kaum vorkommen und zur vorzeitigen allgemeinen Alterung führen.

Physiologische Charakterisierung der Personen

Die Arbeitsherzfrequenz ist nicht allein vom Energieverbrauch, sondern als subjektive Beanspruchungsreaktion wesentlich von der individuellen Kreislaufreaktion auf Grund von Lebensalter, Leistungsfähigkeit und Gesundheit abhängig. Deshalb ist eine Charakterisierung der untersuchten Personen notwendig und in den folgenden Abbildungen 6.2.1-1 bis 6.2.1-4 dargestellt.

	MKV (n = 9)		MKH (n = 7)		MMV (n = 10)		SV (n = 4)	
	X	S+/-	X	S+/-	X	S+/-	X	S+/-
Alter	31,6	8,88	31,9	14,36	35,3	8,47	38,3	6,35
Körperhöhe (cm)	181,1	6,16	180,9	4,06	178,7	3,53	180,3	9,33
Gewicht (kg)	87,0	15,65	87,7	15,32	83,8	10,97	84,3	14,04
BMI (kg/m²)	26,5	4,52	26,7	3,88	26,3	3,26	25,8	1,74
HF-Ruhe (1/min)	71,9	6,49	62,9	25,24	59,5	30,04	70,0	5,16
BDSys-Ruhe (mmHg)	127,1	11,72	121,7	45,83	111,9	57,18	128,8	15,48
BDdia-Ruhe (mmHg)	80,4	7,96	75,6	28,66	69,4	35,49	77,5	6,45

Abbildung 6.2.1-1

Mittelwerte und Standardabweichungen der Beschäftigten

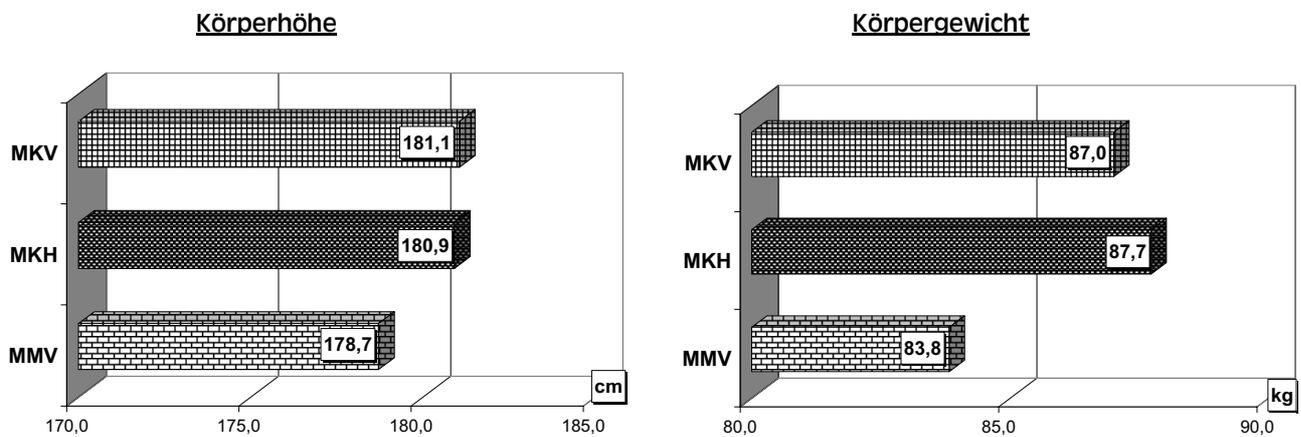


Abbildung 6.2.1-2 und -3

Mittelwerte von Körperhöhe und Körpergewicht der Beschäftigten

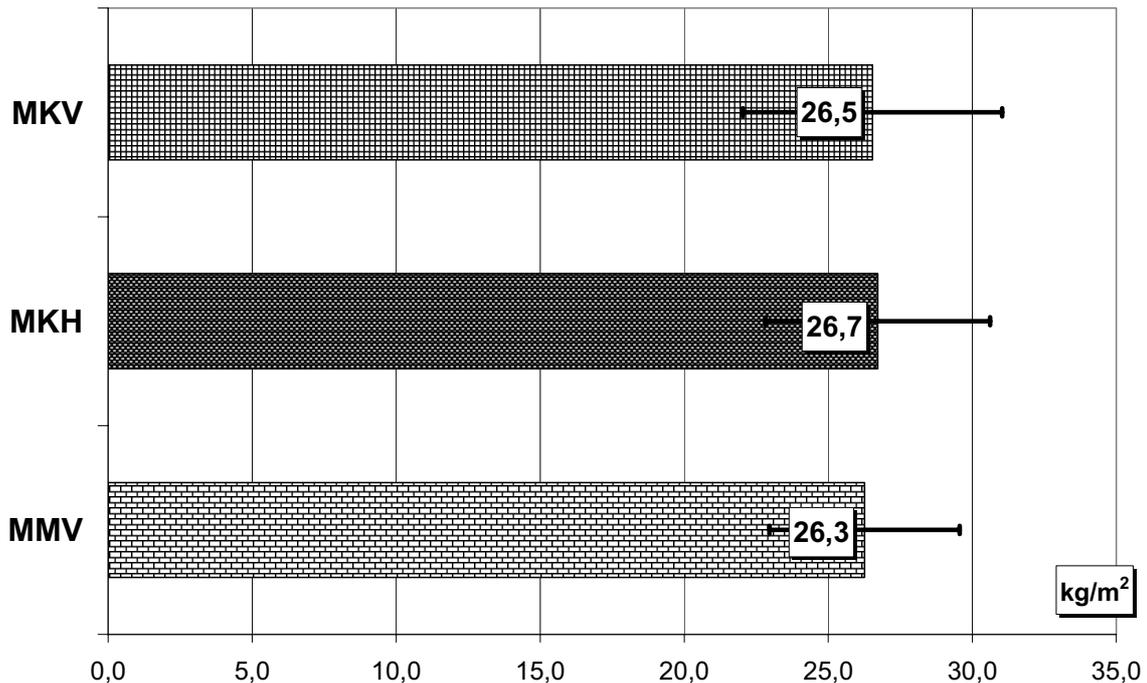


Abbildung 6.2.1-4

Body-Mass-Index der Beschäftigten

Hinsichtlich Körperhöhe und Körpergewicht unterscheiden sich die untersuchten Maurer nicht erheblich:

- Die am Minikran beschäftigten Versetzer und Helfer sind jeweils durchschnittlich 32 Jahre alt und damit jünger als die sonst im Baugewerbe tätigen Maurer. Die Versetzer auf der Mauermaschine waren durchschnittlich 35 Jahre alt. Die Helfer am Minikran waren etwas größer und schwerer als die Versetzer. Der Body-Mass-Index (BMI) ist mit Mittelwerten zwischen 25,8 und 26,7 fast identisch und zeigt keine generelle Tendenz zu Übergewicht mit Folgen für eine hyperreaktive Reaktionslage mit erhöhter Herzfrequenz (HF).
- Die Herzfrequenz vor Beginn der Arbeitsschicht lag im Durchschnitt aller Einsatzgruppen bei 74 Schlägen / min.
- Auffällig hoch und als Ausdruck einer psychischen Aktivierung sind die Blutdruckwerte einzuschätzen. Mittlere systolische Werte von etwa 140 / 85 mm Hg wären bereits als kontroll- und behandlungsbedürftige milde Hypertonie zu bewerten, wenn sie unter echten Ruhebedingungen erhoben worden wären. Hier zeigt jedoch die Betrachtung der Einzelwerte, dass 6 Beschäftigte an Versetzhilfen systolische Werte über 140 mm Hg aufwiesen.

Fazit

Als Bilanz der physiologischen Charakterisierung aus der Voruntersuchung ist festzustellen, dass zwischen den Beschäftigten der drei Einsatzfelder nur geringe physiologische Unterschiede bestehen. Versetzer auf Mauermaschinen sind tendenziell auffällig, denn sie sind etwas älter und unter ihnen befinden sich mehrere Personen mit deutlicher Neigung zur kardiovaskulären Hyperreaktivität. Diese haben neben dem erhöhten systolischen Blutdruck auch eine hohe Ruheherzfrequenz, was eine Überhöhung der Arbeitsherzfrequenz unter der Belastung erwarten lässt. Der alternative Ansatz der früheren Arbeitsphysiologie, nur die belastungsbedingte Erhöhung der Herzfrequenz über den Ruhewert hinaus als Bewertungskriterium zu verwenden, löst das Problem erfahrungsgemäß nicht, weil auch der belastungsabhängige Anstieg der Frequenz bei diesen Personen steiler verläuft.

Temperatur

Bei der Interpretation der HF-Messwerte sind auch die Außentemperaturen während der Arbeitsschicht zu berücksichtigen (Abbildung 6.2.1-5). Auf den Minikran-Baustellen lagen die Temperaturen der Untersuchungstage in den Morgenstunden durchschnittlich bei 10,8°C (MKV) bzw. 11,6°C (MKH) und stiegen im Laufe der Arbeitsschicht auf durchschnittlich 14,2 bzw. 15,0°C an. Die Untersuchungen der Beschäftigten an Mauermaschinen fanden bei etwa 5°C höheren Temperaturen (morgens 15,3°C, nachmittags 19,4°C) statt. Daraus ergibt sich bereits eine etwas höhere Kreislaufbelastung für die Mauermaschinenmaurer, die bei der Interpretation der Ergebnisse zu beachten ist. Von einer wesentlichen konkurrierenden Belastung ist allerdings noch nicht auszugehen.

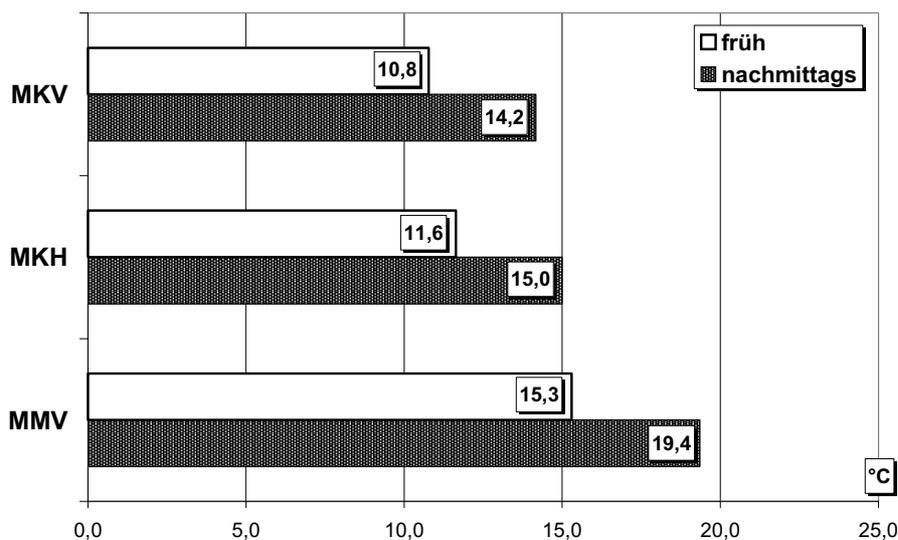


Abbildung 6.2.1-5

Temperaturen auf den Baustellen (Mittelwerte) am Morgen
und in der frühen Nachmittagszeit

ID-Nr.	Maurer	Alter	Grösse	Gewicht	BMI	HF-Ruhe	BD-sys	BD-dia
601	MKV	33	183	91	27,2	84	140	90
605		19	185	80	23,4	72	125	80
610		24	183	86	25,7	72	130	90
621		40	168	79	28,2	76	135	80
625		43	180	98	30,2	68	160	100
629		19	181	65	19,8	80	115	70
665		40	176	76	24,5	64	130	80
666		30	184	122	36,0	64	170	90
685		36	190	86	23,8	68	120	80
602		MKH	21	182	81	24,5	60	140	90
606	61		173	81	27,1	60	135	80
609	25		185	117	34,2	88	190	100
622	54		185	94	27,5	82	140	85
626	22		183	83	24,8	80	140	80
630	39		178	76	24,0	72	130	85
686	22		176	76	24,5	80	140	80
645	MMV		45	169	86	30,1	92	180	100
646		40	180	100	30,9	68	160	95
649		35	182	82	24,8	88	165	100
650		39	178	75	23,7	72	130	80
661		40	180	77	23,8	80	130	80
664		44	178	70	22,1	72	140	90
681		32	173	78	26,1	64	110	65
682		23	181	80	24,4	68	130	85
689		23	182	98	29,6	76	135	85
690		18	175	77	25,1	68	120	75
641		SV	38	176	79	25,5	76	130	80
642	38		192	102	27,7	84	165	105
683	29		176	72	23,1	64	150	85
684	49		170	73	25,1	72	120	70

Abbildung 6.2.1-6

Gesamtübersicht der körperlichen und kardiovaskulären Probandencharakteristik

Zeitanteile beurteilter Teiltätigkeiten

Die Zeitanteile der beurteilten Tätigkeiten unterscheiden sich bei den Herzfrequenz-Messungen analog zu den biomechanisch orientierten AEB-Erhebungen.

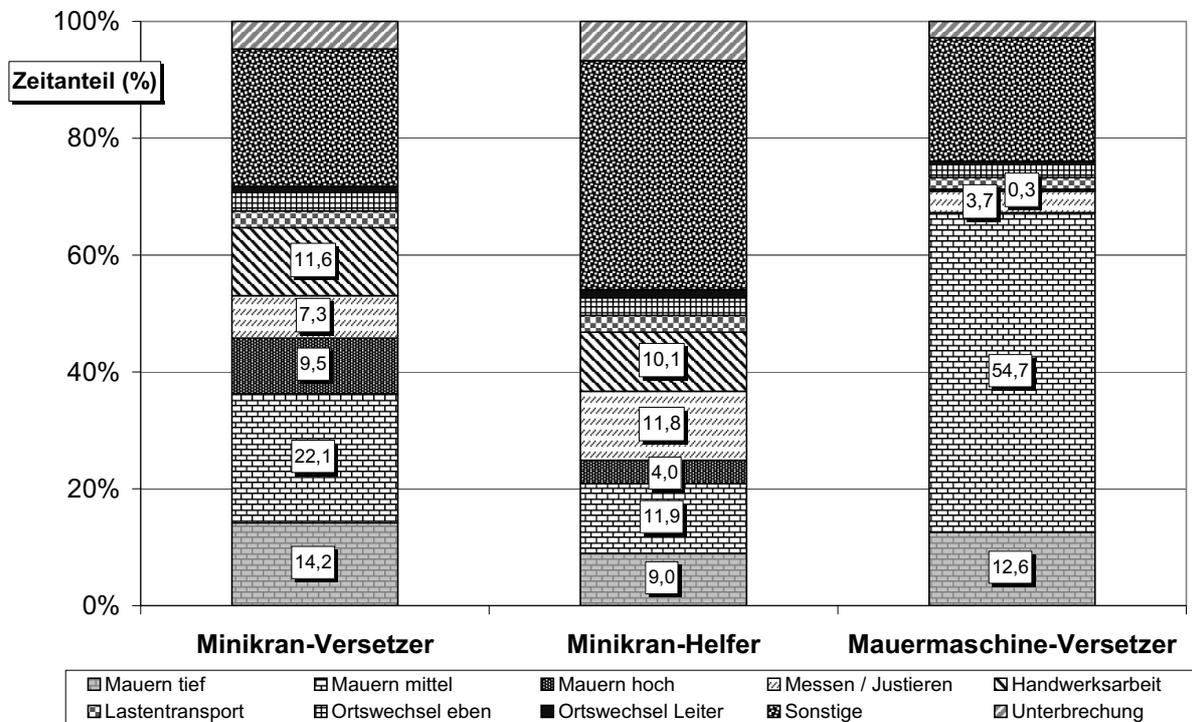


Abbildung 6.2.1-7 Zeitanteile der Tätigkeiten bei der HF-Registrierung

- Versetzer am Minikran sind in 45,8% der Meßzeit mit dem Vermauern und zusätzlich 7,3% mit Messen und Justieren beschäftigt.
- Eine vergleichbare Unterteilung gibt es für die Versetzer der Mauermaschinen nicht, da sie einen hohen Zeitanteil von 67,3% der Zeit mit der Tätigkeit „Mauern“ beschäftigt waren.

Zur sachgerechten Interpretation dieses Unterschiedes muss beachtet werden: Die Trennung unterschiedlicher Tätigkeiten ist bei der Herzfrequenzregistrierung erst sinnvoll, wenn ein Tätigkeitswechsel wenigstens 2 Minuten andauert, weil die physiologische Reaktion auf Belastungswechsel erst nach dieser Zeit sicher meßbar wird. Entsprechend waren die Untersucher unterwiesen.

- Minikrane versetzen unterschiedliche Steine vom 15 kg-Zweihandstein bis zum Planelement > 50 kg. Dazu sind entsprechende Arbeitsphasen notwendig, um diese exakt zu positionieren.
- Auf Mauermaschinen werden personennah zwischengelagerte Steine bis zu mittleren Formaten sofort vermauert und mit kurzzeitiger Unterbrechung sofort justiert. Eine besondere Phase des Messens und Justierens ist deshalb nicht erkennbar.

Aus diesem Unterschied kann jedoch nicht auf eine höhere Effizienz oder Arbeitsleistung auf der Mauermaschine geschlossen werden. Der Vorteil der Höhenanpassung der gesamten Arbeitsbühne der Mauermaschine wird auch in dieser Zeiterfassung sichtbar:

- denn MKV arbeiten nur 22,1% der Schichtzeit, MMV dagegen 54,7% in einer mittleren Arbeitshöhe ohne wesentliche bückende Zwangshaltung.

HF-Schichtverlauf

- Zur Übersicht sind die arithmetischen Mittelwerte der HF-Schichtverläufe in Abbildung 6.2.1-8 dargestellt.

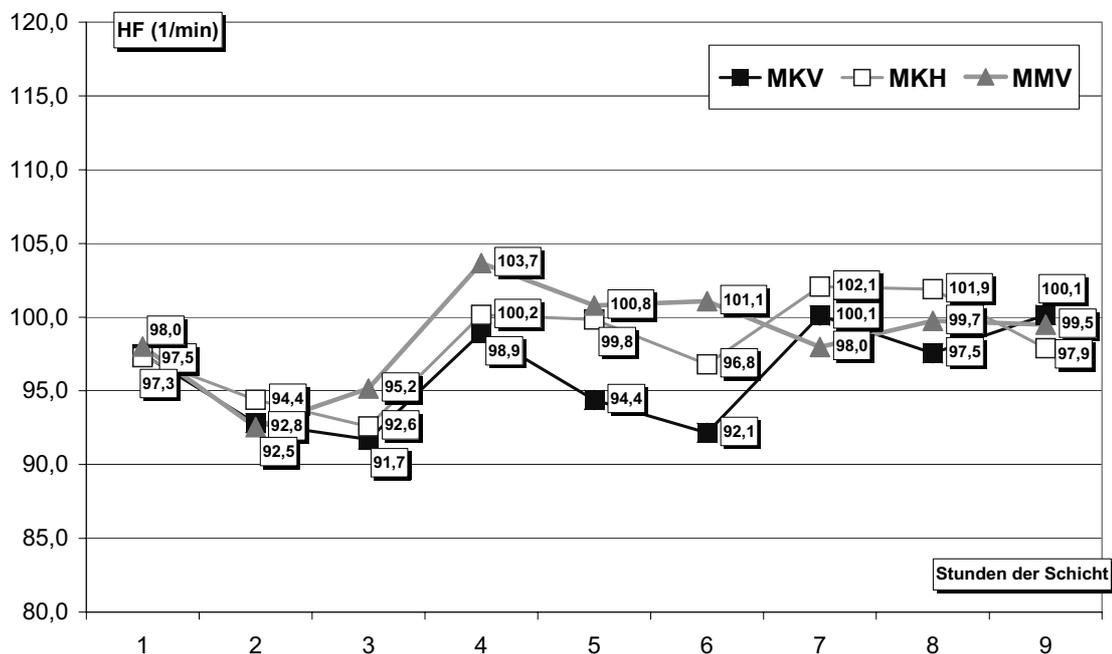


Abbildung 6.2.1-8 Herzschlagfrequenz der Beschäftigten bei der Arbeit mit Versetzhilfen im Verlauf der Arbeitsschicht – arithmetische Mittelwerte der drei Einsatzgebiete –

Sie zeigen drei Tendenzen:

- In den ersten drei Stunden des Arbeitstages werden nach kurzer Anfangsaktivierung die geringsten HF-Werte beobachtet.
- In der 4. Stunde kommt es zu einem erheblichen Anstieg der Herzfrequenz. Mögliche Erklärungen sind in der zunehmenden Tagestemperatur als auch in einer Ermüdung zu suchen. Der Anstieg wird von der Mittagspause unterbrochen und fällt zwischen der 5. und 6. Stunde ab.
- Zum Schichtende nähern sich die mittleren HF-Werte der 3 Versetzergruppen wieder an, wobei die MKH nun auf Grund ihrer andauernden Lastenmanipulation per Hand die höchsten Werte haben.

Gesamtwerte der Herzfrequenz über die Arbeitsschichten

Die Gesamtzeit der HF-Registrierungen an allen Versetzhilfen beträgt 246,5 Stunden. Die Mittelwerte aller Versetzmaurer (96,0 bis 98,6 Schläge / Minute) überschreiten die arbeitsphysiologische Dauerleistungsgrenze von 110 Schläge / Minute nicht und das 75. Perzentil der HF-Verteilung bleibt noch unterhalb dieser Schwelle. Damit sind Arbeiten an Versetzhilfen im Regelfall als körperlich mittelschwer einzustufen. Sie unterscheiden sich auch hier erheblich von der Arbeit mit Zweihandsteinen, für die in einer früheren Untersuchung Werte um die arbeitsphysiologische Dauerleistungsgrenze für dynamische Ganzkörperarbeit festgestellt wurden.

Die Sonderverfahren sind generell physiologisch höher beanspruchend, da die Mittelwerte global bei 101,4 / Minute liegen und das 75. Perzentil im Bereich der sehr schweren körperlichen Arbeit liegt.

	Aufnahmezeit (h)	Mittelwert	Stdabw.	Median	p 25	p 75
MKV	87,2	96,0	16,1	95	84	108
MKH	59,3	98,1	16,7	96	86	108
MMV	88,1	98,6	14,2	98	89	108
SV	8,9	101,4	15,2	101	89	113

Abbildung 6.2.1-9

Globale Schichtwerte der HF-Messungen für alle Maurertypen

Minikran-Versetzer

Die Entwicklungen der Herzfrequenz über die Arbeitsschicht im Bereich der am häufigsten auftretenden Frequenzbereiche zwischen dem 25. und 75. Perzentil sind in Abbildung 6.2.1-10 im Detail dargestellt.

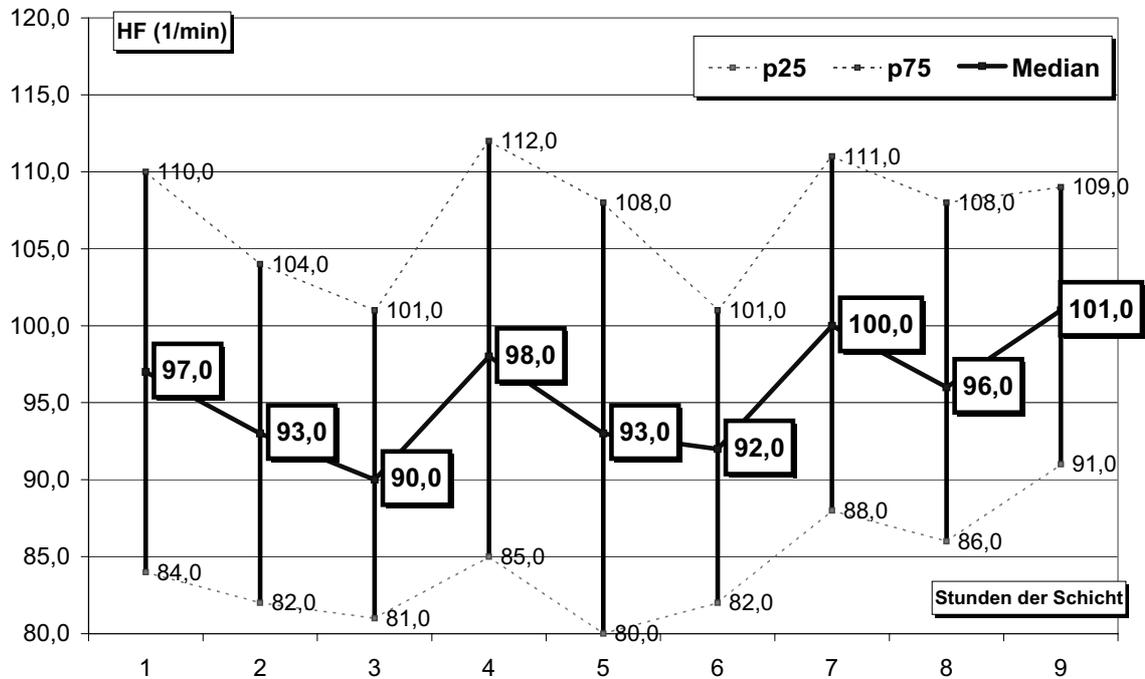


Abbildung 6.2.1-10

Herzschlagfrequenz der Minikran-Versetzer im Verlauf der Arbeitsschicht
 - Medianwerte und Quartile -

Daraus folgt:

Während die mittleren Herzfrequenzen gemäß den arbeitsphysiologischen Empfehlungen (Leitlinie / LAURIG) im Bereich der mittelschweren Arbeit zwischen 90 und <100 / Minute zuzuordnen sind, liegen zu allen Zeitpunkten mehr als 25% der Meßwerte oberhalb von 100 / Minute und sind somit bereits grenzwertig als energetisch schwer einzustufen. Der arithmetische Mittelwert über die gesamte Arbeitsschicht beträgt $96,0 \pm 16,1$ / Minute. Bezogen auf die HF der 4. und 7. Stunde werden bereits Werte der sehr schweren Arbeit erreicht, wobei hier Interferenzen mit der Klimabelastung durch die Außentemperatur zu beachten sind.

Die Einteilung nach den jeweils ausgeübten Tätigkeiten, deren Zeitanteile bereits in Abbildung 6.2.1-7 dargestellt waren, zeigt:

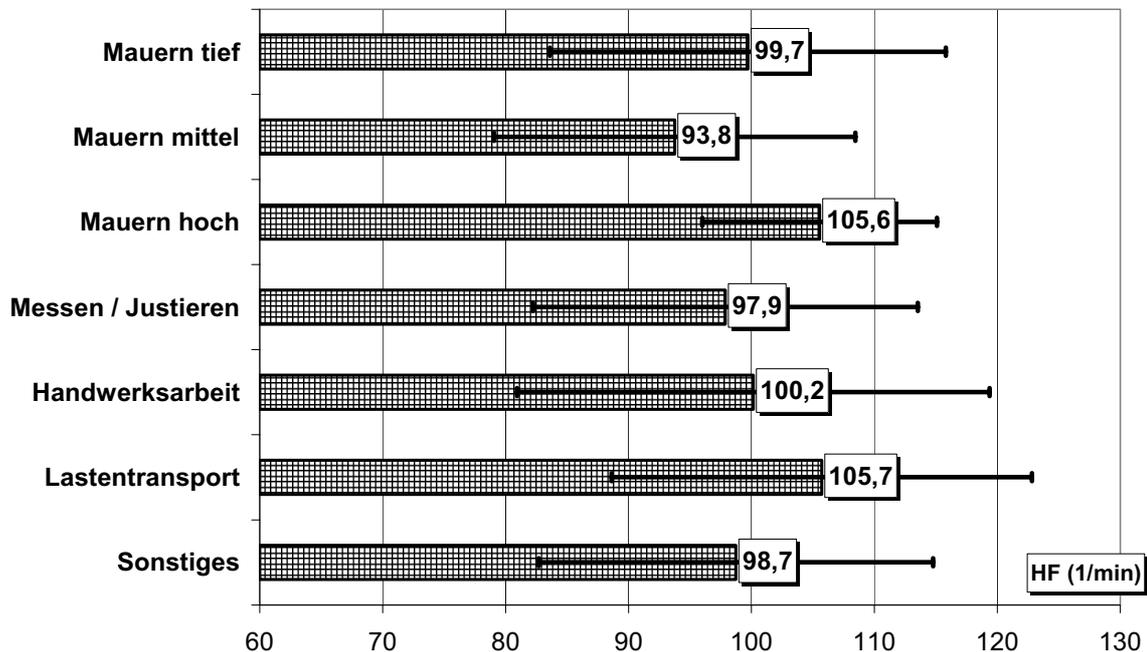


Abbildung 6.2.1-11

*Herzschlagfrequenz der Minikran-Versetzer bei den wichtigsten aufgenommenen Tätigkeitsabschnitten
– arithmetische Mittelwerte und Standardabweichungen –*

Zwischen den Maurerarbeiten in unterschiedlichen Arbeitshöhen bestehen HF-Unterschiede, die auf die unterschiedlichen statischen Arbeitsanteile zurückgeführt werden können:

- Die geringste HF von durchschnittlich 93,8 / Minute wird bei Arbeiten in mittlerer Höhe gefunden, wogegen die HF beim Bücken auf durchschnittlich 99,7 / Minute, bei Arbeiten über Schulterniveau sogar auf 105,6 / Minute ansteigt. Daraus folgt, dass auch ohne erhebliche Lastenhandhabung eine nach Arbeitshaltungen unterschiedliche physiologische Beanspruchung durch das Mauern mit Versetzhilfen eintritt.
- Erwartungsgemäß steht der Lastentransport bei einem Zeitumfang von nur 2,0% der Schicht (= ca. 10 Minuten) an der Spitze der HF – bei einem Mittelwert von 105,7 reichen die Standardabweichungen von nur 89 bis 123 / Minute und verweisen auf einen Anteil hoch belastender Aufgaben.
- Handwerksarbeiten stellen ein Gemisch von Nebentätigkeiten dar, die schwere Arbeitselemente einschließen. Daraus folgt eine mittlere HF von 100,2 / Minute.

- Das Messen und Justieren erscheint mit einer mittleren HF von 97,7 / Minute höher belastend, wobei neben der geringen Zeit von 7,3% der Schicht (ca. 35 Minuten) zu beachten ist, dass
 - a) diese Tätigkeiten teilweise für sehr kurze Zeiten in das Versetzen eingestreut werden und nachhängende Beanspruchungswirkungen der Versetzertätigkeit selbst wirksam werden und
 - b) die höchsten Zeitanteile für das Messen und Justieren der unteren sog. Kimmschicht sowie in den ersten Steinlagen auftreten, weil von der Exaktheit des Versetzens tiefer Lagen mehr noch als in der korrigierbaren Wand aus Einhandsteinen die Qualität des Gesamtergebnisses abhängt.

Minikran-Helfer

Die Entwicklung der Herzfrequenz über die Arbeitsschicht im Median und dem 25. sowie dem 75. Perzentil zeigt für die Helfer am Minikran:

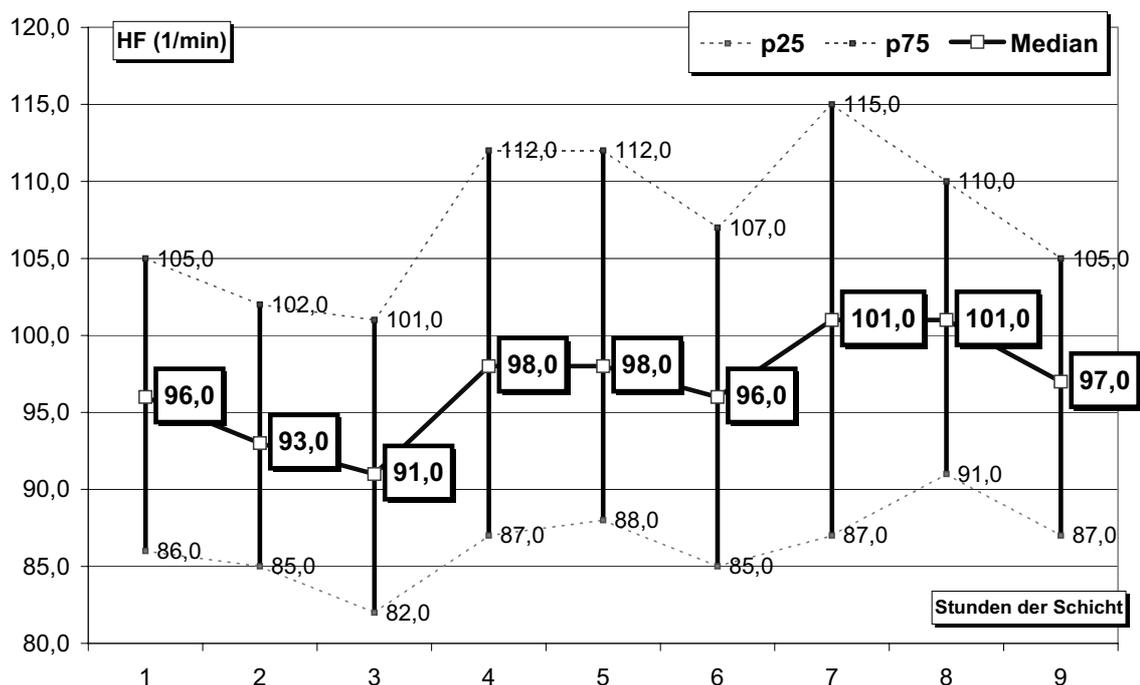


Abbildung 6.2.1-12

Herzschlagfrequenz der Minikran-Helfer im Verlauf der Arbeitsschicht
- Median und Quartile -

Es ist ersichtlich:

- Helfer am Minikran, die für die gesamte Materialbereitstellung und somit zum zügigen Arbeiten des Versetzers verantwortlich sind, weisen über den Schichtverlauf dem Versetzer sehr ähnliche mittlere HF-Werte auf. Ihre Variationsbreite ist jedoch größer, wobei insbesondere in der am höchsten beanspruchenden 7. Stunde der Schicht ein Viertel der Meßwerte den Bereich von 115 / Minute überschreitet. Daraus folgt, dass die Tätigkeit des Helfers aus energetischer Sicht der Beanspruchung physiologisch sehr schwere Elemente der Arbeit enthält.
- Am Ende der Schicht überschreitet in der 9. Stunde der Median (d.h. 50% aller Meßwerte) mit 101 / Minute die Grenze zur schweren Arbeit, was auf eine zeitweilig hohe Ausnutzung der Reserven schließen lässt. Bei einem arithmetischen Mittelwert über die gesamte Arbeitsschicht von $98,1 \pm 16,7$ / Minute und einer Spannweite zwischen dem 25. und 75. Perzentil zwischen 86 und 108 haben diese Werte insgesamt einen Signalcharakter für höhere Beanspruchungen.

Die Einteilung nach den jeweils ausgeübten Tätigkeiten mit ihren Zeitanteilen zeigt:

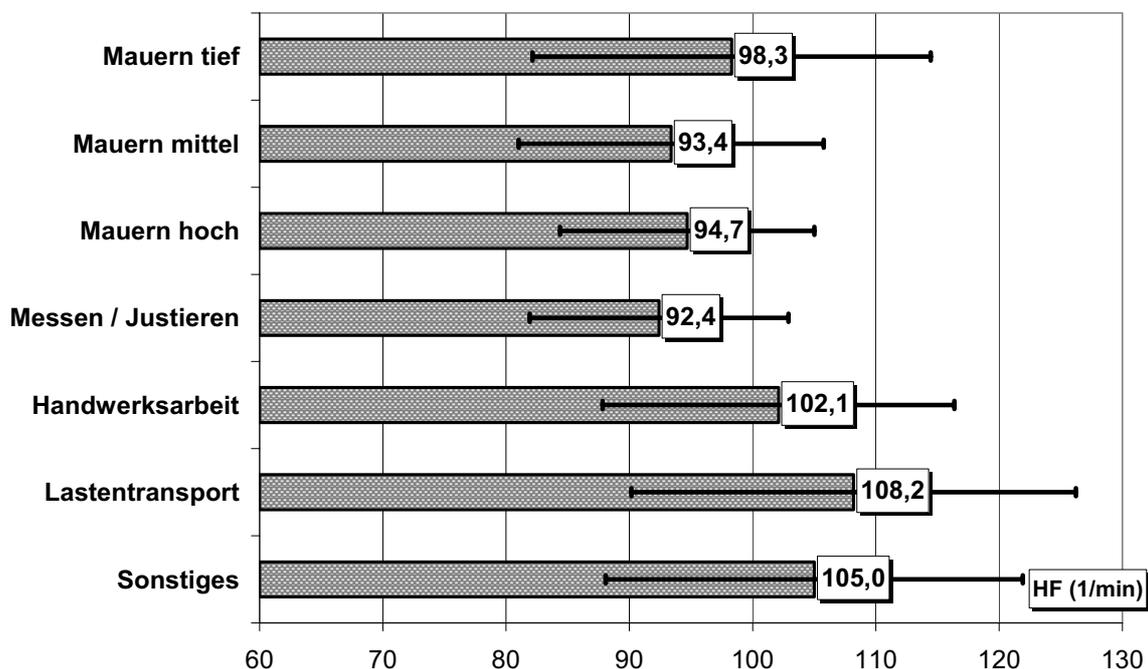


Abbildung 6.2.1-13

Herzschlagfrequenz der Minikran-Helfer bei den wichtigsten aufgenommenen Tätigkeitsabschnitten
 – arithmetische Mittelwerte und Standardabweichungen

- Die Zuarbeiten des Helfers zu allen Mauerprozessen unterscheiden sich bei Mittelwerten von 98,3, 93,4 und 94,7 / Minute nicht erheblich, wobei die tiefe Arbeitslage wiederum die höchsten Werte umfaßt.
- Der Helfer am Minikran übernimmt mit 11,8% der Schichtzeit (= ca. 57 Minuten) höhere Zeitanteile zum Messen und Justieren als der Versetzer selbst und erreicht dabei geringere HF-Werte von durchschnittlich 92,4 / Minute.
- Handwerksarbeiten und Lastentransporte sind die am höchsten beanspruchenden Tätigkeiten. Mit durchschnittlich 102,1 bzw. 108,2 / Minute sind sie nahe bei den entsprechenden Werten der Versetzer. Die Standardabweichungen zeigen, dass ca. zwei Drittel aller Werte zwischen 89 bis 90 und 125 bis 126 / Minute liegen. Daraus folgt, dass sehr schwer beanspruchende Elemente der Tätigkeit auftreten. Das Gesamtniveau im Durchschnitt des Schichtverlaufs liegt jedoch im Bereich der körperlich mittelschweren Arbeit.

Versetzer an Mauermaschinen

Für die Mauermaschinenmaurer wären vom Minikranpersonal abweichende Beanspruchungen zu erwarten, weil an der Mauermaschine einerseits die Arbeitshöhen im Hinblick auf belastende Zwangshaltungen minimiert werden können, andererseits die ähnliche Arbeitsverteilung auf eine Person konzentriert wird, die sowohl für die Materialbereitstellung als auch für das Versetzen zu sorgen hat.

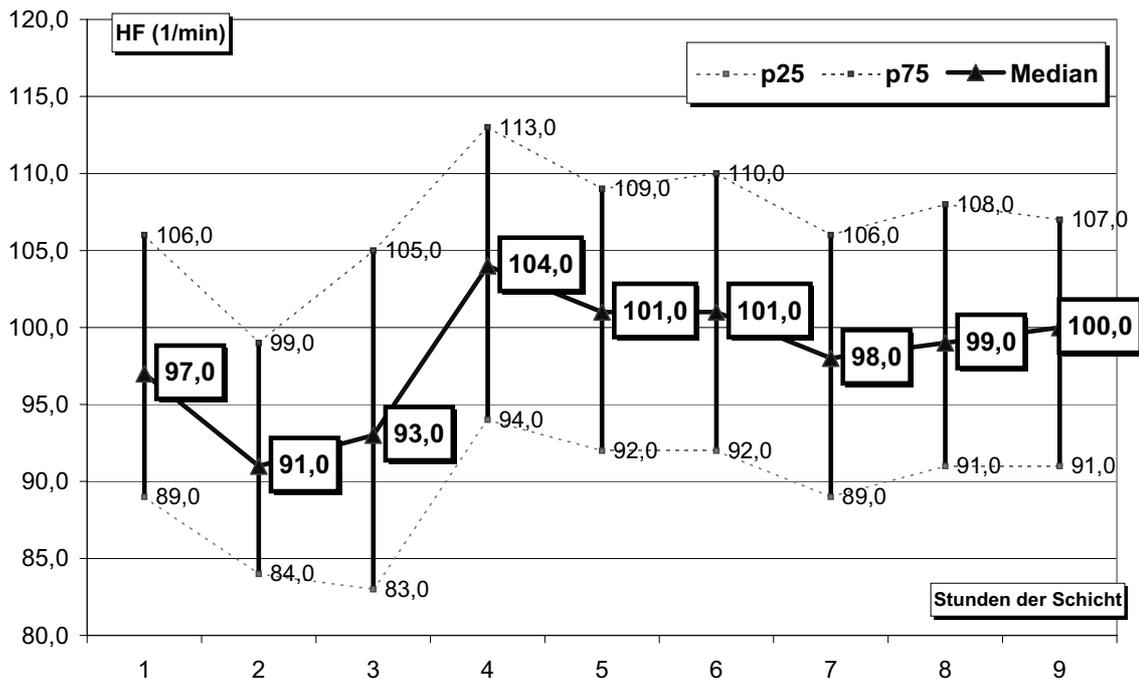


Abbildung 6.2.1-14

Herzschlagfrequenz der Versetzer an Mauermaschinen im Verlauf der Arbeitsschicht - Medianwerte und Quartile –

- Tatsächlich verlaufen die HF-Medianwerte der Arbeitsschicht bis zur 3. Stunde ähnlich wie beim Minikran (Abbildung 6.2.1 – 10 und 12).
- In der 4. Stunde liegt der Medianwert jedoch bereits bei 104 / Minute und er reduziert sich auch in der durch Pausen unterbrochenen 5. bzw. 6. Stunde nur auf 101 / Minute. Für den Rest der Arbeitsschicht bleibt dieses Niveau etwa erhalten. Ein wesentlicher Teil der Arbeitsschicht ist damit aus der Sicht der energetischen Beanspruchung als körperlich schwer einzustufen.
- Das 75. Perzentil überschreitet in der 4. bis 6. Stunde der Arbeitsschicht die Dauerleistungsgrenze zur sehr schweren körperlichen Arbeit.

Die Einteilung nach den jeweils ausgeübten Tätigkeiten erbringt ein gegenüber dem Minikran andersartiges Bild:

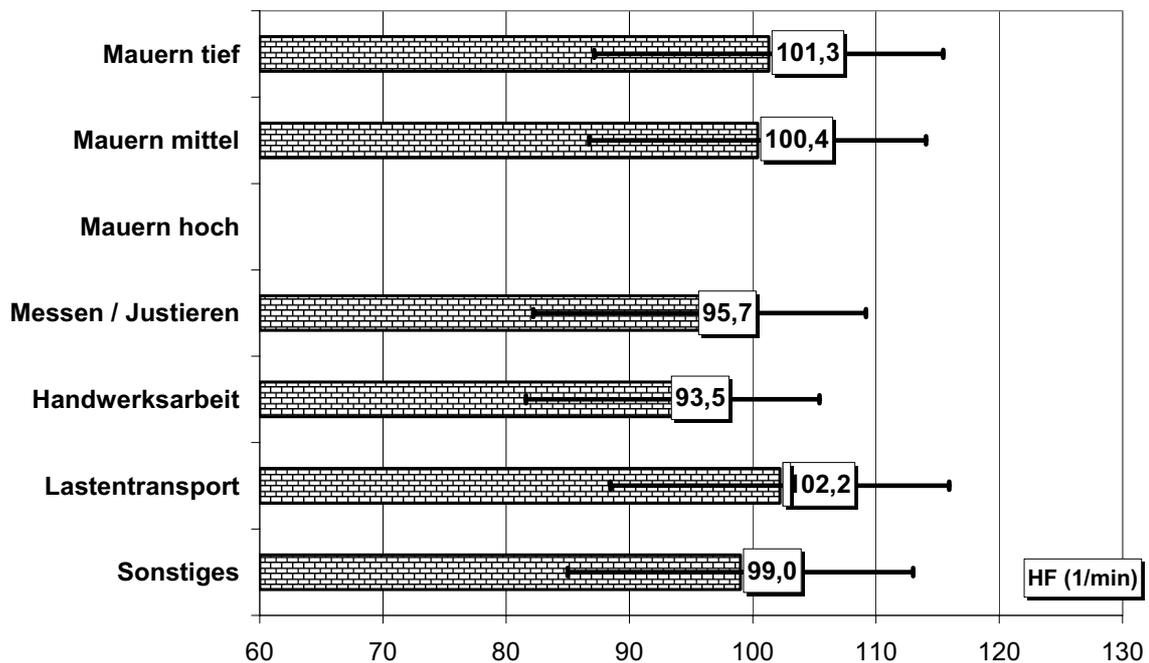


Abbildung 6.2.1-15

*Herzschlagfrequenz der Mauermaschinen-Versetzer bei den wichtigsten aufgenommenen Tätigkeitsabschnitten
- arithmetische Mittelwerte und Standardabweichungen -*

- Zwei Drittel der Arbeitsschicht (67,3%) werden mit Mauern in überwiegend mittleren, teils auch in tiefen Arbeitshöhen verbracht.
- Arbeiten mit Versetzen über Schulterniveau kommt praktisch nicht vor, da die optimale Verstellmöglichkeit der Arbeitsplattform auch ausgenutzt wird.
- Handwerkliche Arbeiten und Lastentransporte entfallen weitgehend und die Meß- und Justierungsaufgaben sind soweit in dem Versetzvorgang integriert, dass sie sich nur selten besonders abgrenzen lassen.

Bezogen auf die Beanspruchung in der HF ausgedrückt bedeutet das:

Mauern mit Mauermaschine wird bei einer mittleren HF von 100,4 bis 101,3 / Minute ausgeführt. Die obere Standardabweichung reicht bis 113 / 114 je Minute und ragt damit über die Grenzen der schweren körperlichen Arbeit hinaus. Die geringen Meß-, Justier- und Handwerksarbeiten sind mit einer geringeren Beanspruchung als das Versetzen verbunden. Der seltene Lastentransport erreicht nur mittlere HF-Werte von 102,2 / Minute und damit die geringsten der betrachteten Einsatzgebiete an Versetzhilfen.

Vergleich der HF-Belastung bei einzelnen Tätigkeiten

Die beiden am höchsten und zwischen den drei Einsatzfeldern vergleichbaren belastenden Teiltätigkeiten – Mauerarbeiten in tiefer Lage mit dauerndem Bücken sowie Lastentransporte – sind in den Abbildungen 6.2.1-13 und 6.2.1-14 im Schichtverlauf der 1. bis 8. Arbeitsstunde verglichen worden:

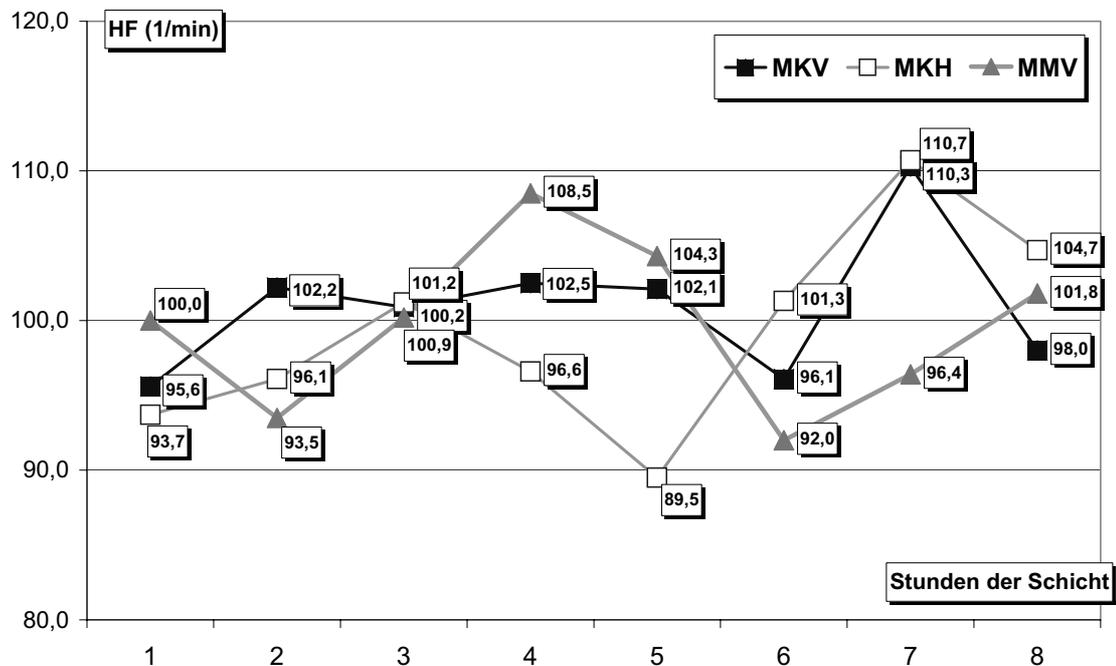


Abbildung 6.2.1-16

Vergleich der HF-Mittelwerte der Arbeitsstunden für MKV, MKH und MMV beim Mauern in tiefen Steinlagen

- Beim tiefen Mauern erreichen sowohl die Helfer am Minikran als auch die Versetzer an der Mauermaschine in der 7. Arbeitsstunde hohe mittlere HF-Werte, die um die Dauerleistungsgrenze für dynamische Ganzkörperarbeit liegen. Von einzelnen Personen wird sie zeitweilig überschritten. Beide Tätigkeiten haben im Bereich außerhalb ihrer Kranunterstützung durch die Versetzhilfe gelegentlich schwere Lasten zu bewegen. Die Anstiege in der 7. Stunde nahe dem Schichtende können als Ermüdungszeichen gewertet werden.
- Die Tätigkeiten des tiefen Mauerns sind für MKH und MMV wohl erheblich leichter als beim traditionellen Mauern, aber dennoch wird eine akzeptable Ausbelastung durch die Arbeit erreicht. Es ist keine Unterforderung oder Mißachtung ungenutzter Reserven der Belastbarkeit anzunehmen.

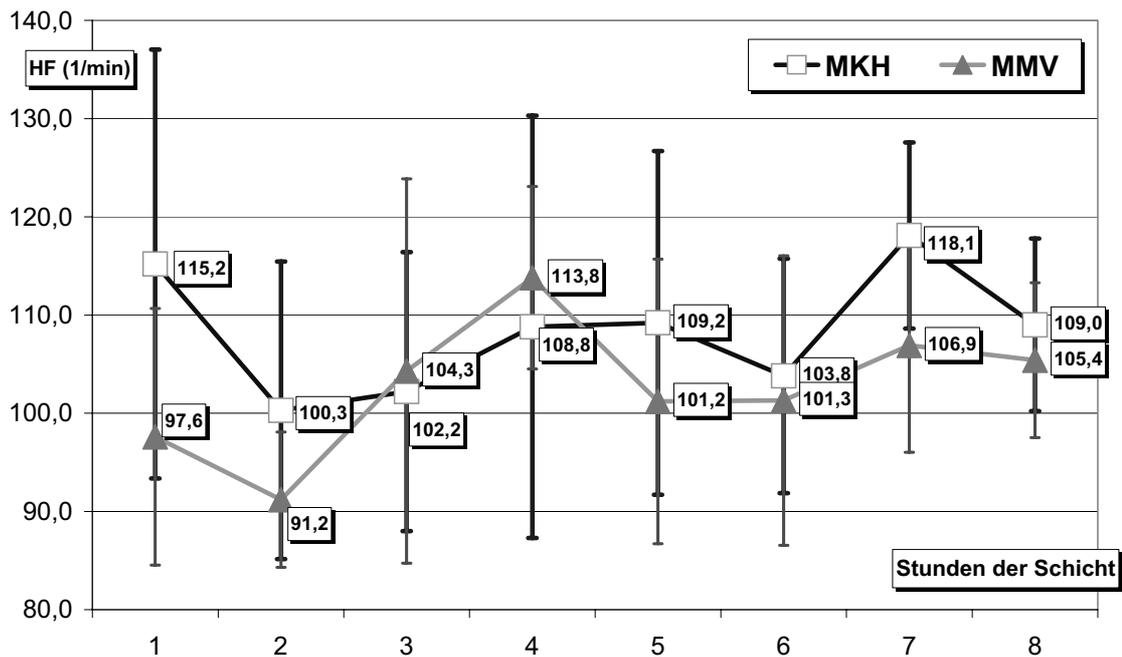


Abbildung 6.2.1-17

Vergleich der HF-Mittelwerte der Arbeitsstunden für MKH und MMV beim Lastentransport

- Beim Lastentransport waren nach den biomechanischen Erkenntnissen aus der AEB-Analyse Gewichte zwischen 6,6 und 9,9 kg zu bewegen. Lastentransport betrifft entweder die Helfer am Minikran oder die Versetzer an der Mauermaschine, wobei letztere keine Helfer haben und deshalb anfallende Nebentätigkeiten mit höheren Lasten selbst ausführen müssen.
- Die Helfer am Minikran erreichen in der 1. und in der 7. Stunde mit durchschnittlich 115,1 bzw. 118,3 / min die höchsten mittleren Frequenzen.

6.2.2 Erhöhte individuelle Beanspruchungen

An den Arbeitsplätzen von Minikran und Mauermaschine sind insgesamt 4 Beschäftigte durch besondere klinische Werte der Voruntersuchung aufgefallen. Ihre HF-Werte wurden deshalb – im Unterschied zu den AEB-Daten der biomechanischen Belastungen – nicht in die HF-Auswertung aufgenommen, um die Belastungsbewertung durch das Beanspruchungsmaß der Herzschlagfrequenz nicht zu verfälschen. Alle 4 Probanden bieten jedoch bei einer Einzelbetrachtung der Fallkonstellationen Informationen, die für den praktischen Einsatz auf der Baustelle von Interesse sind.

Fall 1 – Minikran-Versetzer

Ein 30-jähriger Versetzer wies bei einer Körperhöhe von 184 cm und einem Körpergewicht von 122 kg eine ausgeprägte Fettsucht mit einem Body-Mass-Index von 36,0 auf. In der Voruntersuchung zeigte sich eine Hypertonie von 180 / 95 mm Hg, die medikamentös mit einem beta-Rezeptorenblocker (Bisoprolol) therapiert wurde.

Der Versetzer beurteilte subjektiv seine Arbeit mit der Borg-Skala etwas ungünstiger als die Mehrheit der Minikran-Versetzer. Der mittlere Skalenwert von 13 entspricht der Einschätzung „etwas anstrengend“. Die Tätigkeit fand bei einer mittleren Außentemperatur von 13°C statt.

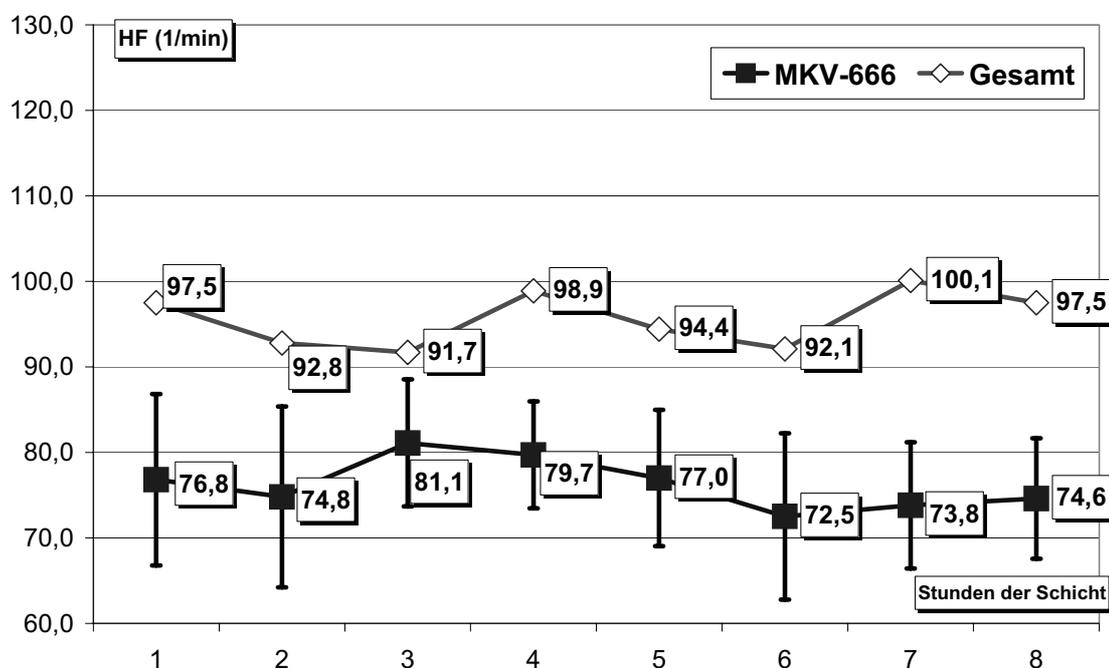


Abbildung 6.2.2-1

Individuelle Werte der HF eines Minikran-Versetzers mit einem erheblichen Übergewicht (BMI = 36,0) und erhöhtem Ruheblutdruck im Verlauf der Arbeitsstunden

HF-Schichtverlauf

Die mittlere Schicht-HF (Abbildung 6.2.2-1) betrug nur $77,0 \pm 8,88$ / min, die HF-Werte aller Arbeitsstunden liegen wenigstens 10 Schläge je Minute unterhalb der Mittelwerte der MKV, in der 3. Stunde nur 10,6, in der 7. Stunde sogar 26,3 / min als Ausdruck einer geringen Beanspruchung.

HF-Tätigkeitsverlauf

Bei allen zu trennenden Maurertätigkeiten bleibt die HF erheblich um wenigstens 17 Schläge unterhalb des Mittelwertes aller gesunden MKV (Abbildung 6.2.2-2).

Die trotz hohem Körpergewicht vorhandene gute körperliche Leistungsfähigkeit und das jugendliche Alter führen bei einer ausreichenden medikamentösen Einstellung zu einer akzeptablen Arbeitsbeanspruchung. Die durch den beta-Blocker zusätzlich bewirkte Senkung der Herzfrequenz wirkt sich positiv auf die subjektive Bewältigung der Arbeit aus. Auch die Angaben zu Stress-Merkmalen (ESB) liegen im Rahmen der Gesamtgruppe der MKV.

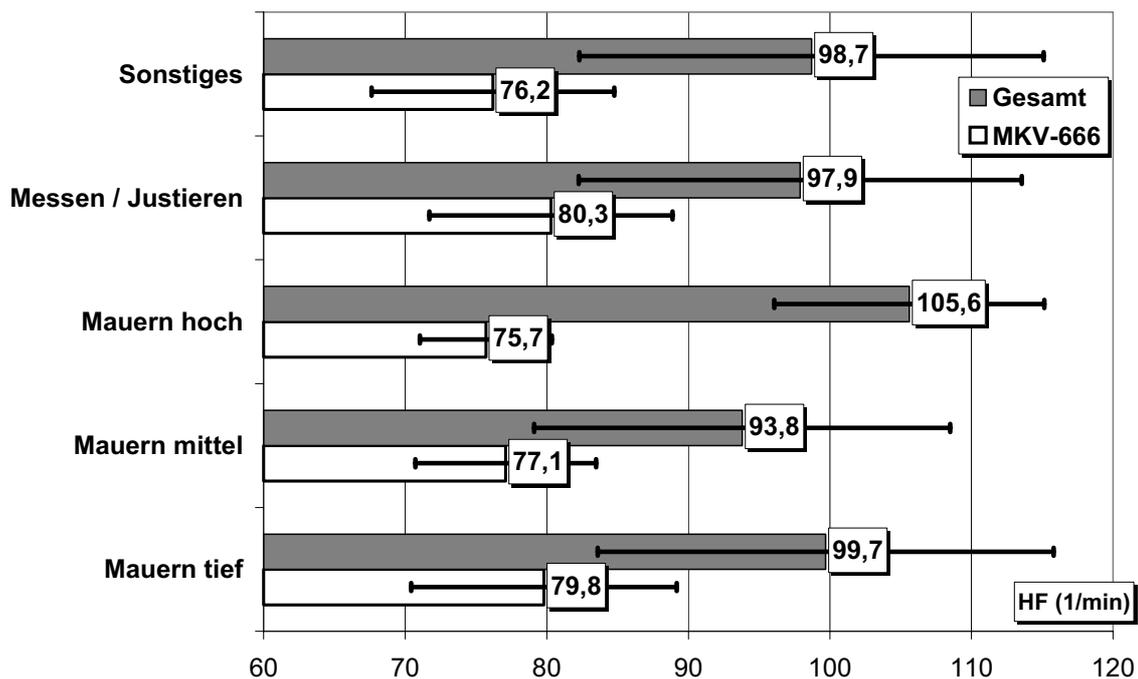


Abbildung 6.2.2-2

Individuelle Werte der HF eines Minikran-Versetzers mit einem erheblichen Übergewicht (BMI = 36,0) und erhöhtem Ruheblutdruck im Vergleich der wesentlichen Tätigkeiten

Fall 2 – Minikran-Versetzer

Ein 43 Jahre alter Minikran-Versetzer war bei einer Körperhöhe von 180 cm und einem Körpergewicht von 98 kg mit einem BMI von 30,2 grenzwertig fettstüchtig einzustufen. In der Voruntersuchung wies er einen hypertonen Blutdruck-Meßwert von 160 / 100 mm Hg auf, der mit Enahexal behandelt wurde. Das Medikament bewirkt als sog. ACE-Hemmer die Verringerung des peripheren Gefäßwiderstandes und hat somit nur einen indirekten physiologischen Einfluß auf die Senkung der Herzfrequenz. Subjektiv hatte er die Belastung über alle Tageszeiten als recht leicht (BORG = 11) eingeschätzt.

HF-Schichtverlauf

Die mittlere Schicht-HF von $93,9 \pm 9,56$ / min liegt im unteren Mittelwertbereich aller untersuchten Versetzer, die HF-Werte aller Arbeitsstunden (Abbildung 6.2.2 – 3) sind bei diesem Versetzer günstiger als beim Durchschnitt der Minikran-Versetzer.

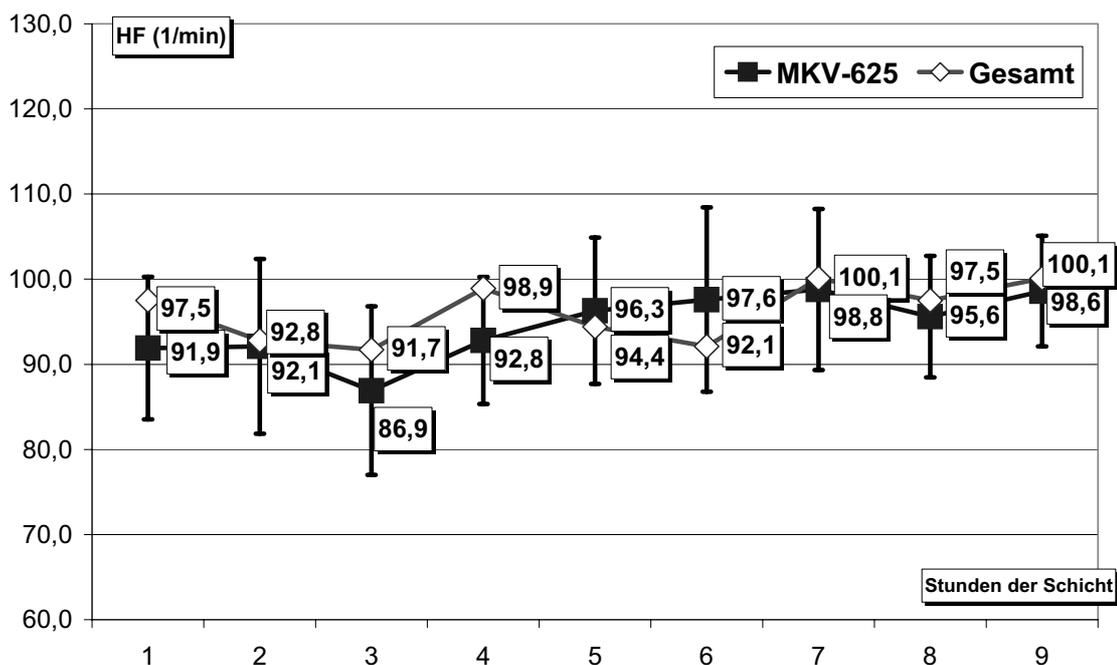


Abbildung 6.2.2-3

Individuelle Werte der HF eines Minikran-Versetzers mit einem erheblichen Übergewicht (BMI = 30,2) und erhöhtem Ruheblutdruck im Verlauf der Arbeitsstunden

HF-Tätigkeitsverlauf

Die HF-Werte aller Teiltätigkeiten (Abbildung 6.2.2-4) sind bei diesem Versetzer günstiger als beim Durchschnitt der Minikran-Versetzer.

Angaben zu Stress-Merkmalen (ESB) liegen auch hier im Rahmen der Gesamtgruppe der MKV.

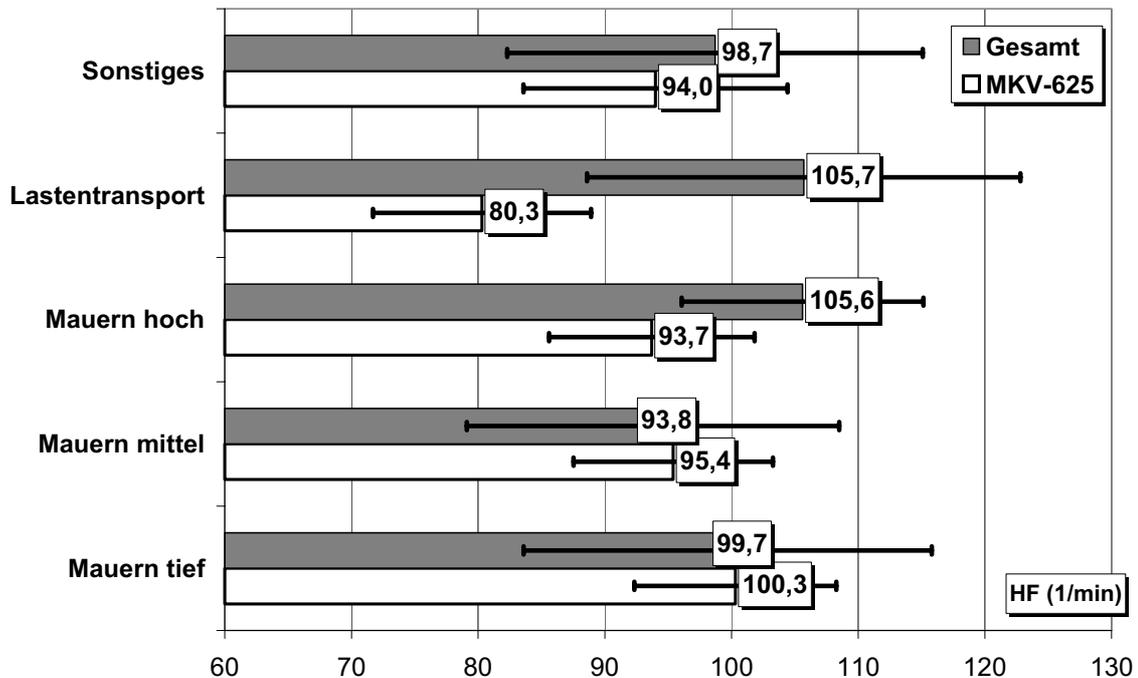


Abbildung 6.2.2-4

Individuelle Werte der HF eines Minikran-Versetzers mit einem erheblichen Übergewicht (BMI = 30,2) und erhöhtem Ruheblutdruck im Vergleich der wesentlichen Tätigkeiten

Fall 3 – Minikran-Helfer

Der 25 Jahre alte Minikran-Helfer hatte bei 185 cm Körperhöhe und 117 kg Körpergewicht mit einem BMI von 34,2 eine ausgeprägte Fettsucht. Die in der Voruntersuchung festgestellte Hypertonie mit einem aktuellen Meßwert von 190 / 100 mm Hg bei einer Ruhedefrequenz von 88 / min war bisher nicht bekannt und somit auch nicht behandelt worden. Der MKH schätzte seine Tätigkeit mit einem BORG-Wert über die Schicht von 10 am Morgen ansteigend auf 15 bzw. 16 (mittags bzw. Schichtende) als anstrengend ein.

HF-Schichtverlauf

Die mittlere Schichtherzfrequenz von $120,0 \pm 13,20$ / min lag um 21,4 / min über dem Mittelwert aller MKH und 10 Schläge oberhalb der Dauerleistungsgrenze für dynamische Ganzkörperarbeit (Abbildung 6.2.2-5).

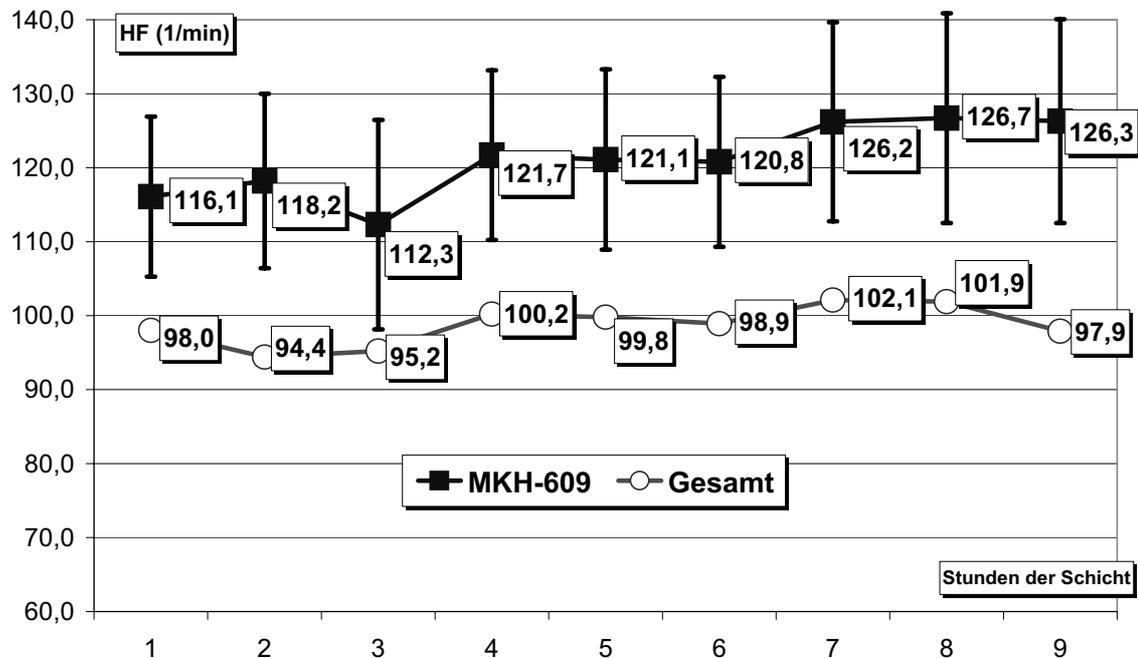


Abbildung 6.2.2-5

Individuelle Werte der HF eines Minikran-Helfers mit einem erheblichen Übergewicht ($BMI = 34,2$) und erhöhtem Ruheblutdruck im Verlauf der Arbeitsstunden

HF-Tätigkeitsverlauf

Bei allen Mauerarbeiten war die Frequenz in etwa gleicher Weise um mehr als 25 (!) Schläge / min erhöht (Abbildung 6.2.2-6). Die hohe physische Aktivierung zeigt sich auch in der mittleren Pausen-HF beider Untersuchungstage, die mit $109,3 \pm 11,82$ außergewöhnlich hoch ist. Eine hinreichende Erholung ist damit auch in der Mittagspause nicht zu erwarten.

Eine Zusatzbelastung durch das Außenklima traf hier nicht zu, denn die Temperaturen des Aufnahmetages bewegten sich zwischen 8°C (morgens) und 11°C (nachmittags).

Im Fragebogen nach psychischen Belastungsfaktoren nennt dieser MKH psychische Ermüdung („sich erschöpft und müde fühlen“, „Nachlassen der Konzentration“) und die Stressfolgen „unruhig und nervös zu sein“ sowie „die Angst, die Arbeit nicht zu schaffen“ als auffällige Symptome.

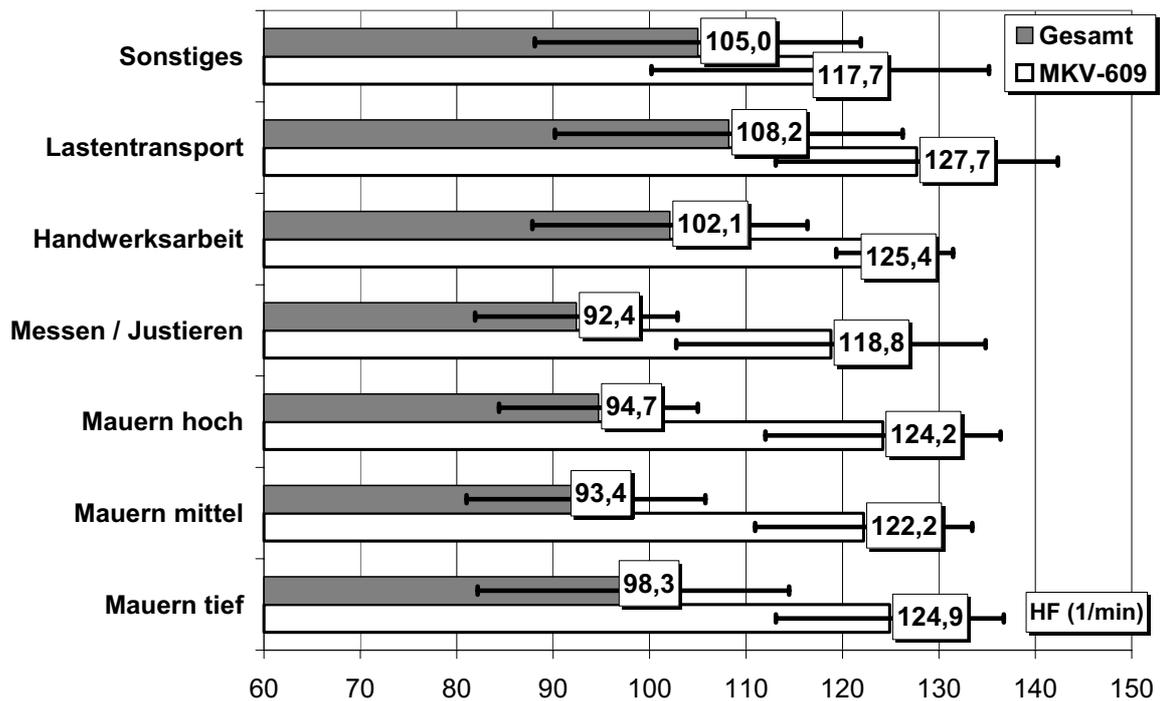


Abbildung 6.2.2-6

Individuelle Werte der HF eines Minikran-Helfers mit einem erheblichen Übergewicht (BMI = 34,2) und erhöhtem Ruheblutdruck im Vergleich der wesentlichen Tätigkeiten

Zusammenfassend kann für diesen Minikran-Helfer festgestellt werden:

Soweit die Hypertonie und Fettsucht unbehandelt bleiben, ist er einem erheblichen Gesundheitsrisiko mit subjektiver körperlicher Überlastung ausgesetzt, obwohl die Tätigkeit insgesamt aus physiologischer Sicht als körperlich leicht bis mittelschwer eingestuft werden kann. Es entwickelt sich ein individuelles Eignungsproblem, das nur durch eine Veränderung der Lebensweise in Verbindung mit einer Therapie beherrschbar ist.

Fall 4 – Mauermaschinen-Versetzer

Der 45 Jahre alte Mauermaschinen-Versetzer (MMV) von 169 cm Körperhöhe und 86 kg Körpergewicht hatte einen BMI von 30,1, d.h. er war im Grenzbereich zur Fettsucht. Die Voruntersuchung zeigte einen Blutdruck von 180 / 100 mm Hg bei einer Ruhfrequenz von 92 / min. Eine Therapie erfolgte nicht.

Die Untersuchung des MMV erfolgte an einem Tag mit ungünstiger klimatischer Belastung bei Temperaturen von morgens 20°C bis mittags >25°C und schwülem Wetter.

Der MMV schätzte seine Arbeit subjektiv als etwas anstrengend (BORG = 13) ein.

HF-Schichtverlauf

Die Gesamt-HF von $104,6 \pm 9,06$ / min liegt 8 Schläge über dem Mittelwert, jedoch noch innerhalb des 75. Perzentils dieser insgesamt etwas höher belasteten Gruppe. In den ersten und letzten Stunden der Arbeitsschicht überschreitet er die mittleren Werte der MMV deutlich (Abbildung 6.2.2-7).

Die Rückstellung in der Pause erreicht nur einen Wert von $98,0 \pm 9,77$ / min und kann nicht als ausreichend für eine Erholungswirkung eingeschätzt werden.

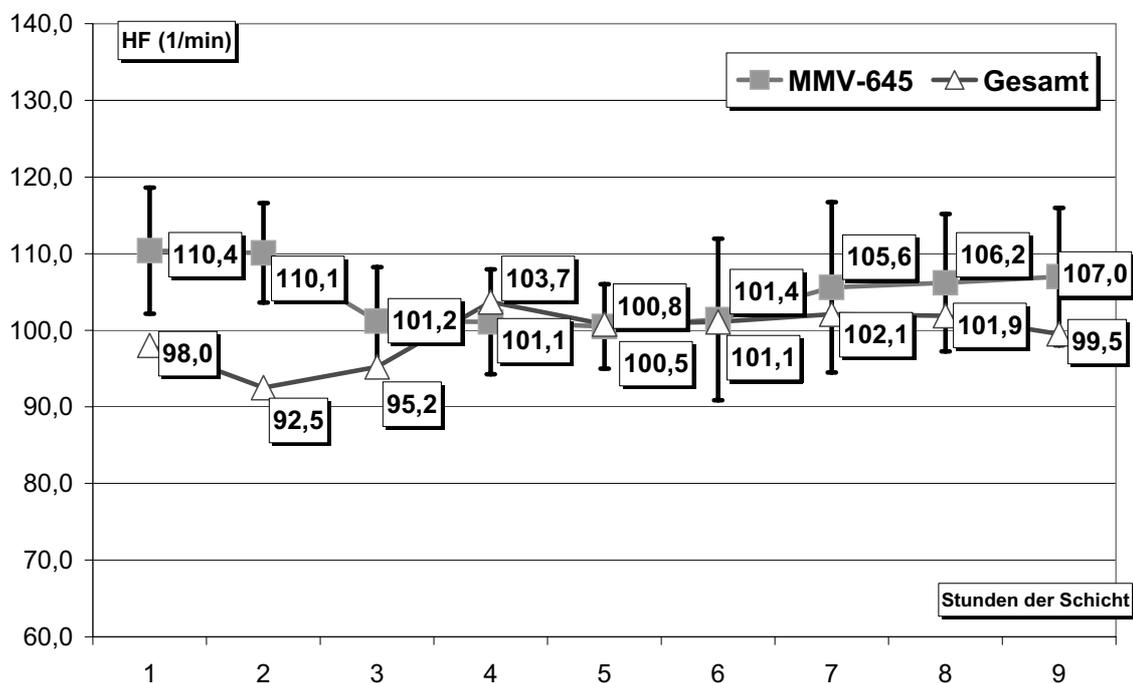


Abbildung 6.2.2-7

Individuelle Werte der HF eines Mauermaschinen-Versetzers mit Übergewicht (BMI = 30,1) und erhöhtem Ruheblutdruck im Verlauf der Arbeitsstunden

HF-Tätigkeitsverlauf

Bei allen Teiltätigkeiten, darunter am deutlichsten bei den sog. Handwerksarbeiten, weist dieser MMV eine höhere Beanspruchung auf (Abbildung 6.2.2-8).

Die Angaben zu den psychischen Belastungsmerkmalen sind nicht auffällig.

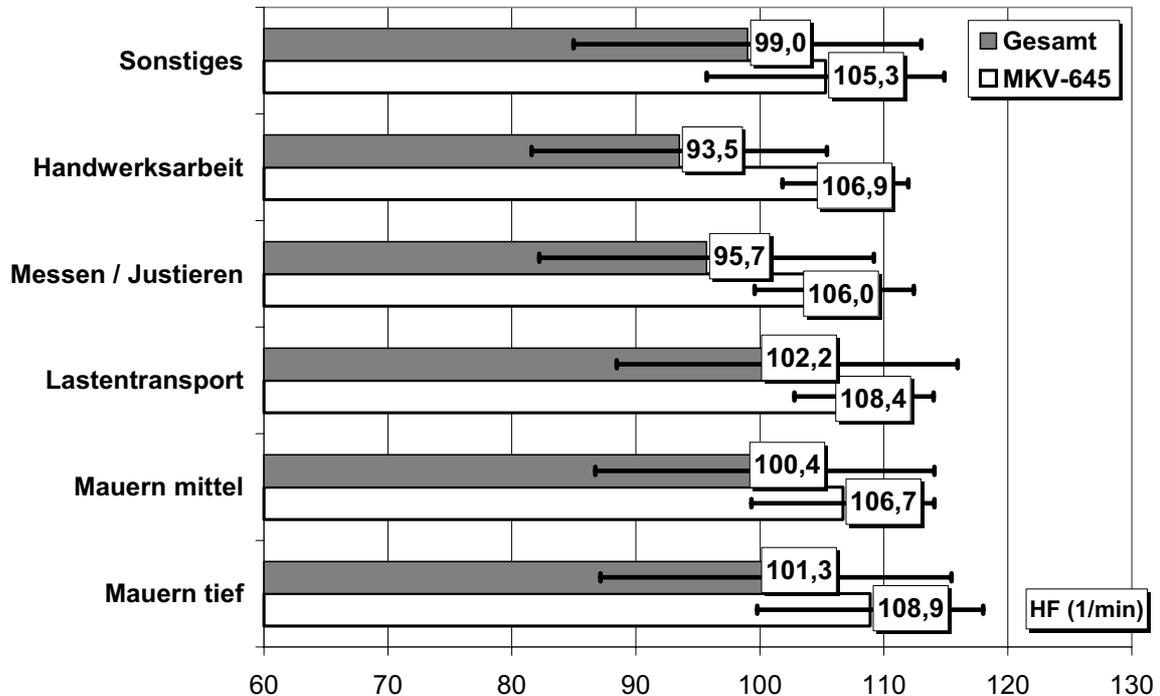


Abbildung 6.2.2-8

Individuelle Werte der HF eines Mauermaschinen-Versetzers mit Übergewicht (BMI = 30,1) und erhöhtem Ruheblutdruck im Vergleich der wesentlichen Tätigkeiten

6.3 Subjektive Beanspruchung

6.3.1 Empfundene körperliche Anstrengung und Beschwerden

Die subjektiv empfundene Beanspruchung wird global als allgemeines Anstrengungserleben mit der BORG-Skala sowie im Anstrengungserleben in einzelnen Körperregionen auf der Körpertopographie dargestellt. Auf der BORG-Skala geben die Beschäftigten an, wie anstrengend sie ihre Tätigkeit zur Zeit empfinden (Abbildung 6.3.1-1). Im Gegensatz zur Körpertopographie (Abbildung 6.3.1-4) kommt hier die energetische Beanspruchung deutlicher zum Ausdruck, die als allgemeine und muskuläre Ermüdung erlebt wird.

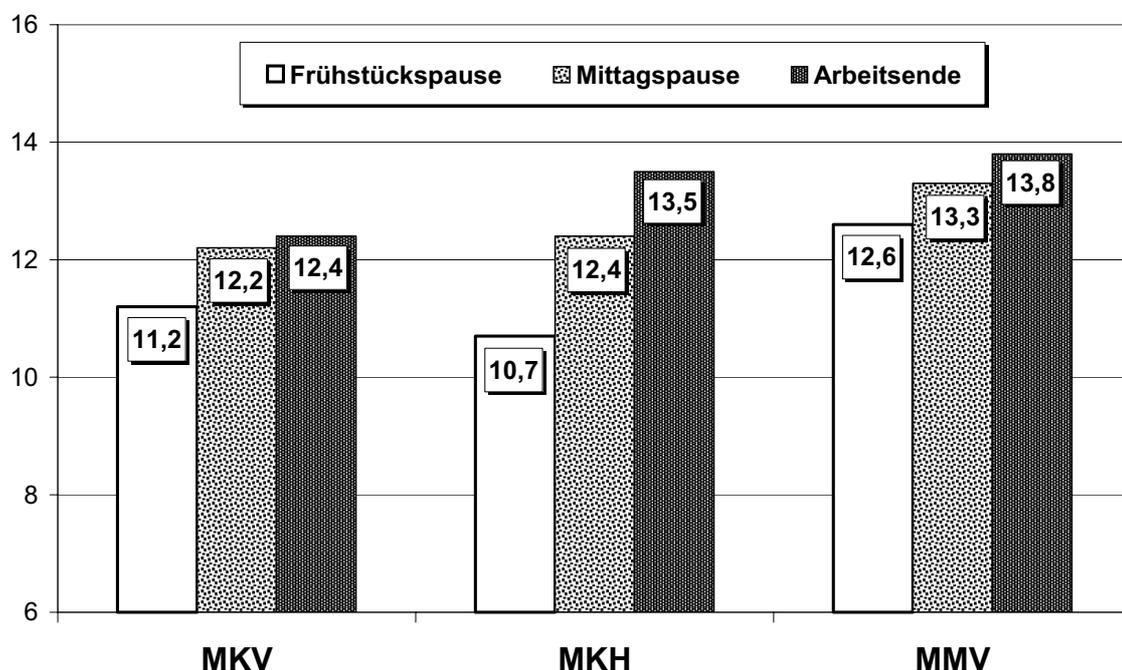


Abbildung 6.3.1-1 Mittelwerte der Anstrengungsbeurteilung mit der BORG-Skala im Vergleich zwischen dem Beginn der Frühstückspause, Beginn der Mittagspause und Arbeitsende

- MKV und MKH sowie MMV erleben diese Anstrengung als „recht leicht“ (= 11) bis „etwas anstrengend“ (= 13). Somit ist im Durchschnitt keine stark ausgeprägte allgemeine Anstrengung bei den Versetzmaurern zu registrieren, die zur Begrenzung der Arbeitsleistung und zum vorzeitigen Abbruch der Tätigkeit führen könnte.
- Im Detail zeigt sich, dass bei allen drei Versetzgruppen eine steigende Ermüdung über den Arbeitstag messbar ist. Dabei haben die Minikran-Verstzer die günstigsten Werte, da sie selbst nur selten schwere Lasten handhaben und Zwangshaltungen einnehmen. Auch ihre Helfer geben eine geringere Anstrengung als die Versetzer an Mauermaschinen an, die wegen der Kombination aus Versetzarbeit und Hilfsprozessen die ungünstigsten Werte zeigen.

Eine Betrachtung der Verteilung der individuellen Urteile über die Gesamtbeanspruchung läßt erkennen, dass 16,7% der Minikran-Versetzer, 31,2% der Versetzer an Mauermaschinen und 36,4% der Helfer an Minikranen ihre Tätigkeit am Ende der Arbeitsschicht als anstrengend bis sehr anstrengend einschätzen (Abbildung 6.3.1-2).

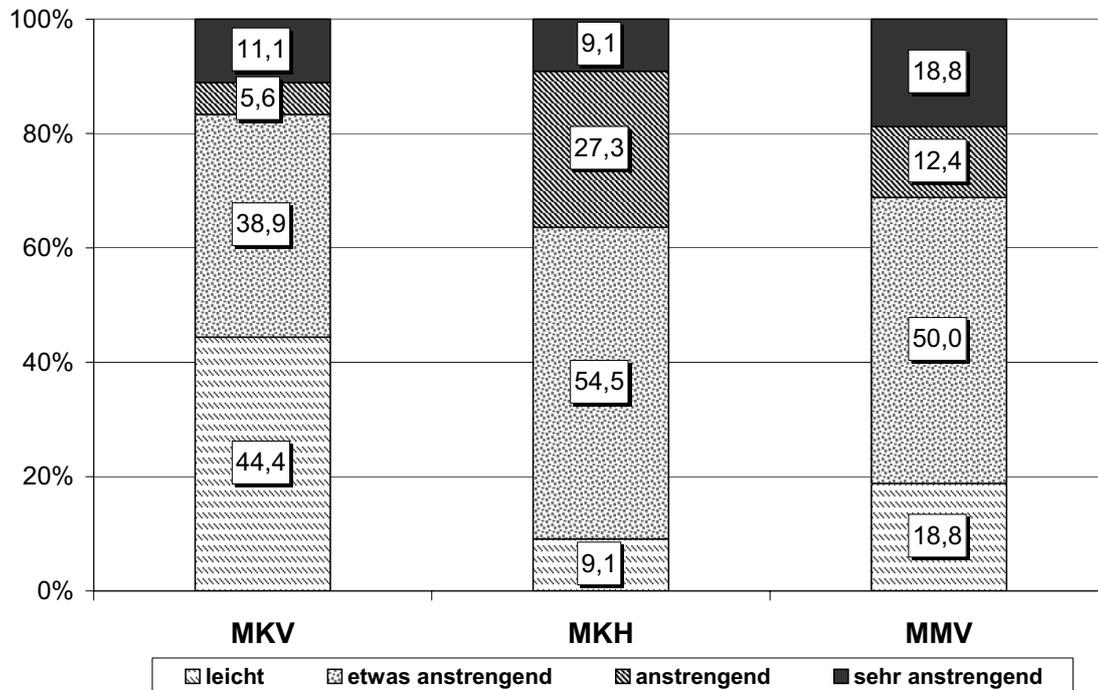


Abbildung 6.3.1-2

Individuelle Unterschiede der Angaben über die erlebte Anstrengung nach der BORG-Skala am Ende der Arbeitsschicht

	MKV	MKH	MMV	SV
Mit schweren Lasten anstrengen	77,8	100,0	94,1	33,3
Im tiefen Bücken arbeiten	88,9	90,9	94,1	33,3
Schultern und oberen Rücken anstrengen	88,9	100,0	88,2	66,7
Hand- und Ellenbogengelenke belasten	88,9	81,8	70,6	33,3

Abbildung 6.3.1-3

Angaben der Beschäftigten (in %), ob sich die angegebene Belastung durch den Einsatz der neuen Technik vermindert hat

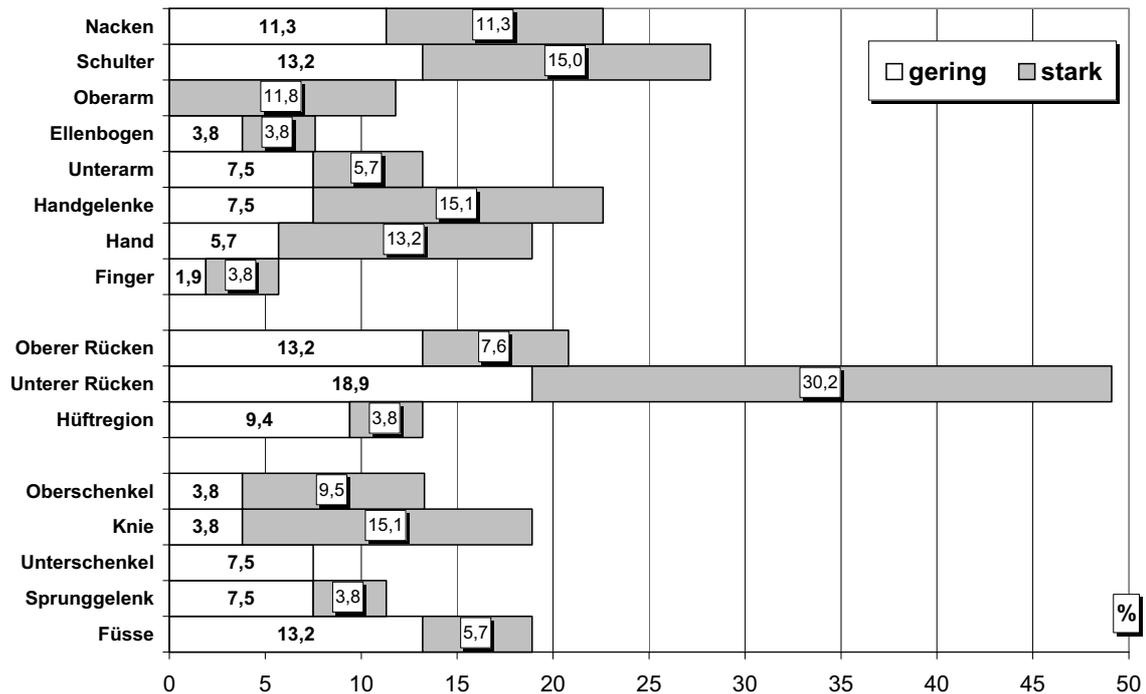


Abbildung 6.3.1-4

*Erlebte Anstrengung der Versetzmaurer in den Körperregionen
am Beispiel der rechten Körperregion*

Für das Anstrengungserleben einzelner Körperregionen zeigt sich am Beispiel der Angaben für die rechte Körperseite, dass

- die Anstrengung des tiefen Rückens auch bei Maurern mit Versetzhilfen am höchsten (49,1% der Probanden) ausgeprägt ist, aber auch der obere Rücken als Vermittler zwischen Schulter- und Lendenregion einbezogen wird (20,9%).
- Die nächsten Schwerpunkte stellen Schulter und Nacken (28,2% und 22,6%) sowie die Handgelenke und Hände (22,6% und 18,9%) dar.
- Die Kniegelenksregion ist bei 18,6% der Probanden angestrengt.

Daraus folgt zusammenfassend, dass das Hand-Arm-System weiterhin einen Schwerpunkt der Beanspruchung durch den Mauerwerksbau darstellt.

Beschwerden als Folge von Anstrengung in den Körperregionen könnten auf ergonomische Mängel der Arbeit hinweisen. Beim Vergleich zwischen den Einsatzgebieten an Versetzhilfen werden die häufigsten Angaben über die Anstrengung für die Nacken-, Schulter-, Handgelenks- und Kniegelenksregion sowie den oberen und tiefen Rücken gemacht (Abbildung 6.3.1-5).

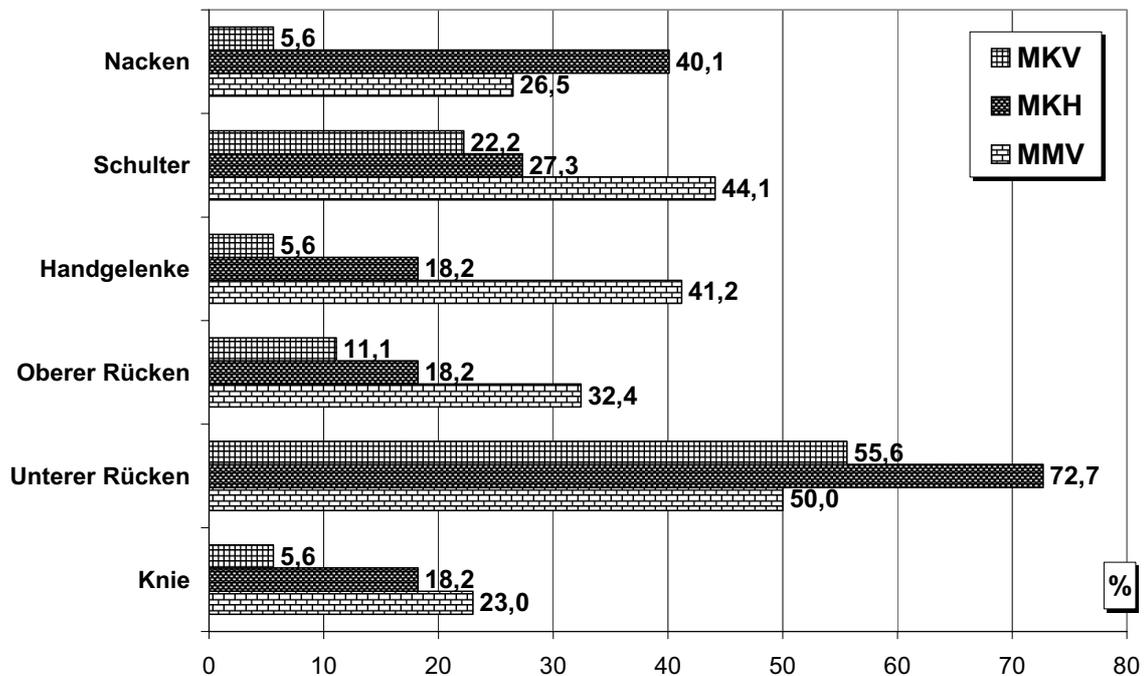


Abbildung 6.3.1-5

Anstrengung in den am häufigsten betroffenen Körperregionen
(mittlere Häufigkeit, rechte und linke Seite zusammen)

- Alle drei Versetzmaurertypen - MKV, MKH und MMV - geben am häufigsten Anstrengungen im unteren Rücken an. Darüber hinaus empfindet der MKV in allen Körperregionen die geringsten Anstrengungen, während sich die MKH vor allem im Nackenbereich (40,1%) und die MMV im Bereich des oberen Rückens (32,4%), der Schulter und der Handgelenke belastet fühlen.

Veränderungen der Belastungen:

Im Rahmen der ärztlichen Voruntersuchungen wurden die Beschäftigten auch befragt, ob sich

- die Anstrengung beim Umgang mit schweren Lasten,
- die Arbeit im tiefen Bücken,
- die Anstrengung in Schultern und oberem Rücken,
- die Belastung der Ellenbogen- und Handgelenke

durch die gegenwärtige Arbeit im Vergleich mit dem Vermauern per Hand im Sinn einer Verminderung oder Erhöhung verändert hat bzw. gleich geblieben sei.

Alle Merkmale subjektiv empfundener Belastung haben sich durch den Einsatz der Versetzhilfen aus der subjektiven Sicht erheblich verringert. Die Einschätzungen fallen besonders günstig bei den Helfern, aber auch bei den Versetzern am Minikran aus. Die Versetzer an der Mauermaschine urteilen etwas ungünstiger als die Beschäftigten am Minikran.

Die Belastung der Hand- und Ellenbogengelenke fällt für Minikran-Helfer sowie für Versetzer an Mauermaschinen nicht ganz so günstig aus (81,8 % bzw. 70,6%), zeigt jedoch auch hier einen eindeutig positiven Trend.

Die beiden Sonderverfahren, die auf eine andere Weise durch Verfahren der Vorfertigung zur Optimierung des Mauerwerksbaus beitragen sollen, zeigen keine so eindeutig positive Tendenz der körperlichen Entlastung. Nur ein Drittel der Befragungen führte zu positiven Ergebnissen, der Rest gab neutrale oder negativ wertende Antworten.

6.3.2 Psychische Belastungsfolgen

Die psychischen Folgen der Arbeitsbelastung sind durch Verwendung bewährter Fragestellungen aus arbeitspsychologischen Standardverfahren orientierend eingeschätzt worden.

Qualitative Leistungsanforderungen

werden hinsichtlich

- der Kompliziertheit der Arbeitsaufgabe sowie
 - der Anforderungen an die Konzentrationsfähigkeit
- beurteilt.

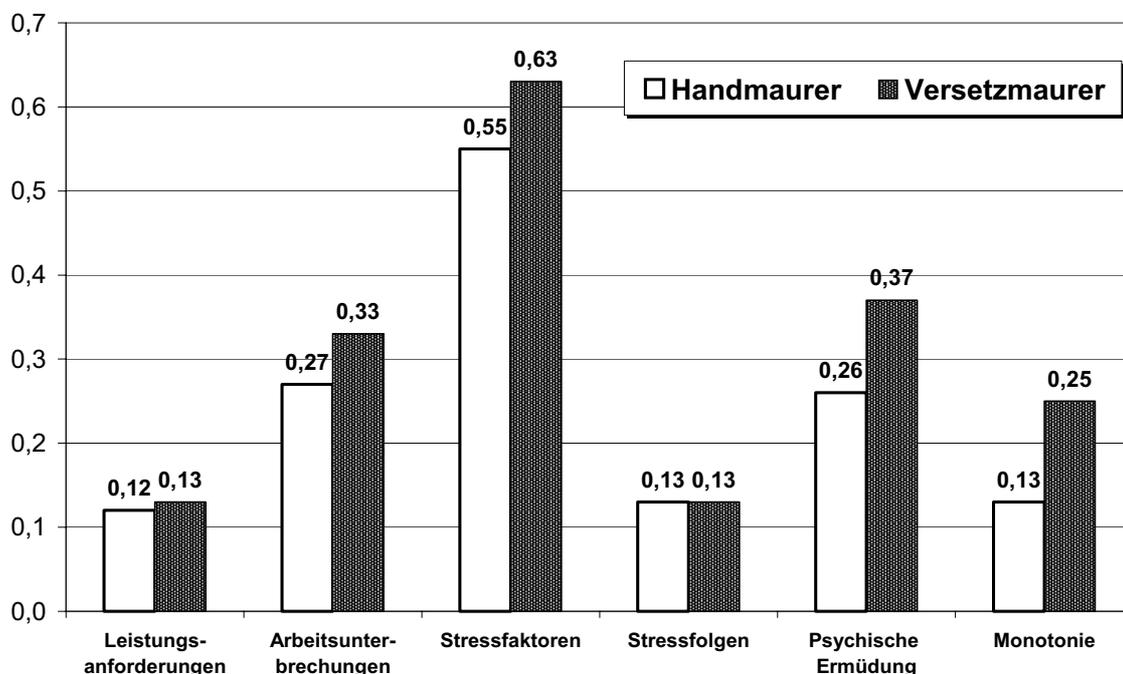


Abbildung 6.3.2-1

Psychisch belastende Elemente der Arbeit – Vergleich zwischen Maurern an Versetzhilfen und traditionellen Maurern (Daten der ESB-Erhebung – traditionelle Maurer aus dem AMD Hamburg)

- Die psychischen Belastungsfolgen werden hier zunächst mit einer Gruppe von Maurern verglichen, die überwiegend Einhandsteine verarbeitet. Dabei fallen, bei Berücksichtigung des Spielraums persönlicher Besonderheiten keine Ergebnisse zum Nachteil der Arbeit mit Versetzhilfen auf (Abbildung 6.3.2-1).

- Die erfragten Stressfaktoren stehen zwar im Vordergrund der subjektiven Angaben, wirken sich jedoch nicht auf die Befindlichkeit der Beschäftigten aus. Sie drücken eher die Befürchtungen in einem zunehmend von Zeitdruck gekennzeichneten Arbeitsumfeld aus und sind als realer Belastungsfaktor einzuschätzen.
- Eine gewisse Reduzierung der Vielfalt handwerklicher Maurerarbeiten beim Arbeiten mit Versetzhilfen ist im Faktor Monotonie zu erkennen. Dies deutet jedoch keine Unzufriedenheit der Beschäftigten und ihrer Unternehmen mit der Arbeit an Versetzhilfen an, wie die Voruntersuchungen an einer größeren Gruppe von Anwenderfirmen belegen. Vielmehr befürwortete eine große Mehrheit der Anwender sowohl bei Arbeitgebern als auch bei Arbeitnehmern den Einsatz neuer Technologien und wünschte nicht zur traditionellen Bauweise zurückzukehren.

Arbeitsunterbrechungen

als typische Merkmale handwerklicher Tätigkeit sind

- aus Gründen des Materialflusses sowie
- wegen äußerer Einflußnahme auf den Arbeitsablauf befragt worden.

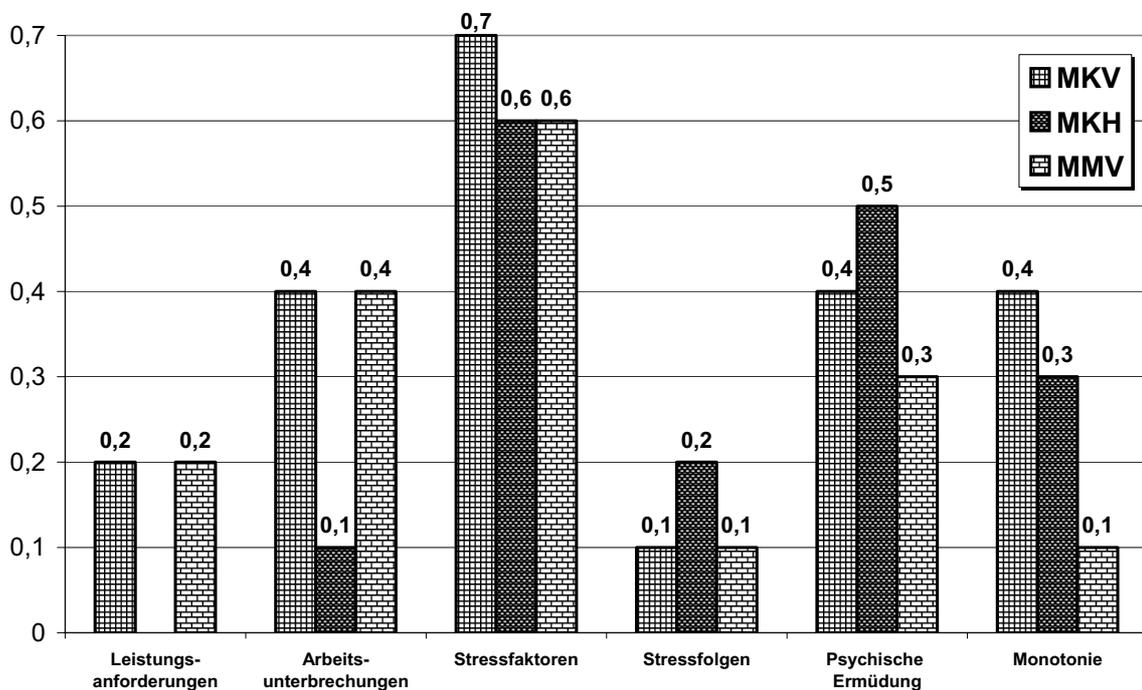


Abbildung 6.3.2-2

Psychisch belastende Elemente der Arbeit –
Vergleich zwischen Versetzmauern

- Insgesamt schätzen die Maurer mit Versetzhilfen ihre Arbeitsunterbrechungen geringfügig höher als die konventionellen Maurer ein. Sie unterscheiden sich damit jedoch nicht von anderen Gewerken (Abbildung 6.3.2-3) und schätzen ihre Situation z. B. besser als die Zimmerer oder die Installateure ein.
- Zwischen den 3 Einsatzgebieten bestehen Unterschiede, indem beide Versetzgruppen etwa gleiche Einschätzungen treffen, aber die Helfer an Minikranen deutlich günstigere Angaben machen (Abbildung 6.3.2-2).

Stressursachen

werden von den Befragten dann angegeben, wenn sie auf

- Termin- und Zeitdruck oder in ähnlicher Konstellation
- Konflikte zwischen Termin und Qualität verweisen.

Die Häufigkeit derartiger Angaben ist in allen mit diesem Fragebogen untersuchten Gruppen von Bauarbeitern groß. Versetzmaurer geben etwas häufiger als traditionelle Maurer zeitbedingte mögliche Stressursachen an (Abbildung 6.3.2-1). Sie liegen jedoch eindeutig innerhalb der Spannweite anderer untersuchter Bautätigkeiten und werden von Malern und Installateuren übertroffen (Abbildung 6.3.2-3). Zwischen den 3 Einsatzgebieten bestehen nur geringe Unterschiede, indem Minikran-Versetzer und – Helfer in etwa gleiche Einschätzungen treffen. Die Versetzer an Mauermaschinen, die sowohl für die Materialbereitstellung als auch für das Vermauern selbst verantwortlich sind, machen etwas ungünstigere Angaben (Abbildung 6.3.2-2).

Erlebte Stressfolgen

relativieren die vermuteten Ursachen. Es wurde deshalb gefragt, ob

- das Gefühl besteht, die Übersicht zu verlieren,
- Unruhe und Nervosität auftreten,
- Angst eintritt, die Arbeit nicht zu schaffen.

Die Angaben über erlebte Stressfolgen sind insgesamt gering ausgeprägt, d.h. derartige Stressfolgen werden von den Befragten nur selten erlebt. Zwischen traditionellen Maurern und Maurern an Versetzhilfen bestehen keine Unterschiede (Abbildung 6.3.2-1) und beide Gruppen haben günstiger geurteilt als die Gewerke des Innenausbaus (Maler, Installateure), (Abbildung 6.3.2-3). Zwischen den 3 Einsatzgebieten bestehen nur geringe Unterschiede. Die Minikran-Helfer machen die ungünstigeren Angaben (Abbildungen 6.3.2-2).

Psychische Ermüdung

wird durch

- das Nachlassen der Konzentration,
- größeren Zeitaufwand für die gleiche Leistung ermittelt.

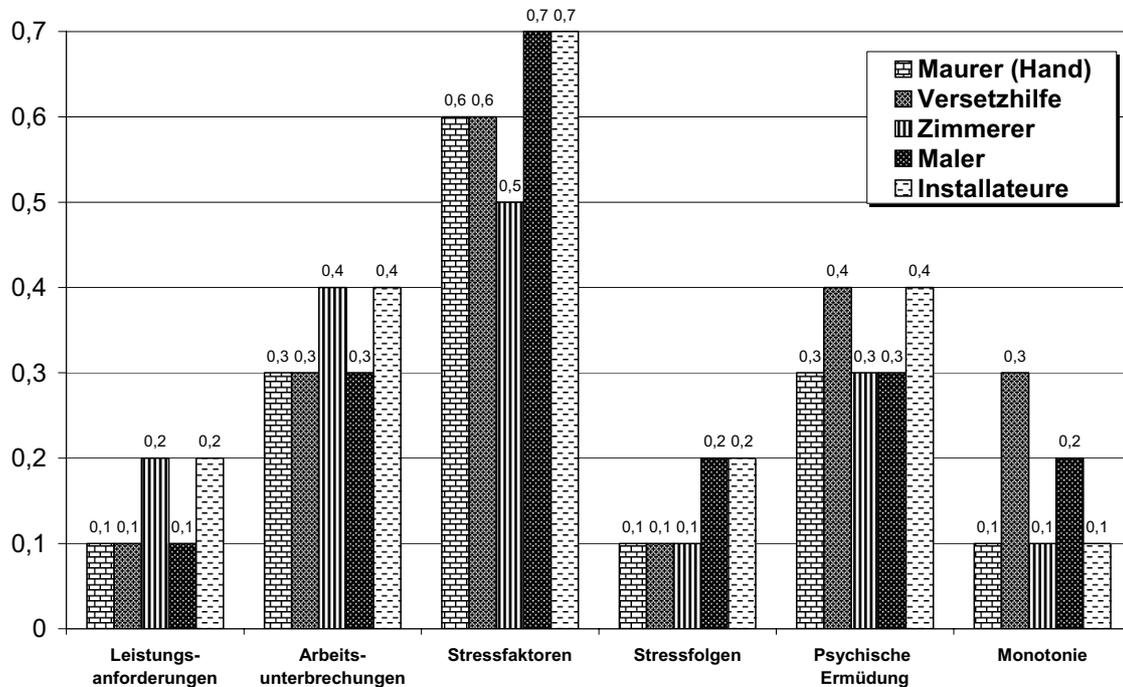


Abbildung 6.3.2-3

Psychisch belastende Elemente der Arbeit – Vergleich zwischen Gewerken
(Daten der ESB-Erhebung aus dem AMD Hamburg)

- Die Angaben der Maurer mit Versetzhilfen sind etwas ungünstiger als die der traditionellen Maurer (Abbildung 6.3.2-1) und liegen an der Spitze der beobachteten Tätigkeitsgruppen des Baugewerbes (Abbildung 6.3.2-3). Beide Versetzgruppen treffen etwa gleiche Einschätzungen. Die Helfer an Minikranen dagegen machen etwas ungünstigere Angaben (Abbildung 6.3.2-2).

Monotonie

als Merkmal des fortlaufend gleichförmigen Arbeitsablaufs, bei dem ggf. die vorhandenen Qualifikationen nur gering ausgenutzt werden, wurde ermittelt durch die Fragen, ob

- die Kenntnisse zu wenig gefordert werden,
- manchmal Langeweile auftritt,
- Abläufe als zu einförmig wiederholend betrachtet werden.

Die Tätigkeit an Versetzhilfen wird deutlich stärker monoton eingeschätzt als das Mauern von Hand (Abbildung 6.3.2-1). Insgesamt stehen die Versetzmaurer an der Spitze der beobachteten Tätigkeitsgruppen des Baugewerbes (Abbildung 6.3.2-3). Zwischen den 3 Einsatzgebieten bestehen jedoch erhebliche Unterschiede. Die Versetzer am Minikran beurteilten ihre Tätigkeiten erheblich günstiger als die Helfer am Minikran. Die ungünstigsten Angaben machten die Versetzer auf der Mauermaschine (Abbildung 6.3.2-2).

6.3.3 Blutdruck-Tagesprofil

Bei einem Maurer, der auf einer Mauermaschine arbeitete, konnte eine Blutdruck-Langzeitmessung vorgenommen werden. Aufgenommen wurde das Blutdruckprofil eines 40-jährigen mit einem BMI von $30,9 \text{ kg/m}^2$ während seiner Arbeitsschicht von 8 Stunden und 43 Minuten. Die Aufnahme erfolgte am 3. Tag eines Meßverfahrens vor Ort mit einem Gerät der Firma SpaceLabs Medical Nr. 90239 A und einem ABD-Reportgenerator VO1.1805. Der Beschäftigte war somit an die Untersuchungssituation weitgehend gewöhnt. Bei der Gelegenheitsblutdruckmessung am Vortage waren erhöhte Blutdruckwerte aufgefallen. Dem Mitarbeiter wurde eine arbeitsplatzbezogene Blutdruckmessung angeboten. Das Wetter am Untersuchungstag war trocken und reichte von bewölkt bis sonnig bei Temperaturen zwischen 18° C (morgens) und 22° C (nachmittags). In Abbildung 6.3.3 ist der Verlauf der gemessenen Parameter systolischer und diastolischer Blutdruck sowie Herzfrequenz dargestellt (Meßintervall 15 min., zusätzliche Messungen konnten vom Untersuchten auf Knopfdruck ausgelöst werden).

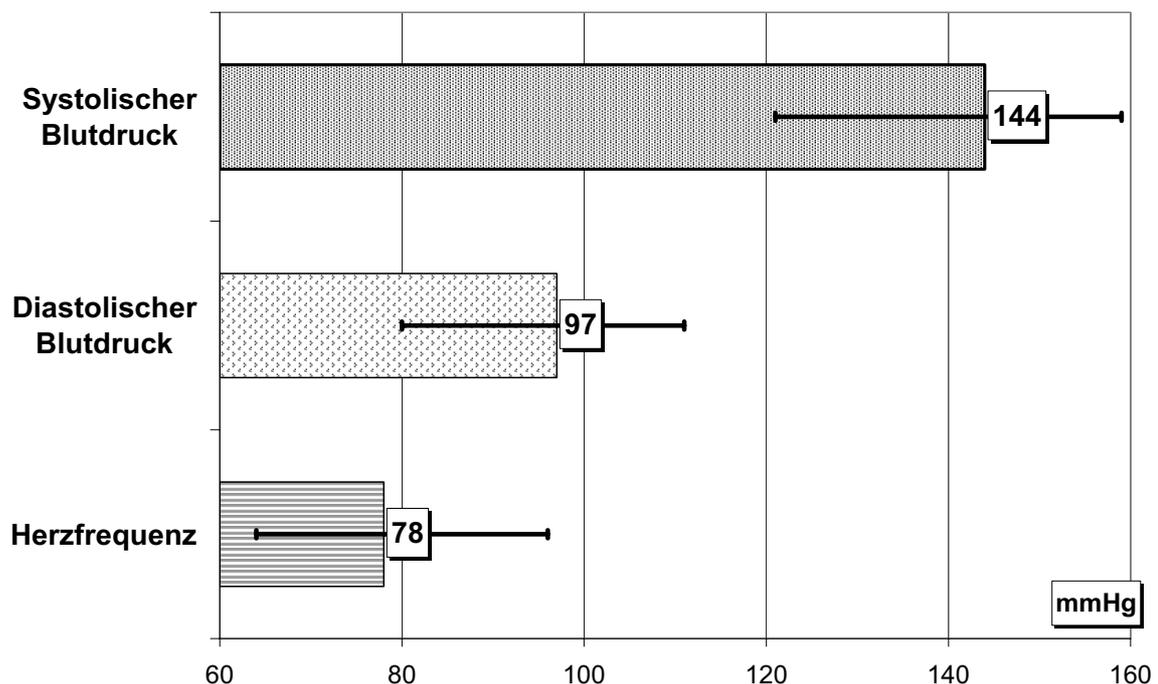


Abbildung 6.3.3

Verlauf von Blutdruck und Herzfrequenz eines Mauermaschinen-Versetzers während der Arbeitsschicht

Die Blutdruck-Langzeitmessung zeigte folgenden Verlauf:

- Der systolische Wert lag im Durchschnitt bei 144 mmHg, wobei der niedrigste Wert in der Mittagspause mit 121 mmHg erreicht wurde.
- Der höchste Wert wurde beim Anlegen des Gerätes um 07:03 Uhr gemessen und betrug 159 mmHg. Diese Erhöhung ist wohl als - „situativ bedingte RR – Erhöhung“ als Reaktion auf das ungewohnte Tragen der Manschette am Arm und überhaupt auf das Ankommen am Arbeitsplatz zurückzuführen.
- Über den gemessenen Zeitraum von 8 Stunden und 43 Minuten liegt der Anteil der erhöhten systolischen Blutdruckwerte über 140 mmHg bei 57%.

- Der diastolische Wert zeigt einen Verlauf von 80 bis 111 mmHg. Beide Werte traten um die Mittagszeit zwischen 12:05 Uhr (Höchstwert) und 13:34 Uhr (Niedrigstwert) auf.
- Der durchschnittliche diastolische Blutdruckwert lag bei 97 mmHg und war damit erhöht.
- 76% der diastolischen Blutdruckwerte lagen über dem Normalwert für die Gelegenheitsblutdruckmessung von 90 mmHg.

- Die Herzfrequenz, die das Blutdruckmessgerät feststellte, lag durchschnittlich bei 78 Schlägen / Minute (minimal 64 / min. , maximal 96 / min.). Differenzen zu den Ergebnissen der gleichzeitig kontinuierlich gemessenen Herzfrequenz sind in der unterschiedlichen Meßmethodik begründet, die bei der Blutdruckmessung mit begleitender HF-Ermittlung nur in einzelnen Zeitintervallen kurzzeitig erfolgte.

Zusammenfassend zeigten sich bei der arbeitsplatzbezogenen Langzeit-Blutdruck-Messung bei dem Untersuchten ein Blutdruck mit einem durchschnittlichen RR-Wert von 144/97 mmHg (Normalwert bei der Langzeit-RR-Messung während der Tagphase: kleiner/gleich <135/85 mmHg). Der Untersuchte wurde über das Meßergebnis und die daraus resultierenden Konsequenzen schriftlich informiert.

6.3.4 Belastungsermittlung beim Einsatz von Versetzhilfen im Mauerwerksbau mit Anwendung von CUELA - HTR

Zur Ermittlung von berufsbedingten Muskel-Skelett-Belastungen, zur Analyse von Arbeitshaltungen und Lastgewichten gibt es kaum zuverlässige Aufnahmeverfahren mit denen auch längere Zeitverläufe einer Tätigkeit analysiert werden können. Die meisten Verfahren basieren auf Beobachtung und Protokollierung.

Das Messsystem CUELA – HTR (Computerunterstützte Erfassung und Langzeit-Analyse von Belastungen des Muskel-Skelett-Systems beim Heben, Tragen und Rumpfbeugen) wurde vom BGIA - Berufsgenossenschaftliches Institut für Arbeitsschutz in Sankt Augustin entwickelt, um Belastungen des Muskel-Skelett-Systems unmittelbar am Arbeitsplatz unter realen Arbeitsbedingungen analysieren zu können.

Einige Berufsgenossenschaften, darunter auch die Bau-Berufsgenossenschaften, haben ein solches CUELA-Messsystem angeschafft und setzen es seit 2004 für Messungen im Baugewerbe ein.

Im Rahmen der Untersuchungen der Bau-Berufsgenossenschaften wurde mit dem Fachbereich Arbeitswissenschaft und Ergonomie des BGIA vereinbart, mit dem CUELA-System vergleichende Belastungsmessungen auf einer Musterbaustelle vorzunehmen. Ziel der Untersuchung war der Simultanvergleich zum System AEB.

Nachfolgend werden der Aufbau des CUELA-Messsystems sowie die mit der Nutzung verbundenen Möglichkeiten für die Prävention beschrieben.

Das CUELA-Messsystem ist ein mechanisch-elektronisches System (Abbildung 6.3.4-1).

Es bietet die Möglichkeit, ohne Behinderung der Arbeitsabläufe die bei den Tätigkeiten eingenommenen Körperhaltungen und Individualbelastungen beim Handhaben von Lasten objektiv zu erfassen.

Es handelt sich um ein personengebundenes Messsystem, das direkt auf der Arbeitskleidung getragen werden kann.

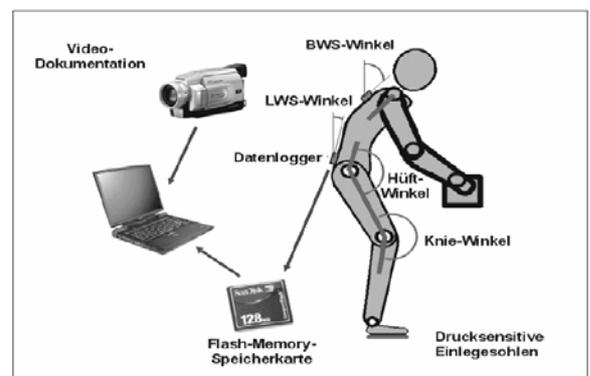


Abbildung 6.3.4-1

CUELA - Design

Um ein schnelles An- und Ablegen zu ermöglichen, wurden alle Messeinheiten, Sensoren, die Energieversorgung und das Datenaufzeichnungsgerät fest auf einem rucksackähnlichen Gestell, einem Beckengurt und zwei Beingurten montiert. Diese Anbringungsart erlaubt individuelle Einstellmöglichkeiten nach Körpergröße und Umfang der Probanden (Abbildung 6.3.4-2). Es werden Knie- und Hüftgelenkwinkel sowie Beuge-, Streck-, Verdrehungs- und Seitneigungswinkel des Oberkörpers gemessen. Zeitgleich erfolgt die Erfassung der Bodenreaktionskräfte durch Fußdruckmesssohlen in den Arbeitsschuhen. Das Gesamtgewicht des Messgerätes beträgt ca. 3 kg. Mit CUELA kann ortsungebunden gearbeitet werden, da das System batteriebetrieben ist und die Messdaten auf eine Speicherkarte schreibt. Um ein möglichst vollständiges Bewegungsprofil zu erhalten, wurde auch eine Messung mit dem erweiterten CUELA-System zur Erfassung der Schulter-Arm-Bewegungen (Abbildung 6.3.4-3) durchgeführt.



Abbildung 6.3.4-2

Maurer mit CUELA-System



Abbildung 6.3.4-3

Maurer mit erweitertem
CUELA-System

Die zugehörige Software WIDAAN (Winkel-Daten-Analyse) ist das Verarbeitungs- und Auswertungsprogramm zum CUELA-System. Diese erlaubt eine Auswertung der Daten nach arbeitswissenschaftlichen und biomechanischen Bewertungskriterien. Mit WIDAAN ist es möglich, sich zu jedem beliebigen Zeitpunkt der Messung die Körperhaltung anhand einer dreidimensionalen Computerfigur anzeigen zu lassen sowie beliebige Körperwinkel als Winkelgraphen.

Zur eingehenden Analyse der Tätigkeiten wird während der Messung ein Video aufgezeichnet, das später am Computer mit den Messdaten synchronisiert wird.

Mit Hilfe des CUELA-Messsystems lassen sich Belastungsschwerpunkte für das Muskel-Skelett-System erkennen und Aussagen über notwendige Maßnahmen zur Vermeidung von berufsbedingten Gesundheitsgefahren treffen.

Im Folgenden werden die Ergebnisse der Messungen mit AEB und CUELA vorgestellt. Dabei treten bedingt durch die methodischen Unterschiede in der Datenerfassung (Beobachtungsregistrierung – körperbezogene Messung mit Fußdrucksohlen) und durch die verschiedenartige Analysesoftware (ADAB-Datenbank – WIDAAN) im einzelnen unterschiedliche Werte auf. Die Aussagetendenz der aufgenommenen Daten geht allerdings in dieselbe Richtung, was für die Schlußfolgerungen wichtiger ist als zu zeigen, ob beide Aufnahmeverfahren vergleichbar sind.

Messung 1

Während der ersten Messung wurde die Kimmschicht vom Maurer angelegt. Die Aufnahmezeit mit CUELA betrug 79 Minuten, während das vergleichbare Messintervall mit AEB 77 Minuten umfasste. Für die Lastenmanipulation für Gewichte über 5 kg ergeben sich folgende Werte:

	5-10 kg	10-20 kg	> 20 kg
CUELA (%)	2,4	0,9	0
AEB (%)	1,0	3,6	0

- Zwischen 5 kg und 20 kg wurden mit CUELA (3,3%) und AEB (4,6%) größenordnungsmäßig die gleichen Zeitanteile gemessen.

Für die Bandscheibendrucke der unteren LWS (L5/S1) ergaben sich folgende Daten:

CUELA (%)	2,0 – 2,5 kN	2,5 – 3,5 kN	> 3,5 kN
	31,6	6,3	0,2
AEB (%)	2,0 – 2,7 kN	2,7 – 3,4 kN	> 3,4 kN
	0	0	0

- Kompressionskräfte über 3,4 kN, die gesundheitsschädigend wirken können, zeigen auch bei CUELA nur geringe Werte.
- CUELA erfasst unterhalb von 3,5 kN erheblich höhere Schichtanteile als AEB, was die methodischen Unterschiede beider Verfahren verdeutlicht.

Für die Körperhaltungen ergeben sich folgende Werte:

- Haltungen mit gebeugten Oberkörper werden von CUELA anteilig öfter angezeigt (23%) als von AEB (18%), während AEB kniende Positionen häufiger ermittelt (18,3%) als CUELA (14,2%). Das Stehen mit aufgerichteten Oberkörper wird von beiden Systemen anteilig etwa gleich bewertet.

Messung 2

Die zweite Messung mit CUELA erfolgte für einen Zeitraum von 56 Minuten und zeigt als Tätigkeit das Anlegen der 2. Steinreihe mit Minikran.

Für die Manipulation von Lasten ergeben sich folgende Werte:

	< 5 kg	5- 10 kg	10-20 kg	20-30 kg	> 30 kg
CUELA (%)	0,2	0,2	1,0	1,5	0
AEB (%)	0,3	0,7	0	0	0

- Die Zeitwerte mit geringen Lastenhandhabungen unter 5kg sind bei CUELA und AEB nahezu identisch.
- Für gehandhabte Lasten über 20 kg zeigen beide Systeme geringe Belastungsanteile für den Versetzmaurer.

Für die Bandscheibendrucke der unteren LWS (L5/S1) ergaben sich folgende Daten:

CUELA (%)	2,0 – 2,5 kN	2,5 – 3,5 kN	> 3,5 kN
	11,0	2,9	0,2
AEB (%)	2,0 – 2,7 kN	2,7 – 3,4 kN	> 3,4 kN
	0	0	0

- Die Kompressionskräfte über 3,4 kN, die gesundheitsschädigend wirken können, betragen bei CUELA den geringen Anteil von 0,2%, während AEB keine Drücke in diesem Bereich ausweist.
- Mit CUELA werden unterhalb von 3,5 kN wesentlich höhere Drücke ermittelt.

Für die Körperhaltungen zeigt sich:

- Haltungen mit gebeugten Oberkörper werden von CUELA anteilig wesentlich öfter angezeigt (12,5%) als mit AEB (1,1%).
- Kniende Positionen werden von beiden Verfahren etwa gleich abgebildet (CUELA = 0,5% und AEB = 0,7%).

Fazit

Das Anlegen der Kimmschicht und das Arbeiten mit der Versetzhilfe wird hinsichtlich der Lastenhandhabung und der Körperhaltungen von CUELA und AEB als etwa gleich gering belastend abgebildet. Bandscheibendrucke unterhalb von 3,4 kN werden von CUELA anteilig mehr erfasst als mit AEB. Dies ist wahrscheinlich auf die feinere Winkeldifferenzierung und Detailstatistik aus der CUELA-Software WIDAAN, aber auch auf Besonderheiten der Lastschätzung durch Fußdrucksohlen, zurückzuführen. Gesundheitsgefährdende Drücke über 3,4 kN werden auch mit CUELA faktisch nicht registriert.

Die Messwerte beider Analysemethoden zeigen insgesamt, dass die körperliche Belastung der Beschäftigten erheblich reduziert werden kann, wenn mit Versetzhilfen gearbeitet wird.

Zum einen wurden wesentlich schneller wieder aufrechte Körperhaltungen eingenommen, was den Anteil gebeugter und gebückter Körperhaltungen im Verlauf der Arbeitsschicht erheblich reduziert. Zum anderen verminderte sich der Umfang der zu hebenden Lasten.

Neue Belastungssituationen, die ursächlich auf den Gebrauch von Versetzhilfen zurückzuführen sind, konnten dabei nicht festgestellt werden.

6.4 Ergebnisse zur Organisation, Arbeitssicherheit und Wirtschaftlichkeit

6.4.1 Organisation

Von den insgesamt 15 untersuchten Baustellen wurden nur 12 in die technische Auswertung aufgenommen. Für eine Baustelle konnte aufgrund der zu geringen Erfassungszeit keine Kostenanalyse durchgeführt werden. Auf zwei Baustellen wurde mit Sonderverfahren der Vorfertigung gearbeitet. Somit verbleiben für eine Wirtschaftlichkeitsberechnung acht Baustellen, auf denen Minikrane und vier Baustellen, auf denen Mauermaschinen zum Einsatz kamen. Im folgenden sind die Ergebnisse der Checklisten A und B für die 12 gewerteten Baustellen dargestellt.

Die Beschreibung und Beurteilung aller technisch-organisatorischen Voraussetzungen erfolgte durch die zuständigen technischen Aufsichtsdienste der beteiligten Bau-Berufsgenossenschaften. Für die Arbeitsvorbereitung und Organisation hinsichtlich der Geräte und Einrichtungsgegenstände auf der Baustelle zeigt sich:

Geräte und Einrichtungen - Hebezeuge -		Anteilmäßig vorhanden
Versetzhilfe	verfügbar	12
	tragfähig	12
Turmdrehkran	verfügbar	12
	tragfähig	12
Steinsäge	geeignet	9
	Nassschnitte	0
	Kippvorrichtung	0
	Manipulator zum Heben und Ausrichten	0
Arbeitsplatz	Rolltritt	8
	Bockleiter	2
	Kurbelgerüst	0
	Bockgerüst	3
	Standgerüst	1
	Arbeitsbühne	4
	Stufenbühne	0
	Andere	0
Ergonomische Technologien	Kimmschichter	3
	Mörtelschlitten	3
	Klebeschlitten	6
	Klebemörteltrog zum Tauchen von Steinen	2

Versetzhilfe

Alle Versetzhilfen waren technisch geeignet, die vorhandenen Steinformate zu heben.

Die zulässige Tragkraft wurde nicht überschritten.

Turmdrehkran

Die Baustellen hatten mindestens einen Turmdrehkran zur Unterstützung der Maurer. Somit gab es auch keine Probleme beim Umsetzen der Versetzhilfen auf eine neue Geschossdecke, bzw. in einen neuen Bauabschnitt.

Steinsäge

Steinsägen waren auf 9 Baustellen vorhanden. Bei den übrigen waren die Steine bereits im Werk geschnitten worden. Nassschnitte wurden nicht durchgeführt. Eine Kippvorrichtung oder ein Manipulator zum Heben und Ausrichten der Steine fehlte.

Arbeitsplatz

Der Arbeitsplatz war auf Baustellen, auf denen Minikrane verwendet wurden, größtenteils mit einem Rolltritt für größere Arbeitshöhen ausgestattet. Auch wurden Bockgerüste und Standgerüste genutzt. Bei den Mauermaschinen konnte wegen der verfahrbaren Arbeitsbühne darauf verzichtet werden.

Ergonomisch unterstützende Technik

Als ergonomisch unterstützende Technik kamen auf je drei Baustellen Kimmschichter und Mörtelschlitten und auf je sechs Baustellen Klebeschlitten zum Einsatz. Klebetröge wurden auf zwei Baustellen verwendet.

Die Arbeitsvorbereitung und Organisation hinsichtlich der Lastaufnahmemittel zum Steintransport stellt sich wie folgt dar:

- Lastaufnahmemittel -		Anteilmäßig vorhanden
Turmdrehkran	Steinkorb	7
	Steingabel	7
	Steinzange	6
	geeignetes Anschlagmittel	11
Autokran	Steinkorb	0
	Steingabel	0
	Steinzange	0
	geeignetes Anschlagmittel	0
Versetzzangen	geeignete Versetzzange	12
	Anzahl pro Hub	1 bis 4

Turmdrehkran

Zum Steintransport wurden Steinkörbe, Steingabeln und Steinzangen verwendet. Das Anschlagmittel zum Transport erwies sich auf einer Baustelle als nicht geeignet.

Autokran

Autokrane wurden auf den Baustellen nicht angetroffen.

Versetzzangen

Alle Versetzzangen waren technisch für die verwendeten Steinformate geeignet und konnten in Abhängigkeit von der Steingröße bis zu 4 Steine pro Hub aufnehmen.

Für die Arbeitsvorbereitung und Organisation hinsichtlich der Materialien auf der Baustelle zeigt sich:

- Material -		Anteilmäßig vorhanden
Steine	Versetzgerechte Anlieferung	10
	Pakete	5
	Paletten	10
	kontinuierliche Materialversorgung	12
Schnitte	werkseitig geschnitten	3
	vor Ort mit Steinsäge	9
Mörtel	kontinuierliche Materialversorgung	12
	Fertigmörtel	7
	Klebemörtel	10
	bauseitige Herstellung	7
	rechtzeitiges Anlegen der Kimmschicht	11

Steine

Auf fast allen Baustellen erfolgte eine versetzgerechte Anlieferung der Steine in Paketen oder auf Paletten. Diese Anlieferung trägt zu einer höheren Arbeitssicherheit bei, da die Pakete auf Grund der Schrumpffolie bzw. Spannbänder eine höhere Standsicherheit bieten.

Steinschnitte

Werkseitig geschnittene Steine kamen nur auf drei Baustellen vor. Vermutlich schrecken die Kosten für die Zuschnitte ab. Hier sollte eine auf das Unternehmen bezogene Nachkalkulation Auskunft geben.

Mörtel

Es wurden sowohl Fertigmörtel als auch Klebemörtel, z.T. in bauseitiger Herstellung, verwendet.

Fazit

Die Materialversorgung erfolgte kontinuierlich, Wartezeiten bzw. Bauzeitverzögerungen entstanden keine. Es stellte sich heraus, dass die Empfehlungen zur optimierten Anordnung von Material und Gerät auf der Baustelle, wie in Checkliste A beschrieben (siehe Anhang), weitgehend beachtet wurden.

Für die Arbeitsvorbereitung und Organisation hinsichtlich der allgemeinen Angaben zeigt sich:

- Allgemeine Angaben -		Anteilmäßig vorhanden
Geschossebenen	ausreichende Tragfähigkeit	12
Planvorlauf	werkseitige Steinschnitte	3
Einweisung in Arbeitsablauf		11
Wirtschaftlichkeitsberechnungen		8
Akzeptanz (Gründe)		12

Geschossebenen

Die Geschossebenen waren überall ausreichend tragfähig. Bei den heute schnell abgewickelten Bauvorhaben und den sehr eng aufeinander folgenden Terminen der einzelnen Gewerke ist die Tragfähigkeit der Geschossebenen von großer Bedeutung. Da eine frühzeitige hohe Deckenbelastung bereits vor Ende der Aushärtung des Betons vorgenommen werden soll, wird es sich nicht vermeiden lassen, sogenannte Notstützen unter einer kürzlich errichteten Stahlbetondecke stehen zu lassen, damit die Tragfähigkeit dieser Decke gewährleistet ist und der weitere Aufbau im darüberliegenden Geschoss möglich wird.

Einweisung in Arbeitsablauf

Einweisungen in den Arbeitsablauf erfolgten regelmäßig. Einweisungen sind immer nützlich und erforderlich, das gilt insbesondere dann, wenn mit Versetzhilfen gearbeitet wird. Es handelt sich hier um die Unterweisungspflicht des Unternehmers, die er selbst durchführen kann. Es bietet sich aber auch die Möglichkeit, externe Personen zu beauftragen, wie z. B. sachkundige Personen des Steinlieferanten oder Maschinenmeister des Herstellers von Versetzhilfen.

Eigene Wirtschaftlichkeitsberechnungen des Unternehmens

Zwei Drittel der Unternehmen hatten bereits im Vorfeld eine eigene Wirtschaftlichkeitsberechnung durchgeführt. Es gibt verschiedene Verfahren der Berechnung. Bei großen Bauvorhaben ist es sinnvoll, aus einer Angebotskalkulation eine Ausführungskalkulation aufzustellen, die baubegleitend gesteuert wird. Nach Abschluss der Baumaßnahme sollte eine Nachkalkulation erfolgen.

Akzeptanz

Von Seiten der Mitarbeiter war eine hohe Akzeptanz für das Mauern mit Versetzhilfen vorhanden. Die Arbeit wurde als rückschonender empfunden und zum Feierabend fühlten die Beschäftigten sich nicht so erschöpft. Die hohe Arbeitsleistung bei guter Zusammenarbeit des Teams wurde dabei hervorgehoben.

6.4.2 Arbeitssicherheit

Für den Schwerpunkt Arbeitssicherheit aus den Checklisten A und B ergibt sich hinsichtlich der technischen Voraussetzungen folgendes Bild:

- Technische Voraussetzungen-		Anteilmäßig vorhanden
Absturzsicherungen ab 2,00 m Absturzhöhe in Form einer kompletten Einrüstung		10
Sicherung der Verkehrswege		11
Prüfungen aller Geräte und Lastaufnahmemittel		10
Geeignete Lastaufnahmemittel verwenden	Tragfähigkeit der Decken berücksichtigt	12
	Unterfangungen + Umwehrungen der Deckenöffnungen berücksichtigt	12
Prüfung elektrischer Anlagen und Betriebsmittel		11
Nachweis Brauchbarkeit und Standsicherheit von Gerüsten		12

Absturzsicherungen

Die erforderlichen Absturzsicherungen waren auf fast allen Baustellen in Form einer kompletten Einrüstung vorhanden.

Verkehrswege

Die Verkehrswege zur Baustelle und den Arbeitsplätzen waren ausreichend gesichert.

Prüfungen

Prüfungen von Baugeräten und Lastaufnahmemitteln durch Sachkundige waren auf 10 Baustellen durchgeführt worden. Die verwendeten Lastaufnahmemittel waren für den Baustelleneinsatz geeignet und ihre Tragfähigkeit war gesichert. Ebenso waren die notwendigen Unterfangungen und Umwehungen an freien Deckenrändern bzw. Deckenöffnungen vorhanden. Die einmal monatlich erforderliche Prüfung der elektrischen Anlagen und Betriebsmittel durch eine Elektrofachkraft fehlte nur auf einer Baustelle. Der Nachweis der Brauchbarkeit und Standsicherheit der verwendeten Gerüste wurde komplett erbracht.

Hinsichtlich der organisatorischen Voraussetzungen zeigt sich:

- Organisatorische Voraussetzungen -	Anteilmäßig vorhanden
Betriebsanweisungen für den Umgang mit Versetzhilfen etc.	9
Unterweisungen an Geräten	12
Persönliche Schutzausrüstung	12

Auf 9 Baustellen lagen Betriebsanweisungen für den Umgang mit Versetzhilfen vor.

Die Einweisung in die Handhabung der Geräte war auf allen Baustellen gegeben.

Die auf Baustellen übliche persönliche Schutzausrüstung (Schutzhelm, Sicherheitsschuhe) wurde von allen Mitarbeitern getragen.

Fazit

Die Arbeitssicherheit hatte auf fast allen Baustellen einen hohen Stellenwert und wurde zufriedenstellend eingehalten.

6.4.3 Wirtschaftlichkeit

Die Wirtschaftlichkeit wird durch den Vergleich verschiedener Baustellensituationen auf der Basis der Kosten für Material (Steinpakete, Blockelemente), Lohn und Geräte bestimmt. Langfristige oder indirekt wirkende Kostenvorteile oder Kostennachteile wurden nicht ermittelt. Auf dieser Grundlage zeigte sich folgendes:

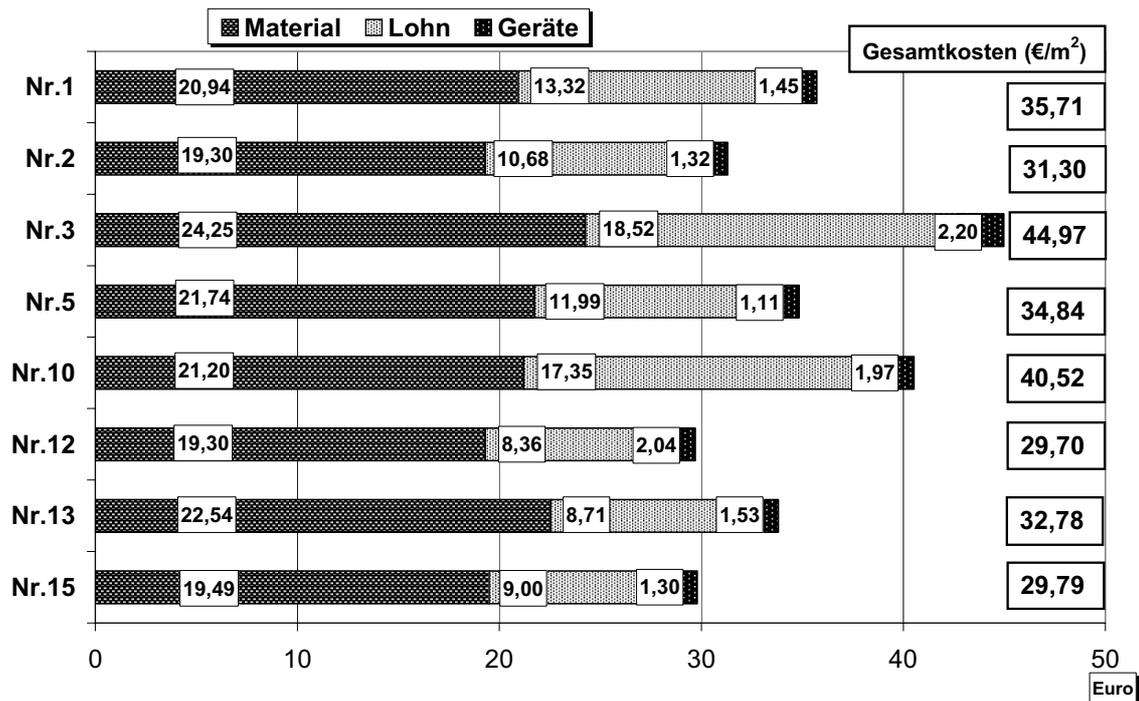


Abbildung 6.4.3-1

Kostenvergleich von Baustellen mit Minikran

- Die Kosten auf den 8 Baustellen mit Minikranen sind sehr unterschiedlich. Zwischen der kostengünstigsten und der teuersten Baustelle mit Minikran beträgt die Differenz 15,27 €/m² (Abbildung 6.4.3-1).

Die Ursachen der unterschiedlichen Kosten sind so vielfältig, dass sich hierfür keine generellen Ursachen angeben lassen:

Es bestanden sowohl Unterschiede bei den Materialpreisen als auch bei den durch unterschiedliche Arbeitszeitauslastung bei verschiedener Organisation der Baustellen bestimmten Lohnkosten. Generell ist festzustellen, dass etwa zwei Drittel der Kosten durch das Material und ein Drittel durch den Lohn verursacht sind, wogegen die befürchteten Zusatzkosten durch die Versetztechnik weniger als 5% der Gesamtkosten umfassen.

Auf den 4 Baustellen mit Mauermaschinen ist die Kostensituation sehr ähnlich:

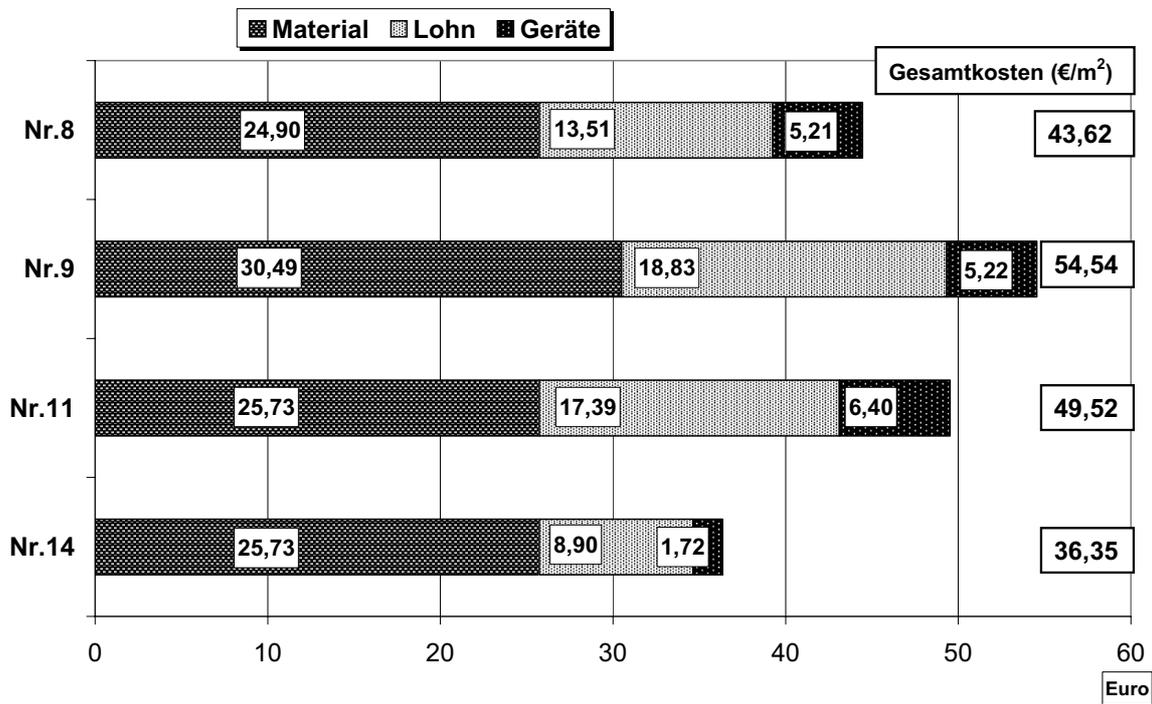


Abbildung 6.4.3-2

Kostenvergleich von Baustellen mit Mauermaschine

- Es besteht eine Differenz von 18,19 €/m² zwischen der kostengünstigsten und der teuersten Baustelle (Abbildung 6.4.3-2).

Die Herstellungskosten je Kubikmeter Mauerwerk unterscheiden sich nicht eindeutig zwischen dem Einsatz eines Minikrans und einer Mauermaschine. Die etwa doppelt so hohen Beschaffungskosten für eine Mauermaschine führen im Vergleich zum Minikran zu etwa doppelt so hohen Maschinenkosten, jedoch bleiben diese unter 10% und sind damit nicht bestimmend für die Kosten der Baustelle.

In den Kostengrafiken für Minikran und Mauermaschine sind für die Materialkosten gemittelte Werte verwendet worden, d.h. es ist egal, ob die Wandstärke 11,5 cm, 17,5 cm, 24 cm oder 30 cm beträgt. Eine detaillierte Darstellung der Wandstärken und der einzelnen Baustellen befindet sich im Anhang.

Nach den Arbeitszeitrichtwerten der Kalksandsteinindustrie ergibt sich für das manuelle Mauern von Zweihandsteinen und für das Versetzmauern in verschiedenen Wandstärken folgendes Bild:

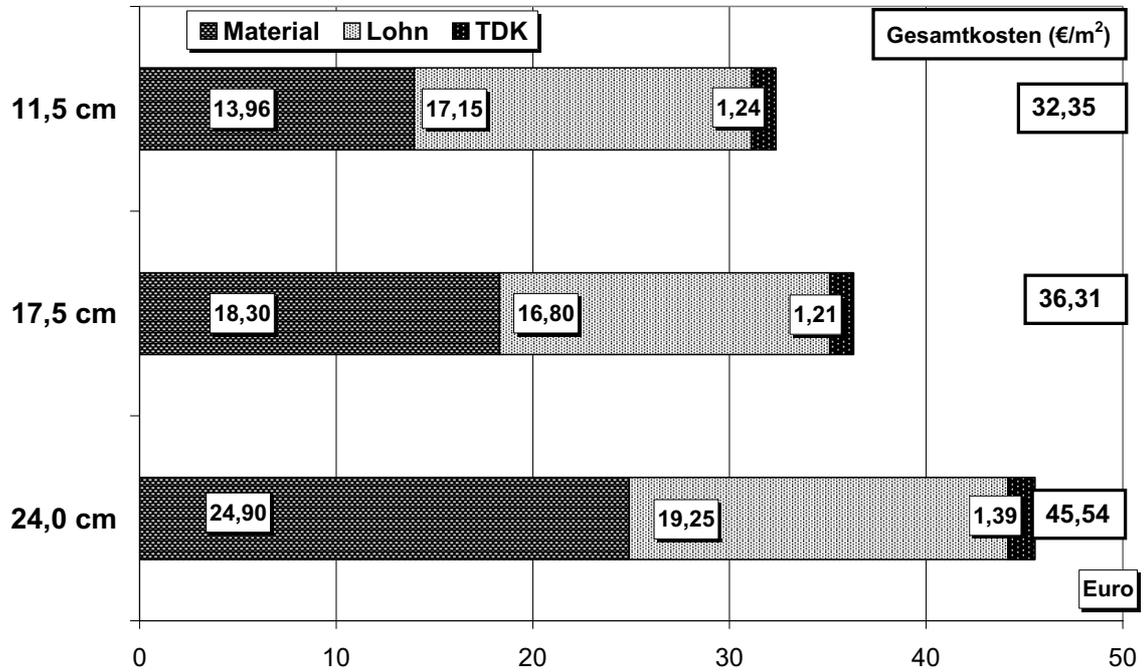


Abbildung 6.4.3-3

Vermauern von Kalksandstein-Zweihandsteinen von Hand mit Kostenansatz für Turmdrehkran (TDK)

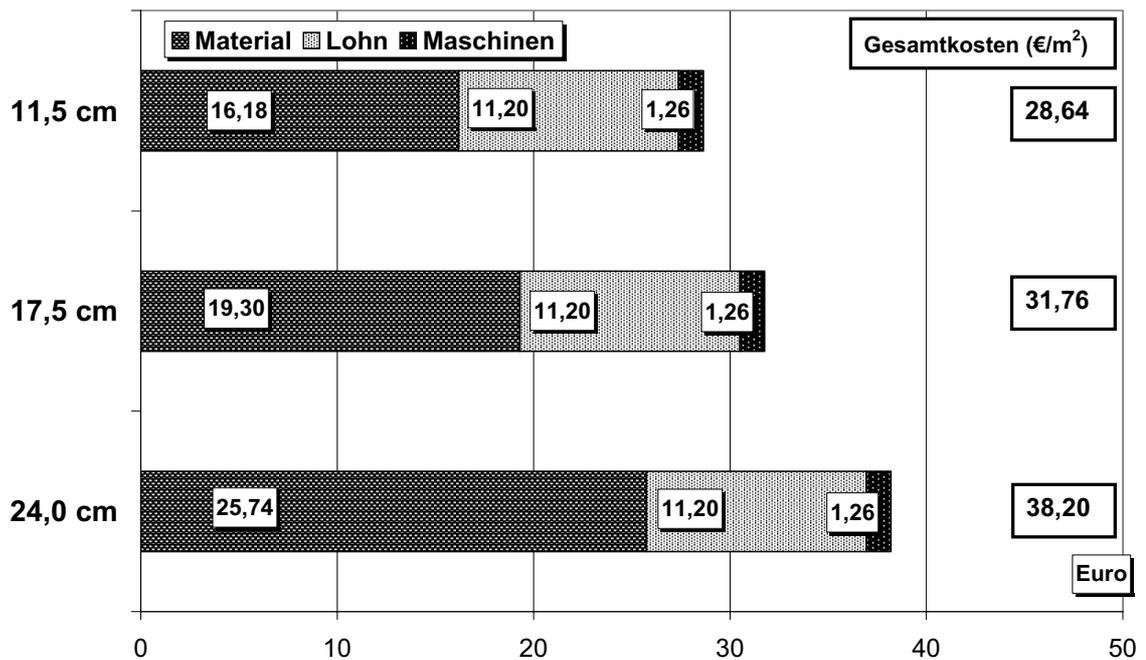


Abbildung 6.4.3-4

Vermauern von Kalksandstein-Planelementen mit Minikran

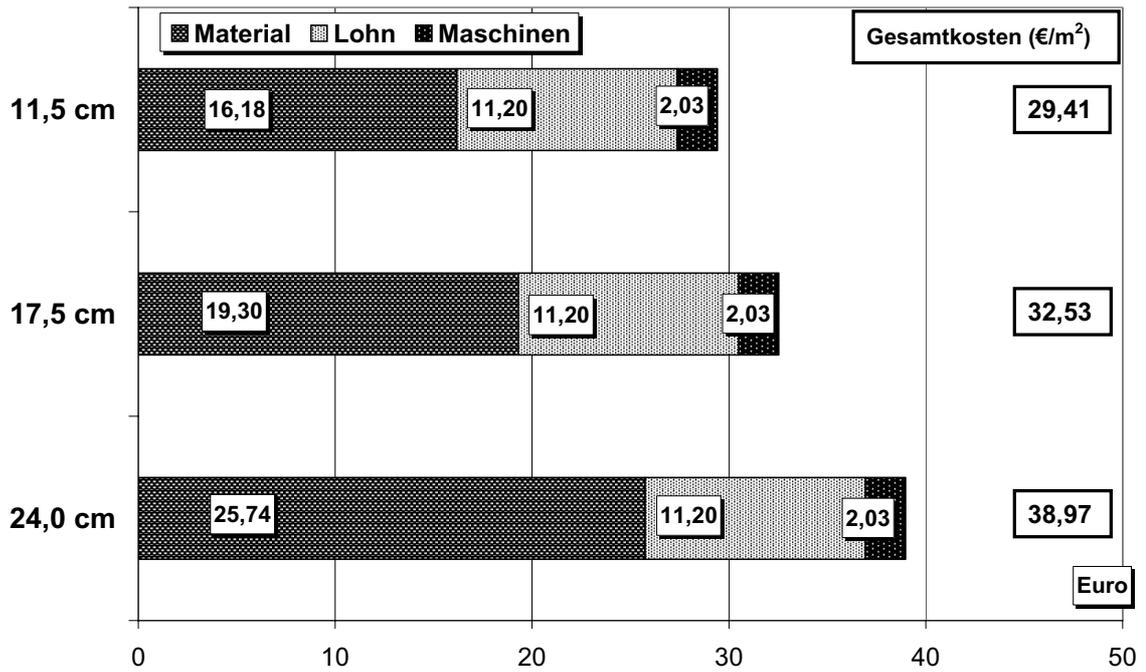


Abbildung 6.4.3-5 Vermauern von Kalksandstein - Planelementen mit Mauermaschine

Nach Arbeitszeitrichtwerten der Kalksandsteinindustrie zeigt sich beim Vergleich von manuellem Mauern mit dem Mauern mit Versetzhilfe anhand der Wandstärken 17,5 cm und 24,0 cm folgendes Kostenverhalten:

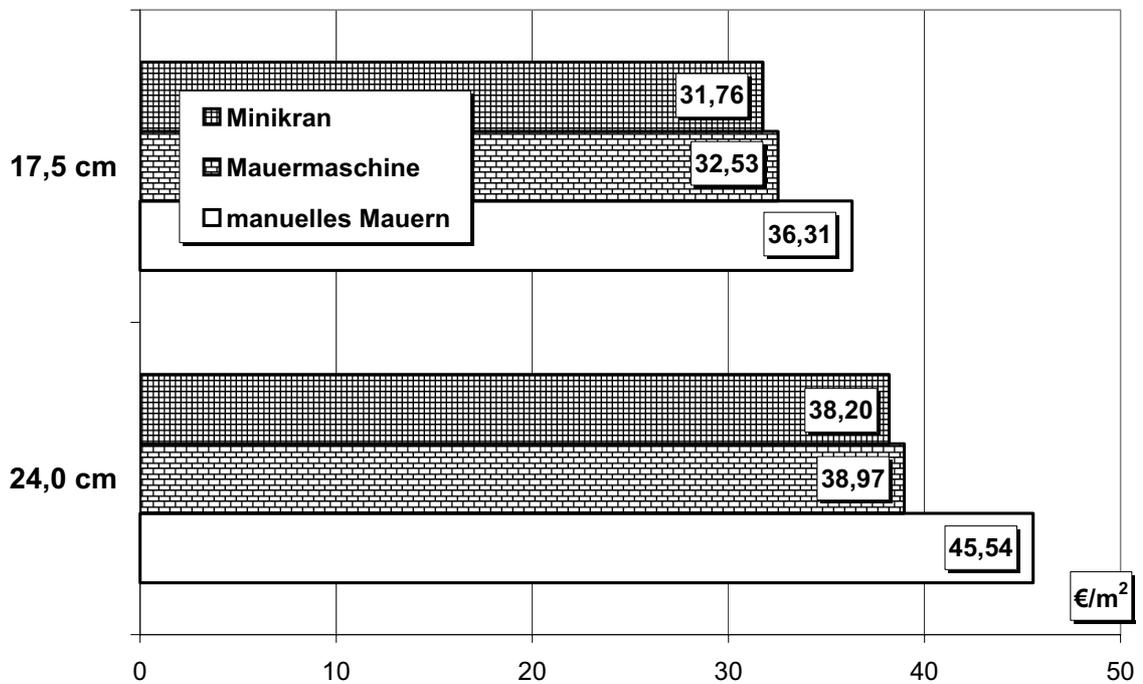


Abbildung 6.4.3-6 Kostenvergleich von manuellem Mauern gegenüber Mauern mit Versetzhilfe nach Arbeitszeitrichtwerten der Kalksandsteinindustrie

Nach den Arbeitszeitrichtwerten der Ziegelsteinindustrie ergibt sich für die verschiedenen Verfahren und Wandstärken folgendes Bild:

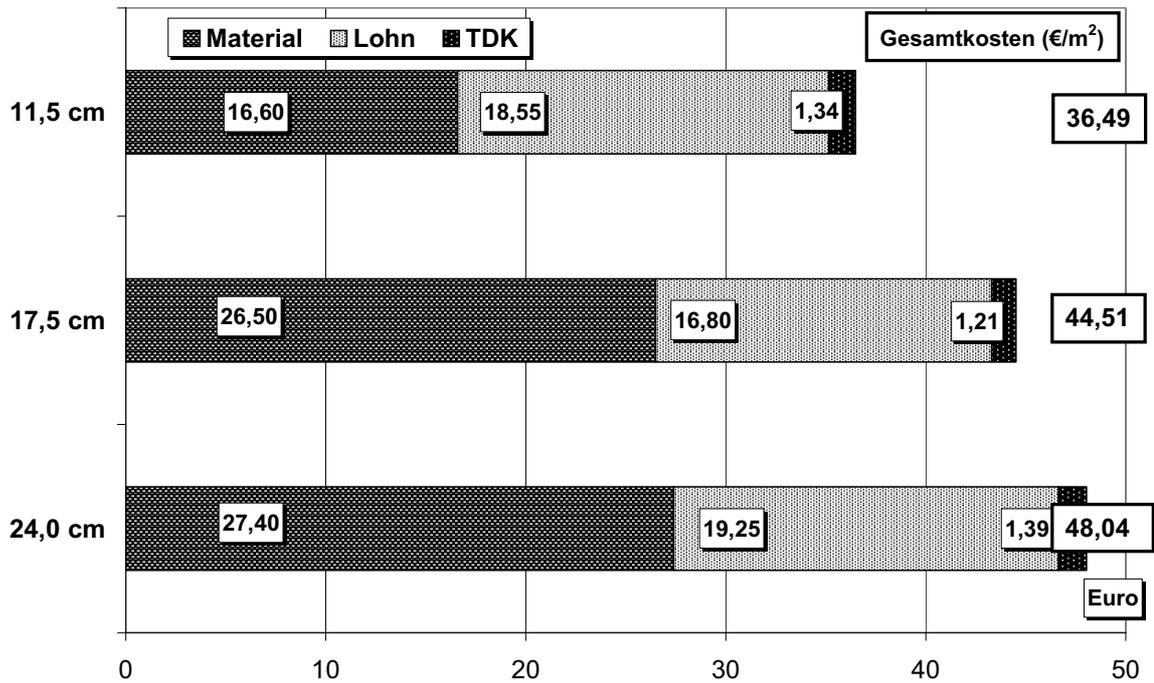


Abbildung 6.4.3-7

Vermauern von Ziegel - Zweihandsteinen von Hand mit Kostenansatz für Turmdrehkran (TDK)

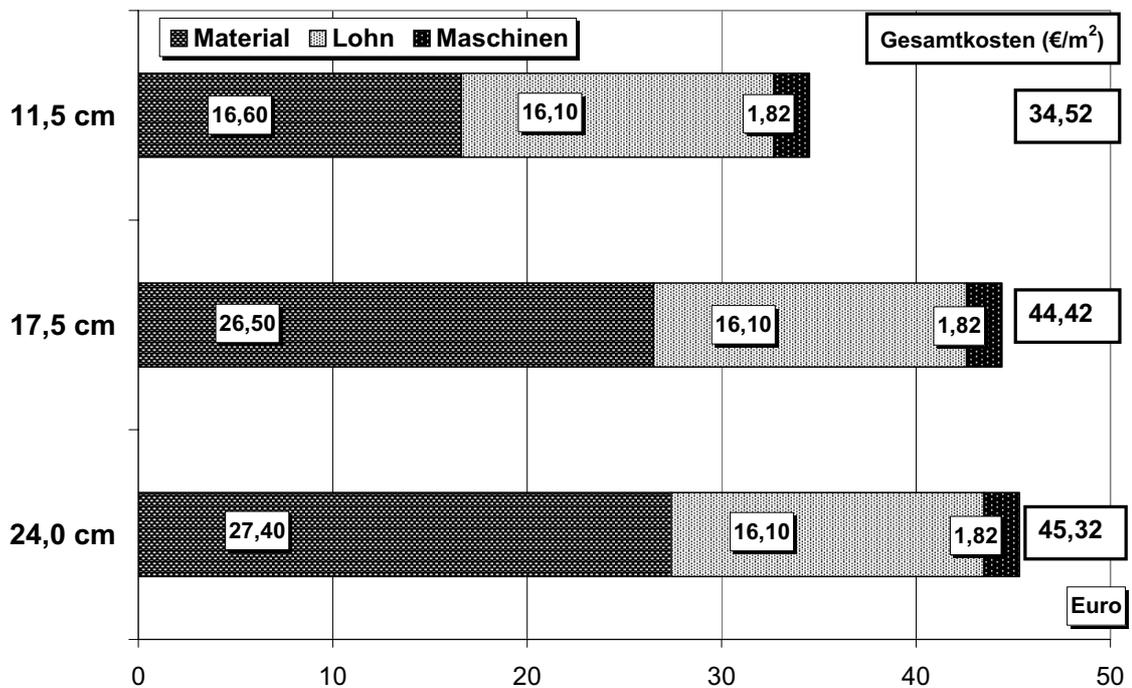


Abbildung 6.4.3-8

Vermauern von großformatigen Ziegelsteinen mit Minikran

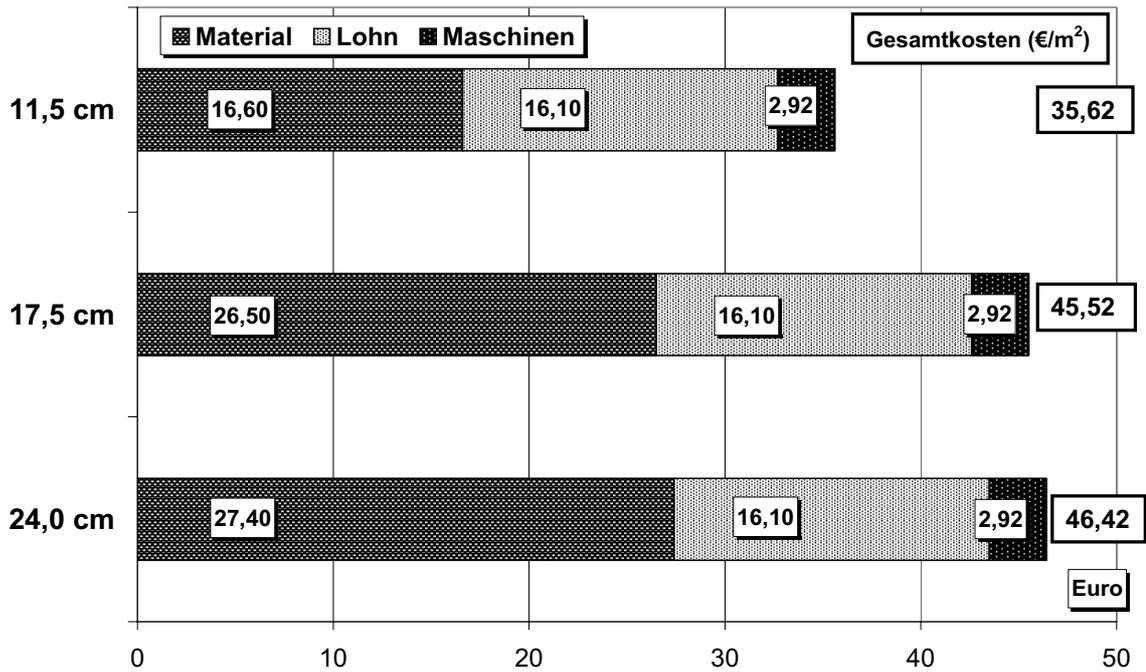


Abbildung 6.4.3-9 Vermauern von großformatigen Ziegelsteinen mit Mauermaschine

Nach Arbeitszeitrichtwerten der Ziegelsteinindustrie zeigt sich beim Vergleich von manuellem Mauern mit dem Mauern mit Versetzhilfe anhand der Wandstärken 17,5 cm und 24,0 cm folgendes Kostenverhalten:

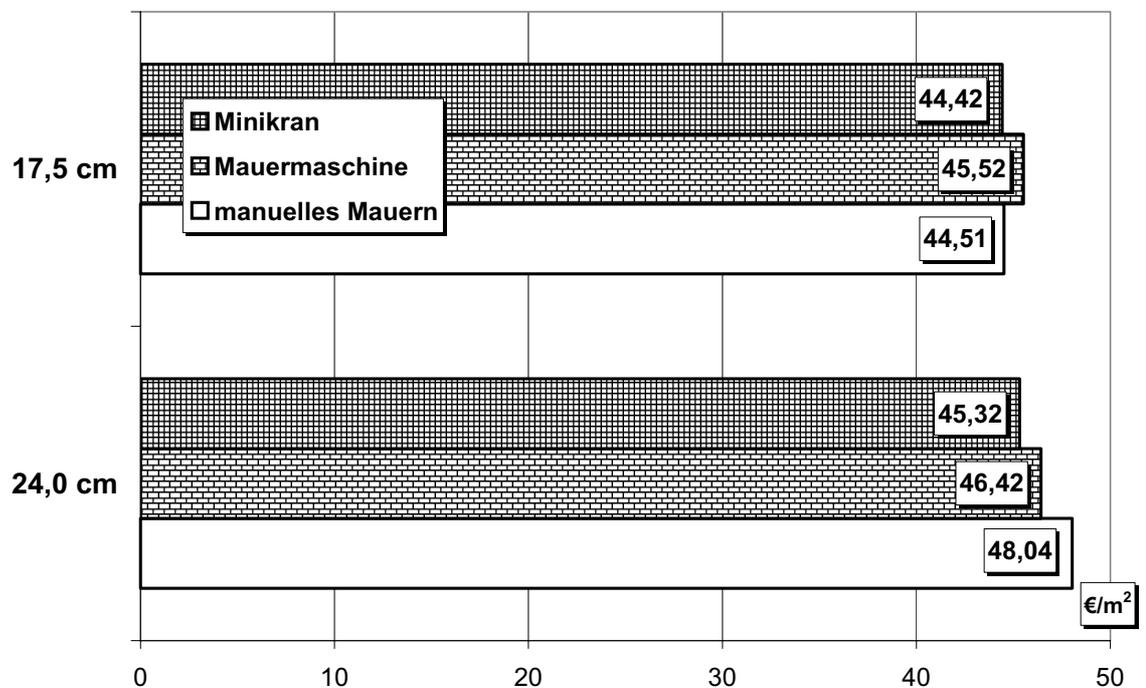


Abbildung 6.4.3-10 Kostenvergleich von manuellem Mauern gegenüber Mauern mit Versetzhilfe nach Arbeitszeitrichtwerten der Ziegelsteinindustrie

Um eine Gesamteinschätzung der Kosten im Vergleich zwischen Minikran, Mauermaschine und Zweihandmaurer vornehmen zu können, erfolgten Kostenberechnungen für die Herstellung eines Kubikmeters Mauerwerk aus Kalksandsteinen in der Wandstärke 24,0 cm (Abbildung 6.4.3-11). Dabei zeigt sich folgendes Verhältnis:

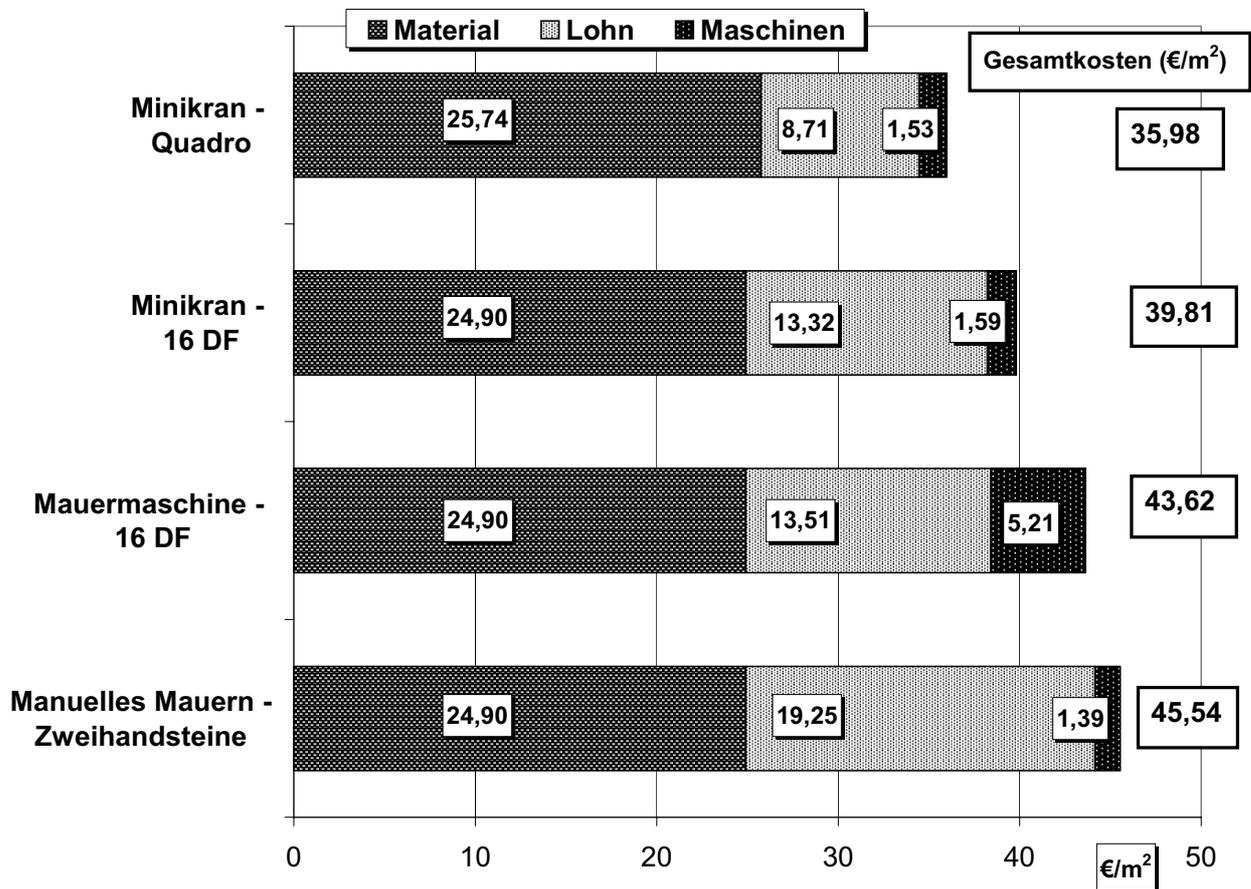


Abbildung 6.4.3-11

Kostenvergleich von manuellem Mauern gegenüber Mauern mit Versetzhilfe am Beispiel Kalksandstein mit einer Wandstärke von 24,0 cm

- Es zeigt sich, dass beim Herstellen einer 24,0 cm starken Wand die Versetzhilfen die kostengünstigere Lösung gegenüber dem manuellen Mauern bieten (siehe Kapitel 7.5).

7. Diskussion der Ergebnisse

Über die verschiedenen Tätigkeiten und Belastungen auf herkömmlichen Baustellen beim Vermauern großformatiger Steine per Hand gibt es ausführliches arbeitswissenschaftliches Datenmaterial (KYLIAN et. al. 1991, FLEISCHER et al. 2000). Die erwartete Verminderung der Belastungen durch den Einsatz von Versetzhilfen und ihre Auswirkungen auf die Bauleistung und die Organisation auf der Baustelle wurden bisher nicht gezielt geprüft. Der Nachweis von erwarteten präventiven und wirtschaftlichen Effekten des Einsatzes von Versetzhilfen war demnach erforderlich.

Auf Grund derartiger Ergebnisse können die Bau-Berufsgenossenschaften in Zukunft eine noch bessere Beratung der Unternehmen bei der Reduzierung von arbeitsbedingten Gesundheitsgefahren anbieten. Es liegen fundierte Informationen und präventive Begründungen vor, um insbesondere kleinere Firmen mit geringerer eigener Innovationskraft von dem Nutzen technischer Lösungen im Mauerwerksbau zu überzeugen und ihre Wettbewerbsfähigkeit mit überschaubarem Risiko zu erhalten.

Die Bauarbeit auf der Baustelle wird durch viele unterschiedliche Elemente wie Bauobjekt, Planung, Material, Steinformate, Technik (Maschine, Kran), Hilfsmittel, Mörtelart, Personal und Sicherheit bestimmt. Die physischen Belastungen sind von diesen Elementen und deren Handhabung sowie von der Entlohnungsform abhängig, da diese wiederum die Tätigkeiten und die individuellen Bewältigungsstrategien beeinflussen.

7.1 Medizinisch-ergonomische Aspekte

Beim Vermauern mit Versetzhilfen interessiert besonders, welche biomechanischen Belastungen und welche körperlichen Beanspruchungen der Versetzmaurer gegenüber dem Handmaurer aufweist. Folgende Fragen waren zu beantworten:

- a) Sind beim Einsatz von Versetzhilfen die Belastungen des Rückens durch schwere Steine und durch dauerhaftes Bücken geringer als beim Vermauern von Hand ?
- b) Treten Rückenschmerzen seltener auf ?
- c) Ist die Anstrengung und Ermüdung der Hände, Arme und Schultern beim Einsatz von Versetzhilfen geringer als bei Handarbeit ?
- d) Schafft der Einsatz von Versetzhilfen auf der Baustelle günstigere persönliche Rahmenbedingungen als das herkömmliche Mauern ?

Zur Beurteilung der biomechanisch wirksamen Belastungen wurde eine Unterscheidung ihrer Wirkungen am arbeitenden Menschen in 4 Kategorien vorgenommen:

Handhabung von Einzellasten

Die Lastenhandhabung gibt Informationen über die Einwirkungen auf die biomechanisch wirksame Kette der Wirkungen auf das Hand-Arm-System, die weitere Fortleitung über die Schulter- und Rückenmuskulatur sowie die Brust- und Lendenwirbelsäule in Hüfte und Kniegelenke. Sie ist verbunden mit einer von Haltung, Bewegungen und zeitlicher Dauer bestimmten allgemeinen körperlichen Belastung, die sich in bestimmtem Grad mit den Wirkungen auf Stoffwechsel und Herz-Kreislauf-System verknüpft. Hier sind biomechanische, arbeitsphysiologische und subjektive Daten der Belastung direkt gegenüberzustellen.

- Bei den Maurern mit Versetzhilfen zeigen sich die größten Häufigkeiten und geringste Dauer bei der Handhabung von Einzellasten im kleinsten Lastintervall unter 5 kg. Diese Lasten werden durch die typischen Handhabungen beim Umgang mit Steinzangen, Kellen, Meßwerkzeugen, wie z.B. Wasserwaagen verursacht.
- Besonders schwere Gewichte über 30 kg kommen nur selten vor.
- Materialien über 50 kg werden ausschließlich von Versetzern mit dem Minikran bewegt. Aus technischer Sicht besteht keine Notwendigkeit diese Lasten per Hand zu manipulieren. Da sich aber aus dem Herbeiholen eines Krans Zeitverzögerungen ergeben können, wird auch in traditioneller Weise „eben mal“ per Hand zugefaßt. Daraus ergeben sich solange keine generellen gesundheitlichen Risiken, wie die Beschäftigten trotz insgesamt geringer Beanspruchung und bei guter gesundheitlicher Konstellation in der Lage sind, diese hohen Lasten gelegentlich zu bewältigen. Eine Bandscheibenschädigung im Sinn der BK 2108 kann sich auf dieser Grundlage nicht entwickeln, wogegen altersbedingt vorgeschädigte Bewegungssegmente der LWS auf vereinzelte und plötzliche hohe Lasten schmerzhaft reagieren können. Das geringe mittlere Alter, der in dieser Studie untersuchten Personen, hat zu keinen derartigen Feststellungen geführt, jedoch sind derartige Reaktionen aus der betriebsärztlichen Praxis zu erwarten.

Bandscheibendrücker

Bandscheibendrücker über 3,4 kN waren bei den Versetzmaurern kaum zu ermitteln. Die seltenen Ereignisse mit Belastungen der LWS oberhalb 3,4 kN bewegen sich in ihrer Häufigkeit, Dauer und ihrem Schichtanteil in einem sehr niedrigen Bereich. Drücker zwischen 2,7 und 3,4 kN fielen selten an und wurden mit 2 bis 6 Sekunden nicht lange gehalten. Für das Vermauern mit Versetzhilfen ist die biomechanische Belastung somit erheblich reduziert und es besteht daher kein arbeitsbedingtes Risiko mehr. Zweihandmaurer wiesen dagegen noch 39x / Stunde Drücker über 3,4 kN auf, wobei die Aktionsdauer 2,6 Sekunden betrug und der Schichtanteil bei 3,8% lag. Belastungen unter 2,7 kN werden bis zu 95x / Stunde erreicht und bis zu 8 Sekunden gehalten.

Körperzwangshaltungen

Beim Einsatz von Versetzhilfen treten Körperzwangshaltungen in erheblich reduziertem Umfang auf und können auf Grund der Arbeitsplatzgestaltung und Materialverwendung schnell wieder verlassen werden. Versetzmaurer arbeiten 7% ihrer Arbeitszeit stehend in Bodenhöhe oder Kniehöhe, während Zweihandmaurer mit 17% erheblich länger in diesen Positionen zubringen. Das Arbeiten über Schulterniveau liegt bei den Versetzmaurern mit maximal 9% höher als bei den Zweihandmaurern (3%), stellt allerdings eher eine entlastende Haltung dar, da die Versetzzange beim Hochfahren das Gewicht der Arme abnimmt und somit Schultergelenkbelastungen weitgehend entfallen.

Repetitive Belastungen des Hand-Arm-Systems

Beim Vergleich mit den Zweihandmaurern ergibt sich, dass alle Beschäftigten mit Versetzhilfen erheblich unter den repetitiven Hand-Arm-Belastungen der Zweihandmaurer bleiben. Gegenüber den Versetzverfahren weisen die Zweihandmaurer die doppelte Handhabungsfrequenz, fast doppelt so hohe Einzelgewichte, die längste Manipulationsdauer und die kürzeste Entlastungszeit auf.

Von Versetzern an Minikranen wurden durchschnittlich 29x / Stunde mittlere Lasten von 9,9 kg für eine kurze Dauer von 3 Sekunden bewegt, während die Entlastungszeit 100 Sekunden betrug. Von Versetzern an Mauermaschinen werden Lasten häufiger (71x / Stunde) und schneller manipuliert (1,4 Sekunden). Auch das durchschnittliche Manipulationsgewicht liegt mit 6,6 kg niedriger als auf Baustellen mit Minikraneinsatz. Allerdings sind die Entlastungsphasen der Mauermaschinen-Versetzer mit 46 Sekunden mehr als doppelt so gering wie die der Minikran-Versetzer.

Körperliche Gesamtbeanspruchung und Ermüdung

Die Einschätzung der körperlichen Gesamtbeanspruchung und Ermüdung orientiert sich an der Beurteilung der Herz-Kreislauf-Belastung und der erlebten Anstrengung durch die körperliche Gesamtbeanspruchung über einen bestimmten Zeitraum – in der Regel über die Arbeitsschicht. Sie gibt an, wie hoch der innerhalb einer bestimmten Zeit erforderliche Energieaufwand das menschliche Transportsystem des Kreislaufs für Sauerstoff und Energiesubstrat beansprucht. Sie zeigt weiter an, ob körperliche Belastungsspitzen innerhalb einer längeren Zeit soweit ausgeglichen werden, dass es nicht zu einer übermäßigen Ausschöpfung der muskulären Reserven mit der Folge abnehmender Leistung bei zunehmender Herz-Kreislauf-Aktivität und wachsendem Anstrengungs- und Ermüdungsempfinden kommt.

Wenn über diese globale Bewertung der Schichtbeanspruchung hinaus nach den Ursachen erhöhter körperlicher Gesamtbeanspruchung und Ermüdung gesucht wird, dann müssen die wichtigsten zeitlichen Belastungsabschnitte bekannt sein. Deshalb hatten die untersuchungsbegleitenden Ärzte die Aufgabe, solche nach einer Klassifikation vorgegebenen Tätigkeitsabschnitte zeitlich zu protokollieren, die wenigstens 5 Minuten andauern und dadurch zu einer nachhaltigen Herzfrequenzveränderung führen. Die Protokollierung erfolgte an jedem Ort durch den lokal zuständigen Betriebsarzt, der eine schriftliche und mündliche Einweisung erhalten sowie ein kurzes Untersuchertraining absolviert hatte. Dennoch bleibt hier ein persönlicher Entscheidungsspielraum des Untersuchers darüber, wann er tatsächlich die Mindestzeit von 5 Minuten in einem Arbeitsablauf von wechselnden Tätigkeiten erkennt und protokolliert. Damit kann teilweise der Unterschied zwischen den sehr differenzierten Zeitstrukturen der MKV und MKH im Gegensatz zu den globalen Zeiten der MMV (MKV 45,9% / MKH 24,9% / MMV 67,3%) für die unmittelbare Tätigkeit des Mauerns mit einem scheinbar höheren Zeitanteil bei den Mauermaschinen erklärt werden.

Die Gesamtbeanspruchung der Maurer mit Versetzhilfen in allen drei Tätigkeitsfeldern liegt bei Mittelwerten zwischen 96 und 99 Herzschlägen / Minute und damit in einem oberen Bereich der Kategorie „mittelschwere Arbeit“ nach den arbeitsphysiologischen Bewertungskriterien (Leitlinie HF / FRAUENDORF 1999). Sie stimmt darüber hinaus gut mit den früheren Untersuchungen des Instituts für Arbeitsphysiologie in Dortmund (KYLIAN et al. 1990) überein, die in einer orientierenden Untersuchung von wenigen Mauern an Versetzhilfen einen Mittelwert von 96,9 Herzschlägen / Minute fanden.

Für alle Tätigkeitsfelder ist nur eine geringe Tendenz zur Ermüdung über die Arbeitsschicht festzustellen. Nach der ersten Aktivierung bei Beginn der Aufzeichnung am Morgen, die von den Bauarbeitern zunächst als eine ungewöhnliche Situation erlebt wurde, stellte sich in allen Tätigkeitsfeldern zunächst ein geringes Beanspruchungsniveau ein, das in der 4. bis 5. Stunde ansteigt, um sich in einer nachfolgenden längeren Pause wieder zu erholen. Gegen Schichtende erreicht es schließlich wieder ein höheres Niveau.

Dem entsprechen auch die Angaben zur Anstrengung mit der BORG-Skala, die gleichfalls nur einen geringen Trend zunehmender Anstrengung auf ein insgesamt noch mäßig erhöhtes Niveau als „etwas anstrengend“ erreichen. Diese Folgen der Arbeitsbelastung gehören für gesunde und körperlich durchschnittlich leistungsfähige Personen zu den normalen und weitgehend erstrebenswerten Folgen der beruflichen Tätigkeit. Eine Unterforderung mit nachteiligen gesundheitlichen Folgen durch die Arbeit an Versetzhilfen ist deshalb aber nicht zu befürchten.

Um diese Beanspruchung sachgerecht zu bewerten, muß zugleich darauf hingewiesen werden, dass die Arbeitsherzfrequenz-Daten von zwei Probanden mit erheblichem körperlichem Übergewicht wegen der daraus folgenden gesundheitlichen Störungen nicht in diese Analyse aufgenommen werden konnten. Sie zeigten über die Arbeitsschicht abweichend von allen übrigen Maurern ganzschichtig so hohe Mittelwerte, dass für sie auch diese Arbeit als „sehr schwer“ einzustufen war.

Die Beanspruchung auf der Mauermaschine weicht nicht erheblich von jener am Minikran ab, liegt allerdings in allen Werten auf dem höchsten Rang. Dies könnte bereits eine Folge der höheren Belastung gegenüber den Minikran-Maurern durch die Kombination beider Teilaufgaben in einer Person sein. Dem entsprechen auch die biomechanisch ermittelten Belastungswerte. Allerdings waren an den Meßtagen an der Mauermaschine die Umgebungsbedingungen etwas ungünstiger, denn hier lagen bereits in den frühen Stunden des Tages die mittleren Temperaturen bei 20°C und damit für mittelschwere Arbeit im Bereich eines geringgradig belastenden Klimas. Dieser Unterschied muss bei der Beanspruchungsmessung Beachtung finden, obwohl es bei Tätigkeiten im Freien in Deutschland bisher nicht üblich ist, eine arbeitswissenschaftlich begründete Bewertung des warmen Klimas für Tätigkeiten im Außenbereich vorzunehmen.

Betrachtet man die einzelnen Teiltätigkeiten, so kann festgestellt werden:

- Der verbliebene Lastentransport ist die Ursache für die höchsten Werte der Arbeitsherzfrequenz der Tätigkeitsfelder am Minikran. Es wird für diesen Teilabschnitt mit Mittelwerten zwischen 106 und 108 Schlägen / Minute zeitweilig der Bereich der schweren körperlichen Arbeit erreicht. Für die Mauermaschine sind diese Unterschiede nicht identifiziert worden, wobei allerdings die geringeren Werte des Lastentransports besonders hohen Werten beim Mauern gegenüberstehen. Zugleich sind die von den Ärzten aufgezeichneten Zeitanteile für den Lastentransport besonders gering, für das Mauern dagegen besonders hoch. Hier ist eine Vermischung der Effekte wegen nicht registrierter kürzerer Lastentransportzeiten anzunehmen.
- Insgesamt ist die Höhe der körperlichen Belastung durch den verbliebenen Lastentransport nicht als arbeitsbedingtes Gesundheitsrisiko einzustufen.
- Die Beanspruchung der Beschäftigten an Versetzhilfen stellt auch für ältere Bauarbeiter kein leistungsbegrenzendes Kriterium dar, das ihre Erwerbsfähigkeit als Maurer beeinträchtigen könnte. Die Grenzen der Belastbarkeit von stark übergewichtigen Blutdruck-Hypertonikern sollten damit nicht in einen Zusammenhang gebracht werden, weil die Anforderungen der Bauarbeit nicht auf eine unbehandelte Erkrankung ausgerichtet werden können.
- Die Angaben der Maurer mit Versetzhilfen zu subjektiv empfundener Anstrengung in bestimmten Körperregionen unterscheiden sich nicht grundlegend von den Angaben der Maurer mit Einhand- und Zweihandsteinen aus der Schmerzstudie des AMD (HARTMANN 2000), die fern vom Arbeitsplatz im Rahmen der Vorsorgeuntersuchungen mit dem gleichen Erhebungsbogen ermittelt wurden.
- Vergleichende Daten zu den Beschwerden der drei Versetzmaurer deuten - unter dem Vorbehalt der kleinen Teilkollektive beurteilter Personen mit ihren persönlichen Besonderheiten - darauf hin, dass die MMV insgesamt die höchsten Belastungen haben. Das stimmt mit den Daten der Arbeitsherzfrequenz überein. Die günstigste Situation haben hier die MKV. Es ist davon auszugehen, dass der MMV wohl in günstigeren Körperhaltungen arbeitet, aber auf Grund der im Vergleich zur „Minikran-Gruppe“ kombinierten Tätigkeiten des Versetzers und Helfers höhere und vielfältigere körperliche Belastungen hat.

Eine weitere Aussage über die Belastungsminderung wird in der vergleichenden Bewertung der an verschiedenen Regionen des Muskel-Skelett-Systems wirkenden Belastungen getroffen:

- Grundsätzlich schätzen alle Versetzer die gegenwärtige Tätigkeit gegenüber dem traditionellen Mauern als erheblich entlastend ein.
- Deutlich sind bei den Versetzhilfen die Unterschiede der Belastungen der Hand-Arm-Kette zwischen Minikran und Mauermaschine hinsichtlich der Ellenbogen- und Handgelenksbelastung. Dabei heben aber alle Beschäftigten gegenüber dem traditionellen Mauern die Vorteile hervor, die sich aus dem Wegfall monotoner Ellenbogen- und Handgelenksbelastungen beim manuellen Versetzen der Steine und dem Aufbringen des Mörtels ergeben, die bei traditionellen Mauerarbeiten in unterschiedlichen Kombinationen mehr als 1000x / Schicht auftreten können.
- Entlastungen werden von den zu zweit arbeitenden Minikran-Maurern (MKV und MKH) höher als von den Maurern an Mauermaschinen (MMV) bewertet. Auch hier ist von einer ungünstigeren Anforderungsstruktur an der Mauermaschine auszugehen, weil der MMV die Aufgaben der Materialbereitstellung und –vorbereitung (z. B. Zuschnitte von Steinen einschließlich Transport zur Säge und wieder zurück) in sich vereinigen muss.

Psychische Folgen

Eine Beurteilung aller psychischen Folgen der Arbeit mit Versetzhilfen sollte von der Frage ausgehen, ob die bisher handwerklich ausgeübte Tätigkeit durch die Maschinenunterstützung zu veränderten und ggf. erhöhten Belastungen führt. Dieser Vergleich kann nicht auf der Basis von Voruntersuchungen aus anderen Tätigkeitsfeldern der Bauwirtschaft erfolgen, da geeignete Vergleichsdaten nicht vorliegen. Aus orientierenden Untersuchungen anderer Studien (ARGO – ELLIEHAUSEN et al. 2002, HARTMANN 2003) sind jedoch keine erheblichen psychischen Fehlbelastungen durch die Maurertätigkeit bekannt geworden, da es sich hier um relativ vollständige, vom Beschäftigten in ihrem Ablauf überschaubare und wesentlich selbst zu beeinflussende Arbeitsabläufe handelt. Der Übergang zur Arbeit mit Versetzhilfen wird zwar in der Tendenz eher als Zunahme monotoner Tätigkeit bewertet, bei der erworbene Fähigkeiten weniger gefordert werden, doch sind die Unterschiede sehr gering. Da die positive Bewertung in allen Tätigkeitsfeldern überwiegt, können diese Aussagen nicht als wesentlich nachteilig für die Tätigkeit mit Versetzhilfen gewertet werden. Sie stellen keine psychischen Fehlbelastungen dar, die zu präventiven Veränderungen veranlassen.

Die Antworten auf die Fragen nach potenziellen Stressfaktoren der Arbeit liegen im Bereich der Antworten anderer gewerblicher Arbeitnehmer und werden teilweise von anderen Tätigkeitsgruppen übertroffen. In entsprechender Weise konnten auch keine Anzeichen für Stressfolgen bei den Maurern an Versetzhilfen gefunden werden. Vergleiche zu anderen Beschäftigtengruppen z. B: im Ausbaugewerbe sowie in Tätigkeiten am Bau mit höherer Verantwortung für Beschäftigte, Bauobjekt und Bauleistung (Poliere, Bauleiter) lassen eine relativ große Autonomie der Maurer nicht nur an Versetzhilfen bei Entscheidungen über das Tempo und die Art der Ausführung erkennen, soweit sie nicht im Akkordtarif arbeiten. Das gegenüber den konventionellen Maurern jüngere Kollektiv der untersuchten Maurer dieser Studie mit Versetzhilfen trägt zusätzlich dazu bei, dass alle Belastungen gut bewältigt wurden und kein Hinweis für generelle Fehlbelastungen besteht.

Besonderheiten der objektiven (Arbeitsherzfrequenz) und subjektiven (empfundene Anstrengung BORG-Skala) Beanspruchungsreaktionen sind bei Beschäftigten mit bedingten gesundheitlichen Einschränkungen ihrer Eignung für körperliche Arbeit festzustellen: Eine mittelschwere körperliche Arbeit mit geringen Anteilen von Lastenhandhabung und Zwangshaltungen und somit von statischen Anteilen der Muskelarbeit ist hinreichend, um bei individuellen gesundheitlichen Problemen (hier arterielle Hypertonie bei Übergewicht) zu relativer Überforderung mit erhöhtem Gesundheitsrisiko bei der Arbeit zu gelangen:

Diese Daten machen an speziellen Einzelfällen deutlich, dass

- ein arbeitsbezogenes gesundheitliches Beratungsangebot durch den Betriebsarzt einen wesentlichen Faktor in der Erhaltung der Arbeits- und Erwerbsfähigkeit von Beschäftigten auch dann darstellt, wenn die Arbeitsbedingungen für die Erwerbstätigkeit zumutbare und sogar relativ günstige Anforderungen und Belastungen am Arbeitsplatz haben,
- ein physiologisches „Biomonitoring“ mit einfachen Methoden wie der Herzfrequenz- und der Blutdruckaufzeichnung am Arbeitsplatz (Letztere hier nicht durchgeführt) wesentliche zusätzliche Erkenntnisse über die individuellen Erfordernisse der Prävention liefert.

Dabei wird davon auszugehen sein, dass die Sozialversicherungsträger für die Umsetzung der Präventionsmaßnahmen nicht in der gesetzlichen Unfallversicherung zu suchen sind, sondern einem allgemeinen Präventionsansatz in der „Lebenswelt“ Arbeitsplatz unter Beteiligung des Betriebsarztes zuzuordnen ist.

Subjektiv empfundene Anstrengung am Stütz- und Bewegungs-System

Eine Reduzierung der Beschwerden am Stütz- und Bewegungs-System ist im Vergleich zu den Voruntersuchungen nicht unmittelbar nachzuweisen. Dafür gibt es methodische Gründe: Während in der umfassenden Untersuchung aus dem Jahr 2000 die Beschäftigten fern vom Arbeitsplatz im Arbeitsmedizinischen Dienst nach gelegentlichen oder häufigen Beschwerden befragt worden sind, wurden die Beschäftigten an den Versetzhilfen auf der Baustelle nach erlebter Anstrengung gefragt. Obwohl es sich um die gleiche Körpertopographie handelt, fällt das Niveau der sog. „Anstrengung“ deutlich höher als das der „Beschwerden“ aus. Gegenüber 37,8% aller Maurer mit Beschwerden im LWS-Bereich geben 49,1% aller Maurer an Versetzhilfen eine erhöhte Anstrengung in dieser Region an. Vergleicht man jedoch die Regionen des Körpers untereinander, so stellt man fest, dass im Bereich von Schulter und Nacken sowie bei den Kniegelenken etwa gleiche Proportionen der Beschwerden bzw. Anstrengungen im Vergleich zur LWS bestehen. Die Anstrengung der Handgelenke fällt dagegen deutlich höher aus – aber nicht die Anstrengung der Ellenbogengelenke.

Zwischen den beiden Maschinentypen bestehen gerade hier Unterschiede: Die höchsten Angaben kommen von den Beschäftigten an den Mauermaschinen. Auch bei einer kleinen Zahl der Untersuchten haben diese Daten Hinweischarakter, da sie sich auf den Einsatz der Personen beziehen, die zugleich mehrere Funktionen mit verbliebenen körperlichen Restbelastungen ausüben: Sie arbeiten als Versetzer wie am Minikran, müssen aber zugleich für ihre eigene Materialbereitstellung sorgen.

7.2. Technisch-organisatorische Aspekte

Das Mauern mit Versetzhilfen verändert die Arbeitsweise gegenüber dem manuellen Mauern. Um die angestrebten Vorteile der weniger belastenden Arbeit, des wirtschaftlicheren und technisch sichereren Arbeitens und die Verkürzung der Bauzeit zu erreichen, muss der Bauablauf entsprechend organisiert werden. Die Ergebnisse des Projektes zeigen, dass insbesondere die technische Ausstattung, die Geräteanordnung, statische Voraussetzungen am entstehenden Bauwerk, der Planvorlauf und die Materialversorgung, die Abstimmung mit anderen Gewerken auf der Baustelle sowie die Qualifikation des Personals bei der Organisation von Baustellen von Bedeutung sind.

Bauobjekte

Für den Unternehmer, der den Einsatz von Versetzhilfen als Alternative zum manuellen Mauern überlegt, stellt sich zunächst die Frage, bei welchen Bauobjekten der Einsatz eines Minikrans oder einer Mauermaschine überhaupt sinnvoll ist. Die im Rahmen des Projekts gewonnenen Erfahrungen und Beobachtungen ergeben:

Mit Versetzhilfen können Maurerarbeiten bei fast allen Arten von Bauobjekten durchgeführt werden. Auf den untersuchten Baustellen wurden Ein- und Mehrfamilienhäuser, größere Wohnungsbauten und Industriebauten erstellt. Der Grundriss der Bauobjekte ist für den Einsatz von Versetzhilfen ebenfalls nicht begrenzend. Die erfaßten Bauvorhaben waren sowohl wenig als auch stark gegliedert. Es konnte beobachtet werden, dass es bei den stark gegliederten Bauobjekten zum häufigeren Umsetzen der Versetzhilfen kommt.

Steinformate

Mit den Versetzhilfen können fast alle Steinformate verarbeitet werden. Aus wirtschaftlicher Sicht ist es jedoch sinnvoll, nur Zweihandsteine und größere Formate zu versetzen. Aus ergonomischer Sicht wird empfohlen, Zweihandsteine bereits unterhalb von 15 kg maschinell zu verarbeiten. Es wäre wünschenswert, dass bereits in der Planung des Bauobjekts an den Einsatz von Versetzhilfen gedacht wird und hier bereits Mauersysteme, Rastermaße der Steine verschiedener Hersteller und geeignete Materialien berücksichtigt werden. Denkbar wäre auch, dass der Bauunternehmer im Rahmen der Angebotsbearbeitung einen Sondervorschlag mit Versetzhilfen und entsprechenden Steinsystemen anbietet und damit dem Bauherrn und Planer die wirtschaftlichen Vorteile aufzeigt. Mit beiden Vorgehensweisen könnte ein höherer Anteil des maschinell unterstützten Mauerns erreicht werden. Außerdem könnten auf diese Weise die wirtschaftlichen und ergonomischen Vorteile des maschinellen Mauerns voll ausgenutzt werden.

Minikran

Bei Minikranen ist inzwischen eine große Bandbreite der Ausstattungen lieferbar. Eine einfache Ausstattung des Minikrans ist jedoch für das Erreichen der ergonomischen Ziele ausreichend, da diese in der Anschaffung deutlich günstiger und im rauen Baustellenbetrieb weniger anfällig ist. Eine höherwertige Ausstattung kann dann sinnvoll sein, wenn besonders großformatige und sehr schwere Elemente zu versetzen sind, deren Transport hohe körperliche Kräfte erfordert.

Mauermaschine

Mauermaschinen sind in der Grundausstattung mit einem motorischen Antrieb für das Hubwerk zum Heben und Senken der Steinlast, für das Fahrwerk und für die höhenverstellbare Arbeitsbühne ausgerüstet. Das Verfahren der Mauermaschinen von Hand erfordert hohe Körperkräfte. Zum Schwenken des Auslegerarms ist ein motorischer Antrieb in der Regel nicht erforderlich. In der Praxis konnte beobachtet werden, dass trotz Versetzhilfe vereinzelt Steine von Hand versetzt wurden, wenn durch langsame Hub- und Schwenkbewegungen der Versetzvorgang nach Einschätzung des Versetzers zu viel Zeit in Anspruch nahm. Es ist deshalb bei der Ausstattung von Hub- bzw. Schwenkwerk darauf zu achten, dass eine ausreichende Hub- und gegebenenfalls Schwenkgeschwindigkeit z.B. durch mehrstufige Antriebssteuerung gewährleistet ist.

Die Arbeitsplattform der Mauermaschine sollte so ausgebildet sein, dass neben der Arbeitsfläche für den Maurer noch ausreichend Platz für die Lagerung von mindestens zwei Steinpaketen vorhanden ist, um einen kontinuierlichen Materialfluß zu gewährleisten. Entsprechend der zu erstellenden Wandhöhe muß die Arbeitsplattform so hoch ausgefahren werden können, dass auch die obersten Steinlagen in einer aufrechten Körperhaltung hergestellt werden können. Zur Erstellung von Wandhöhen über 4,00 m können die Mauermaschinen auf von den Herstellern entwickelte Hub- oder Aufsatzbühnen gestellt werden. Mit der Mauermaschine können auf dieser Wandhöhen bis ca. 7,00 m errichtet werden. Die Arbeitsbühne einschließlich der Auszugsteile und des Auslegerarms müssen so beschaffen sein, dass sie für alle aufzunehmenden Lasten ausreichend tragfähig sind.

Steinzange

Zur Grundausstattung aller Versetzhilfen gehört die Steinzange. Steinzangen haben Aufnahmedorne, die in die Aussparungen der Mauersteine eingreifen oder Klemmbacken, die über die Reibung an der Oberfläche den Stein halten. Mit der Steinzange können je nach Einstellung und Steinformat bis zu 4 Steine aufgenommen und versetzt werden.

Bei der Auswahl der Steinzangen ist darauf zu achten, dass sie entsprechend dem zu verlegenden Steinmaterial ausreichend tragfähig sind. Darüber hinaus ist von Bedeutung, dass bei wechselnden Steinformaten die Steinzangen entsprechend angepasst werden können bzw. bei Bedarf mehrere für sehr unterschiedliche Steinformate geeignete Steinzangen bereitgestellt werden.

Steinzangen müssen mit einer Steuereinrichtung für das motorische Heben und Senken ausgerüstet sein. Dabei sollte die Steuereinrichtung so an der Zange angeordnet sein, dass sie leicht und ermüdungsfrei bedient werden kann. Die Griffe zum Führen der Steinzange sollten ergonomisch ausgebildet und an der Oberfläche aus wärmeisolierendem und bruchfestem Material hergestellt sein.

Da die Arbeitsweise auf Kraftschlüssigkeit beruht, ist es durch Witterungseinflüsse oder Moosbewuchs auf der Oberfläche der Steine, durch Fehlproduktion im Bereich der Aufnahmelöcher oder durch mechanische Beschädigungen zum Herausrutschen von Steinen und Blöcken aus den Steinzangen und damit auch zu Unfällen gekommen. Hier sind die Hersteller gefordert, bessere Lösungen mit formschlüssiger Lastaufnahme zu entwickeln.

Rolltritt

Beim Einsatz eines Minikrans wird zum Mauern der höheren Schichten ein Rolltritt benötigt. Er ist manuell verfahrbar, bietet gegenüber der Stehleiter eine bessere Standsicherheit und verringert bei einer genügenden Breite ein vielfaches Umsetzen. Bei den Rollen der Tritte sollte auf die Bruchfestigkeit und einwandfreie, dauerhafte Funktion geachtet werden.

Steinsäge

Falls Steinschnitte erforderlich sind, ist eine geeignete Steinsäge vorzuhalten. In Frage kommen Steinsägen mit Nassschnitt, besser sind allerdings lärmgedämmte Sägen mit Trockenschnitt und Absaugung.

Mörtelschlitten

Um auch den Mörtel- bzw. Kleberauftrag gleichmäßig, sparsam und rationell durchführen zu können, sollten Mörtel- bzw. Kleberschlitten oder ein Tauchtrog zum Einsatz kommen. Die Handhabung der Mörtelschlitten ruft keine besonderen Belastungen hervor.

Kimmschichter

Zum maschinellen Einbauen der Kimmschicht können Kimmschichter verwendet werden. Auf Grund der hohen Anschaffungskosten kann der Kimmschichter aber nur bei entsprechenden Jahresleistungen wirtschaftlich eingesetzt werden.

Arbeitsschutzmaßnahme beim Einsatz von Versetzhilfen

Die Arbeitsschutzmaßnahmen beim Einsatz von Minikranen erstrecken sich über mehrere Gebiete, die nachfolgend aufgeführt und während der gesamten Bauphase zu berücksichtigen sind:

Tragfähigkeit

Die hohen Eigengewichte der Versetzhilfen und die Lasten der Steinpakete erfordern, eine Prüfung der Tragfähigkeit der zu befahrenden Decke bereits in der Arbeitsvorbereitung vorzusehen. Gegebenenfalls muss in Abhängigkeit vom Prüfergebniss dafür gesorgt werden, dass vor Arbeitsbeginn die Tragfähigkeit der Decke durch zusätzliche Stahlstützen auf das erforderliche Maß erhöht wird. Generell ist im Vorfeld festzulegen, wann eine Decke nach dem Betonieren mit Versetzgeräten und Material frühestens belastet werden kann.

Qualifikation

Nach den Angaben der Nutzer von Versetzhilfen in dieser Untersuchung sowie aus der Erfahrung ist festzustellen, dass die Handhabung einfach erlernbar ist. Da die Beschäftigten die Planunterlagen wie Grundriss- oder Versetzpläne verstehen und umsetzen können müssen, ist eine entsprechende baufachliche Ausbildung bzw. mehrjährige Berufserfahrung erforderlich.

Nach der Unterweisung sollte den Beschäftigten vor dem erstmaligen Arbeiten mit Versetzhilfen genügend Zeit zur Verfügung stehen, damit sie sich mit dem Verfahren vertraut machen können. Nur so ist die notwendige Akzeptanz erreichbar, die eine wichtige Voraussetzung für einen dauerhaften wirtschaftlichen Einsatz von Versetzgeräten ist.

Es ist zu empfehlen, dass mehrere Beschäftigte den Umgang mit den Versetzgeräten beherrschen. So können bei Ausfall eines Mitarbeiters Stillstandszeiten und die damit verbundenen Kosten weitgehend vermieden werden.

Materialplatzierung

Da der Materialverbrauch zügiger als beim manuellen Mauern voranschreitet, ist die kontinuierliche Materialversorgung besonders wichtig und mit dem Materiallieferanten abzustimmen. Bestellungen müssen rechtzeitig erfolgen und die Zulieferer pünktlich liefern. Damit neben der Versetzhilfe auch ein Kran verfügbar ist und somit keine Verzögerungen im Materialnachschub bzw. beim Umsetzen der Versetzhilfen auftreten, ist eine Koordination mit anderen Kolonnen notwendig.

Es ist darauf zu achten, dass das vorseilende Fassadengerüst immer nur so hoch aufgebaut wird, dass der Ausleger des Minikrans oder der Maurermaschine ungehindert schwenken kann. Ebenso ist für ausreichend Lagerraum am Einbauort zu sorgen. Die Anordnung der Baumaterialien, Steinpaletten und Abfallbehälter muss vorausschauend so getroffen werden, dass sie beim Verfahren der Versetzhilfen nicht im Wege stehen. Die Steine sollten zumindest mit dem Ausleger der Versetzhilfe noch erreichbar sein, damit durch ein Umsortieren der Materialien und Umsetzen der Versetzhilfen keine Zeit verloren geht.

Um die Anordnung der Versetzgeräte und Steinmaterialien zueinander optimal zu gestalten, sollten folgende weitere Hinweise beachtet werden:

- Damit sich die Versetzgeräte mit dem Fortschritt der Maurerarbeiten bewegen können, sind ausreichende Bewegungsflächen in Form von Gerätefahrstraßen parallel zur Wandfläche freizuhalten.
- Das Steinmaterial sollte beim Mauern mit Minikran zwischen dem Minikran und der zu errichtenden Wand platziert werden, um die Schwenkbewegungen zu minimieren bzw. unnötige Schwenkbewegungen zu vermeiden.
- Zwischen Wand und Steinlagerungsbereich sollte ausreichend Arbeitsraum zum Bewegen und sicheren Besteigen des Rolltritts freigehalten werden.
- Die Mauermaschine sollte direkt vor der zu erstellenden Wand arbeiten. Ein entsprechender Fahrbereich parallel zur Wand ist freizuhalten. Es ist zu empfehlen, dass auf der Seite der Mauermaschine, die der zu erstellenden Wand abgewandt ist, Platz zur Lagerung von Steinmaterial freigehalten wird, da dadurch die Materialnachschubwege verkürzt werden.

Einweisung

Bevor ein Minikran von einer Baufirma erstmalig in Betrieb genommen wird, ist eine Einweisung durch einen Sachkundigen erforderlich. Diese kann in der Regel vom Baumaschinenverkäufer oder Verleiher durchgeführt werden.

Einbau der Zentralballastgewichte

Der Einbau von Ballastgewichten ist von zentraler Bedeutung für die Standsicherheit während des Betriebes. Bei einer Selbstballastierung dürfen die Gewichte nur unmittelbar neben dem Kran angehoben werden. Alle Versetzhilfen sind mit einer Arretierungseinrichtung des Auslegers für die Montage und Demontage der Ballastgewichte versehen.

Keine Manipulation zur Traglasterrhöhung

Um ein plötzliches Materialversagen an sicherheitsrelevanten Bauteilen zu vermeiden, dürfen keine Manipulationen zur Traglasterrhöhung der Versetzhilfen durchgeführt werden. Eine Veränderung der Rutschkupplung am Elektrokettenszug oder eine Erhöhung des Gegengewichtsballasts kann eine Unfallgefahr für den Beschäftigten bedeuten.

Tragfähigkeitsprüfung

Die Tragfähigkeit der Geschossdecke muss im Hinblick auf die hohen Gewichte aus Versetzhilfe und Steinlast geprüft und ggf. durch Notstützen sichergestellt werden.

Gefahrenbereich der Bühnenmechanik

Im Gefahrenbereich der Bühnenmechanik von Mauermaschinen dürfen sich beim laufenden Betrieb keine Unbefugten aufhalten. Hier besteht eine erhebliche Quetschungsgefahr. Es ist daher wichtig, eine Sicherung im Bereich des Grundrahmens durch Kettenhalter mit Absperrketten vorzunehmen. Bei Wartungsarbeiten unter der angehobenen Arbeitsbühne ist die Bühne durch Unterbauten aus Bohlen, Kanthölzern oder Stahlböcken gegen unbeabsichtigtes Absenken abzusichern.

Absturzsicherung an Mauermaschinen

Die Bühne ist ab einer Absturzhöhe von mehr als 2,00 m mit einem Seitenschutz zu sichern, dieser sollte mindestens eine Höhe von 1,00 m haben.

Absturzsicherungen

Absturzsicherungen müssen ab einer Absturzhöhe von 2,00 m vorhanden sein. Es ist bei der Terminierung der Gerüste darauf zu achten, dass bei einer Einrüstung über die Geschossebene hinaus evtl. der Minikraneinsatz behindert werden kann. Überschneidungen des Kranauslegers mit den Gerüstrahmen sind zu vermeiden.

Sicherer Umgang mit der Steinzange

Vor dem Versetzen sollte jeder Stein durch Sichtkontrolle auf Defekte überprüft werden. Schadhafte Steine dürfen nicht transportiert werden. Die Steinlöcher müssen auf Verschmutzungen und Lochtiefe kontrolliert werden. Die Zangen sind bis zum Anschlag an den Stein zu führen. Scherenzange und Quergreifer dürfen bei angehängten Lasten nicht durch körperlichen Einsatz angehoben werden.

7.3 Sicherheitstechnische Konsequenzen

Arbeitsschutz ist ein unverzichtbares Element, dass in allen Bereichen des Arbeitsprozesses integriert werden sollte. Ziel des Arbeitsschutzes ist es, die Sicherheit und Gesundheit der Beschäftigten bei der Arbeit auf höchstmöglichem Niveau zu gewährleisten. Probleme des betrieblichen Arbeitsschutzes müssen erkannt und entsprechende sicherheitstechnische Konsequenzen eingeleitet werden. Im folgenden sind sicherheitstechnische Konsequenzen für die Versetzverfahren mit Minikran und Mauermaschine dargelegt.

Minikrane

Die Arbeitsschutzmaßnahmen beim Einsatz von Minikranen erstrecken sich über 8 Gebiete, die es zu berücksichtigen gilt:

Einweisung

Bevor ein Minikran von einer Baufirma zum ersten Mal in Betrieb genommen wird, ist es ratsam, eine Einweisung durch einen Sachkundigen durchführen zu lassen. Dies kann z.B. von einem Maschinenmeister eines vor Ort ansässigen Baumaschinenverkäufers oder –verleihers erfolgen. Viele Angaben in den Betriebsanleitungen lassen sich besser verstehen, wenn sie direkt bei einem Bauvorhaben gezeigt werden. Mit dieser Maßnahme kommt der Unternehmer seiner Unterweisungspflicht nach. Eine Einweisung dauert in der Regel 1 Stunde, lohnt sich aber aus sicherheitstechnischen und wirtschaftlichen Gründen allemal, weil die Beschäftigten sofort mit dem Umgang der Versetzhilfe vertraut gemacht werden.

Einhaltung von Vorschriften

Die Angaben des Herstellers hinsichtlich vorgeschriebener Betriebs-, Wartungs- und Instandhaltungsbedingungen sind einzuhalten.

Umsetzen des Minikrans

Das Umsetzen des Minikrans erfolgt normalerweise mit Hilfe des Turmdrehkrans auf der Baustelle.

Sicherer Lastentransport

Die Lasten werden mit der Steinzange geführt und dürfen nicht unkontrolliert hängen gelassen werden. Die zulässige Höchstlast der Versetzhilfe darf nicht überschritten werden.

Einbau der Zentralballastgewichte

Der Einbau von Ballastgewichten, z.B. beim Typ Steinrex, ist von zentraler Bedeutung für die Standsicherheit während des laufenden Betriebes. Hier besteht die Möglichkeit der Selbstballastierung. In der Bedienungsanleitung des Herstellers wird darauf hingewiesen, dass bei einer Selbstballastierung die Gewichte nur unmittelbar neben dem Kran angehoben werden dürfen. Der Ausleger darf auf keinen Fall unkontrolliert ausschwenken. Alle Versetzhilfen sind mit einer Arretierungseinrichtung des Auslegers versehen, die sowohl bei der Montage als auch bei der Demontage der Ballastgewichte zu benutzen ist.

Keine Manipulationen zur Traglasterrhöhung

Um ein plötzliches und unerwartetes Materialversagen an sicherheitsrelevanten Bauteilen zu vermeiden, dürfen keine Manipulationen zur Traglasterrhöhung der Versetzhilfen durchgeführt werden. Eine Veränderung der Rutschkupplung am Elektrokettenzug oder eine Erhöhung des Gegengewichtsballasts kann eine Gefahr für den Beschäftigten bedeuten und ist daher verboten. Jegliche Manipulationen bedeuten den Verstoß gegen UVVen und gegen die zugelassenen Herstellervorschriften. Im laufenden Arbeitsbetrieb kann plötzlich und unerwartet ein Materialversagen an den sicherheitsrelevanten Bauteilen auftreten. Im Schadensfall erlischt die Betriebserlaubnis und der Unternehmer kann haftbar gemacht werden. Außerdem muß die Versetzhilfe durch einen Sachkundigen in den Originalzustand gebracht werden.

Sicherer Umgang mit der Steinzange

Vor dem Versetzen der Steine sollte jeder Stein überprüft werden. Schadhafte Steine dürfen nicht transportiert werden. Die Steinlöcher müssen auf Verschmutzungen und Lochtiefe kontrolliert werden. Die Zangen sind bis zum Anschlag an den Stein zu führen. Abgenutzte Greifnocken sind zu erneuern und die Zangenpratze muß stets sauber gehalten werden. Scherenzange und Quergreifer dürfen bei angehängten Lasten nie durch körperlichen Einsatz angehoben werden. Außerdem ist bei Eis und Schnee besondere Vorsicht geboten.

Maßnahmen bei Arbeitsende

Nach Beendigung der Benutzung der Versetzhilfe ist diese von allen Stromquellen abzukoppeln und vor Bedienung durch Unbefugte zu sichern.

Mauermaschinen

Die bei Minikranen aufgeführten Arbeitsschutzmaßnahmen treffen auch auf die Mauermaschinen zu, und werden an dieser Stelle nicht wiederholt.

Verfahren der Mauermaschine

Das Verfahren der Mauermaschine in der Ebene erfolgt über Lenkrollen am Grundrahmen. Es ist darauf zu achten, dass sich keine Personen in Fahrtrichtung befinden und die Feststellbremsen müssen angezogen werden, sobald die Mauermaschine in ihrer Arbeitsposition steht.

Absturzsicherungen

Die Bühne ist ab einer Absturzhöhe von mehr als 2,00 m mit einem Seitenschutz zu sichern, dieser sollte mindestens 1,00 m Höhe haben.

Gefahrenbereich Bühnenmechanik

Im Gefahrenbereich der Bühnenmechanik haben im laufenden Betrieb Unbefugte nichts zu suchen, weil hier eine erhebliche Quetschungsgefahr besteht und die Mitarbeiter auf der Bühne diesen Bereich nur schwer einsehen können. Es ist daher wichtig, eine Sicherung im Bereich des Grundrahmens durch Kettenhalter mit Absperrketten vorzunehmen. Bei Wartungsarbeiten unter der angehobenen Arbeitsbühne ist die Bühne durch Unterbauten aus Bohlen, Kanthölzern oder Stahlböcken gegen unbeabsichtigtes Absenken abzusichern.

Einsatz und Beladung der Arbeitsbühne

Die Mauermaschine ist für den Einsatz auf Baustellen als stufenlos höhenverstellbare Arbeitsbühne für Material und Personen, innerhalb ihrer technischen Belastbarkeit entwickelt und gebaut. Andere Nutzungen sind verboten. Sie darf nicht als Kran benutzt werden, um z.B. Baumaterialien mit der Bühne zu transportieren. Für Maximallasten und verschiedene Laststellungen auf der Arbeitsplattform muß das für die Mauermaschine geltende Belastungsdiagramm beachtet werden.

Baumaßnahme

Während der gesamten Bauphase sind folgende Arbeitsschutzmaßnahmen zu beachten:

Tragfähigkeitsprüfung

Die Tragfähigkeit der Geschossdecke muss im Hinblick auf die hohen Gewichte aus Versetzhilfen und Steinlasten rechtzeitig geprüft und ggf. durch Notstützen sichergestellt werden.

Absturzsicherungen

Absturzsicherungen müssen ab einer Absturzhöhe von 2,00 m vorhanden sein. Es ist bei der Terminierung der Gerüste darauf zu achten, dass bei einer Einrüstung über die Geschossebene evtl. der Minikran-Einsatz behindert werden kann. Es kann hier zu Überschneidungen des Kranauslegers und der Gerüstrahmen kommen. Der nutzbare Arbeitsbereich kann dadurch reduziert werden und ein wirtschaftliches Arbeiten wird eingeschränkt.

Einsatz von Steingreifern

Der Steintransport darf nur mit eingehängter Auffangplane erfolgen.

7.4 Wirtschaftlichkeit des Einsatzes von Versetzhilfen

Auf Baustellen, auf denen Minikrane im Einsatz waren und Kalksandsteine verbaut wurden, liegt zwischen der kostengünstigsten und der teuersten Baustelle eine Differenz von 15,27 Euro/m² erstellter Wand. Es ist daher erforderlich, diese Differenz weiter zu analysieren.

Bei einer Aufteilung der Kosten auf den Minikran-Baustellen in die Material-, Lohn- und Gerätekostenanteile ergaben sich für diese Positionen folgende Unterschiede zwischen den Einsatzgebieten:

- Bei den Materialkosten beträgt die Differenz 4,95 Euro/m².
- Bei den Lohnkosten ergibt sich eine Differenz von 10,16 Euro/m².
- Die Differenz bei den Gerätekosten beträgt 1,09 Euro/m².

Damit wird deutlich, dass die Gesamtkosten, beim Erstellen von 1 m² Mauerwerk mit dem Minikran maßgeblich von den Lohnkosten bestimmt werden. Eine gezielte Arbeitsvorbereitung ist hier entscheidend zur Reduzierung der Arbeitszeitwerte und damit der Lohnkosten. Darüber hinaus ist die Routine der Mitarbeiter wichtig, die mit dem Minikran versetzen. Die Erfahrung auf den Musterbaustellen zeigt:

- Ein eingespieltes Team, das in diese Technologie eingewiesen wurde, kann hier wesentlich kostengünstiger agieren.

Auch für die Baustellen mit Mauermaschinen ist es erforderlich, die Differenz von 18,19 Euro/m² zwischen kostengünstigster und teuerster Baustelle näher zu beleuchten:

- Hinsichtlich der Materialkosten ergibt sich hier eine Differenz von 5,59 Euro/m² erstellter Wand.
- Die Lohnkosten weisen eine Differenz von 9,93 Euro/m² auf.
- Bei den Gerätekosten ergibt sich ein Unterschied von 4,68 Euro/m².

Wie bei Minikranen ist auch bei Mauermaschinen der Lohnanteil der kostenentscheidende Faktor.

Die Gegenüberstellung von manuellen Mauern mit dem Mauern mit Versetzhilfen nach den Arbeitszeitvorgaben der Kalksandsteinindustrie führt für ein 17,5 cm starkes Mauerwerk zu folgendem Resultat:

- Für 1 m² manuell erstelltes Mauerwerk ergeben sich Gesamtkosten in Höhe von 36,31 Euro/m².
- Das gleiche Mauerwerk kostet mit einem Minikran nur 31,76 Euro/m².
- Beim Einsatz einer Mauermaschine entstehen Gesamtkosten von 32,53 Euro/m² für das Mauerwerk.

Daraus ergibt sich ein Kostenvorteil von 4,55 Euro/m² beim Minikran sowie von 3,78 Euro/m² bei der Mauermaschine gegenüber dem manuellen Mauern. Dies entspricht einer Kostenersparnis von ca. 12,5% beim Minikran sowie von ca. 10% bei der Mauermaschine.

Wenn die Arbeitszeitwerte der Kalksandsteinindustrie bei der Erstellung von 24,0 cm starkem Mauerwerk in Ansatz gebracht werden, ergibt der oben dargestellte Vergleich folgende Kostenansätze:

- Die Gesamtkosten für den Quadratmeter manuell erstelltes Mauerwerk betragen 45,54 Euro/m².
 - Mit dem Minikran kann dieses Mauerwerk für 38,20 Euro/m² erstellt werden.
 - Beim Mauern mit der Mauermaschine entstehen Kosten von 38,97 Euro/m² Wandfläche.
- Dies entspricht einer Kostenreduzierung um 16% beim Minikran sowie von 14% bei der Mauermaschine.

Derselbe Vergleich führt jedoch unter Zugrundelegung der Arbeitszeitwerte der Ziegelsteinindustrie zu folgenden Feststellungen:

- Die Kosten für den Quadratmeter manuell erstelltes Ziegelmauerwerk betragen 44,51 Euro/m².
- Mit dem Minikran kann dieses Mauerwerk für 44,42 Euro/m² erstellt werden.
- Beim Einsatz der Mauermaschine ergibt sich eine Erhöhung auf 45,52 Euro/m².

Die Erstellung von 17,5 cm starkem Mauerwerk aus Ziegeln mit Versetzhilfen erbringt keine Kostenvorteile gegenüber dem manuellen Mauern. Bei einer Ziegelwand auf 24,0 cm Stärke ergibt sich eine andere Situation:

- Die Kosten für das manuell erstellte Mauerwerk betragen jetzt 48,04 Euro/m².
- Das Mauern mit dem Minikran verursacht Kosten von 45,32 Euro/m² und
- die Mauermaschine Kosten von 46,42 Euro/m².

Es ergibt sich hier ein Kostenvorteil von ca. 5% (Minikran) bzw. ca. 3% (Mauermaschine).

Eine Ersparnis von 3% erscheint vernachlässigbar klein. Angesichts der Tatsache, dass in der Bauwirtschaft mit 3% Wagnis und Gewinn kalkuliert wird, relativiert sich der Wert.

Damit zeigt sich auch bei der Erstellung von Ziegelmauerwerk:

- Je größer die Wandstärke ist, desto rationeller und wirtschaftlicher ist der Einsatz von Versetzhilfen.

Vergleich der Verfahren bei gleicher Wandstärke

Die Fragestellung, die in diesem Zusammenhang noch offen ist und diskutiert werden muss, lautet: Inwieweit unterscheiden sich die Mauerverfahren in wirtschaftlicher Hinsicht bei gleichem Material (Kalksandstein) und gleicher Wandstärke (24,0 cm), wenn die Größe der Elemente variiert wird ?

Ein Kostenvergleich von Mauerarbeiten mit bzw. ohne Versetzhilfen mit verschiedenen Steinformaten aus Kalksandstein bei der Wandstärke 24,0 cm ergibt folgendes Bild:

- Der Minikran verursacht bei Verwendung von Quadroelementen Kosten in Höhe von 35,98 Euro/m².
- Wenn 16 DF-Steine mit einem Minikran gemauert werden, entstehen Kosten von 39,81 Euro/m².
- Die Mauermaschine in Verbindung mit 16 DF-Steinen kommt auf Kosten in Höhe von 43,62 Euro/m².
- Dem gegenüber stehen Kosten von 45,54 Euro/m² beim manuellen Vermauern von Zweihandsteinen gegenüber.

Bei Verwendung von Quadroelementen ermöglicht der Minikran die Erstellung des 24,0 cm starken Mauerwerks um 9,56 Euro/m² günstiger (ca. 20%) gegenüber der manuellen Herstellung aus Zweihandsteinen.

Fazit

Beim Herstellen einer 24,0 cm starken Wand ist die Lösung aus Planelementen, die mit dem Minikran verarbeitet werden, die kostengünstigste Lösung. Durch das gleichzeitige Aufnehmen von bis 2 Elementen mit der Versetzzange bzw. das Versetzen von großen Einzelelementen wird mit dem Minikran eine hohe Leistung erzielt. Auch unter Berücksichtigung der Geräteanschaffungskosten (ca. 7.500 - 10.000 Euro) können geringere Herstellungskosten als beim manuellen Mauern erzielt werden.

Ein weiteres Potential wird mit dem Einsatz von Versetzhilfen bei der Verwendung von Wandbausystemen erschlossen. Dabei werden die Elemente werkseitig nach einer exakten Vorplanung erstellt, geschnitten und auf die Baustelle geliefert. Sie werden nach einem Verlegeplan im Dünnbettmörtel mit der Versetzhilfe versetzt. Abfälle durch Verschnitt entfallen.

Der Auf-, Um- und Abbau des Minikrans ist zeitsparend und erfolgt innerhalb weniger Minuten. Ein Rückbau des Krans beim Umsetzen auf eine neue Geschossebene ist nicht erforderlich, da der Minikran problemlos komplett mit dem Turmdrehkran auf die nächste Geschossebene gesetzt werden kann.

Auch die Mauermaschine ist in der Lage, die o.a. Anforderungen zu erfüllen und es wird auch hier eine hohe Leistung erzielt. Die Geräteanschaffungskosten der Mauermaschine liegen mit ca. 15.000 - 20.000 Euro - etwa doppelt so hoch wie beim Minikran. Auch diese höheren Anschaffungskosten können durch günstigere Herstellungskosten gegenüber dem manuellen Mauern, wieder angeglichen werden.

Es kann abschließend festgestellt werden, dass der betriebswirtschaftliche Vorteil durch eine höhere Bauleistung die Aufwendungen für Versetzhilfen überwiegt.

8. Schlußfolgerungen zur Musterbaustelle

8.1 Arbeitsmedizinische Konsequenzen des Einsatzes von Versetzhilfen

Auf Grund der Erhebungen an 15 Einsatzorten in unterschiedlichen Regionen Deutschlands im Projekt „Musterbaustelle 2002 – Versetzhilfen im Mauerwerksbau“ sowie einer Vorstudie über Versetzhilfen, der Schwerpunktaktion „Bockgerüste“ der Bau-BGEn und der Daten der Zweihandmaurer aus der Untersuchung zur physischen Belastungsstruktur (FLEISCHER et al. 2000) können folgende Schlußfolgerungen für die Belastungsminderung durch den Einsatz von Versetzhilfen gezogen werden:

- (1) Versetzhilfen im Mauerwerksbau verbessern das Anforderungs- und Belastungsprofil des Maurers erheblich. Wie im traditionellen Mauerwerksbau werden die Bauwerke weiterhin in handwerklicher Arbeit und in großer Vielfalt hergestellt. Die wichtigsten körperlichen Belastungen werden jedoch durch den Einsatz von Versetzhilfen deutlich reduziert.
- (2) Die Belastungen des Rückens durch schwere Lasten und durch dauerhafte Zwangshaltungen werden durch Versetzhilfen im Vergleich zum Verarbeiten von Zweihandsteinen ohne Versetzhilfen und zur Arbeit mit Einhandsteinen erheblich vermindert. Schädigende Bandscheibendrucke der Lendenwirbelsäule über 3,4 kN treten praktisch nicht mehr auf. Es besteht keine bandscheibenbelastende Tätigkeit gemäß der Berufskrankheit 2108.
- (3) Körperzwangshaltungen beim dauerhaften bzw. häufigen Bücken werden bei der Arbeit mit Versetzhilfen nur selten gefunden. Die höchste verbliebene Belastung entsteht an der Kimmschicht. Eine Mechanisierung der Herstellung von Kimmschichten würde zu einer weiteren Reduzierung belastender Arbeitshaltungen beitragen.
- (4) Belastungen der Arme und Schultern durch Arbeiten über Brusthöhe werden bei Beschäftigten am Minikran noch gefunden, bei der in der Arbeitshöhe verfahrenbaren Mauermaschine dagegen nicht. Das Gesundheitsrisiko hinsichtlich Nacken- und Schulterbeschwerden ist dennoch auch bei den Versetzern am Minikran gering. Für längerdauernde Tätigkeiten in den oberen Steinreihen >150 cm ist der Rolltritt die bessere Lösung als die hier zeitweilig verwendeten Bockgerüste und Leitern.

- (5) Die Belastungen des Hand-Arm-Systems sind überwiegend geringer als beim Vermauern per Hand. MMV berichten zwar über hohe Anstrengung in den Handgelenken und Fingern. Diese wird jedoch auf die Steinzange und Steuerungskonsole zurückgeführt. Ihre Elemente – Handgriffe, Schalter und Drucktaster – sind ohne Berücksichtigung der Greif- und Steuerungsfunktionen der menschlichen Hand gestaltet.
- (6) Steinzangen sind bisher nach technischer Zweckmäßigkeit und Zuverlässigkeit unter den rauen Bedingungen des Baualltages konstruiert. Ergonomische Steinzangen, die sich an den Dimensionen der Hand und an den auszuführenden Steuer- und Führungsfunktionen orientieren, sollten geschaffen werden.
- (7) Die geringere körperliche Belastung führt zu einem geringeren Arbeitsenergieumsatz und zu einer geringeren Arbeitsherzfrequenz. Sie bleibt beim Mauern mit Versetzhilfen in der Arbeitsschicht deutlich unterhalb der Dauerleistungsgrenze. Alle Tätigkeitsfelder entsprechen arbeitsphysiologisch einer mittelschweren Arbeit. Belastungsspitzen bestehen beim Mauern in tiefen Steinlagen unter Kniehöhe sowie beim Lastentransport.
- (8) Der Arbeitstag wird von den Beschäftigten subjektiv als leicht bis etwas anstrengend bewertet. Die arbeitsbedingte Ermüdung im Schichtverlauf ist nicht so ausgeprägt wie beim Vermauern von Hand.
- (9) Durch die Belastungsreduzierung und die veränderte Arbeitsweise treten Rückenschmerzen seltener als bei traditionellen Maurertätigkeiten auf. Geringere Arbeitsunfähigkeiten wegen Rückenbeschwerden sind zu erwarten. Für Maurer mit gesundheitlichen Einschränkungen schafft die Arbeit mit Versetzhilfen eine Möglichkeit, weiterhin als Maurer tätig zu bleiben.
- (10) Die Gewöhnung und Akzeptanz der Arbeit mit Versetzhilfen ist hoch und Vorurteile gegen Versetzhilfen wurden nur bei solchen Beschäftigten und Unternehmen gefunden, die bisher keinen Umgang damit hatten. Auszubildende, die an Versetzhilfen gelernt haben, suchen sich nach Beendigung ihrer Ausbildungszeit häufig Unternehmen, die auch Versetzhilfen auf ihren Baustellen einsetzen.

- (11) Die psychischen Leistungsanforderungen erfahren durch den Einsatz der Versetzhilfen gegenüber dem traditionellen Mauerwerksbau keine wesentlichen Veränderungen. Geringfügige Tendenzen zeigen sich bei einer Zunahme von Monotonie sowie einer etwas geringeren Inanspruchnahme der Vielfalt der erlernten Fertigkeiten als Maurer. Tendenzen zu stressähnlichen Über- und Fehlbelastungen durch die produktivere Maurerarbeit an Versetzhilfen konnten nicht beobachtet werden.
- (12) Die insgesamt deutlich günstigere Belastungssituation beweist, dass Versetzhilfen im Rahmen des traditionellen Mauerwerksbaus eine ergonomisch empfehlenswerte Lösung der Beanspruchungsminimierung sind. Die verbleibende körperliche Belastung dürfte sich auf Gesunde eher gesundheitsförderlich auswirken.
- (13) Allgemeine arbeitsmedizinische Vorsorgeuntersuchungen als Angebotsuntersuchungen für betroffene Arbeitnehmer bleiben auch für Maurer an Versetzhilfen sinnvoll und zweckmäßig. Unternehmer, die sich im Rahmen ihrer Fürsorgepflicht über verbliebene Restbelastungen sowie Grenzen der Einsatzfähigkeit bei älteren Beschäftigten bzw. Beschäftigten mit Gesundheitsstörungen informieren wollen, sollten sich ebenfalls von ihrem Betriebsarzt beraten lassen.

8.2 Technisch-organisatorische Empfehlungen zum Einsatz von Versetzhilfen

Hinsichtlich der Anforderungen an das Bauobjekt und an die Organisation beim Mauern mit Versetzhilfen lassen sich folgende technisch-organisatorische Empfehlungen ableiten:

(1) Einsatzfelder von Versetzhilfen

- Mit Versetzhilfen können Maurerarbeiten bei allen Arten von Bauobjekten durchgeführt werden.
- Der Grundriß der Bauobjekte ist für den Einsatz von Versetzhilfen nicht limitierend, soweit die Bewegungsfläche ausreicht und die Versetzhilfe nicht häufig umgesetzt werden muss.
- Mit Versetzhilfen können unterschiedliche Materialien und wirtschaftlich alle Steinformate oberhalb des Formats der Einhandsteine bis zu Planelementen verarbeitet werden. Aus ergonomischer Sicht wird empfohlen, Zweihandsteine bereits ab 15 kg maschinell zu verarbeiten. Besonders geeignet für Versetzgeräte sind Steinarten mit hoher Bruch- und Druckfestigkeit, d.h. Kalksandvollsteine, Planblocksteine und Quadroelemente.
- Um das maschinelle Mauern zu fördern, sollte bereits bei der Planung des Bauobjektes an den Einsatz von Versetzhilfen gedacht werden.

(2) Technische Ausstattung

- Beim Minikran ist in der Regel eine einfache Ausstattung mit motorischem Antrieb nur für das Heben und Senken ausreichend. Weitere motorunterstützte Funktionen erweisen sich als wenig praktikabel und werden von den Anwendern häufig stillgelegt.
- Bei Mauermaschinen genügt in der Regel ein motorischer Antrieb für das Hubwerk, für das Fahrwerk und für die höhenverstellbare Arbeitsbühne.
- Zur Vermeidung von Auf- und Abrüstarbeiten sollte der Minikran einschließlich seiner Ballastierung, als Einheit mit dem Turmdrehkran versetzt werden können.
- Auf die ausreichende Tragfähigkeit der Hubwerke der Versetzhilfen gemäß den verwendeten Steinformaten ist zu achten.
- Die Arbeitsbühne der Mauermaschine muss über eine ausreichend große und tragfähige Arbeits- und Lagerfläche sowie über die erforderliche Hubhöhe verfügen.

- Die Steinzangen müssen ausreichend tragfähig, auf wechselnde Steinformate leicht angepaßt werden können bzw. in ausreichender Anzahl für verschiedene Steinformate verfügbar sein und mit einer Befehlseinrichtung für das Heben und Senken ausgestattet sein.
 - Für das Umsetzen der Versetzhilfen und den Materialtransport muss ein ausreichend tragfähiger Turmdrehkran zur Verfügung stehen.
 - Für das exakte Anlegen der ersten Steinschicht wird ein Kimmschichter empfohlen.
- (3) Geräteanordnung
- Bei der Anordnung von Versetzgeräten, Steinsägen und Steinmaterial auf der Geschoßdecke ist darauf zu achten, dass ausreichende Bewegungsflächen freigehalten, unnötige Schwenkbewegungen und unnötiges Umsetzen von Materialien vermieden werden.
- (4) Statische und sicherheitstechnische Voraussetzungen
- Die Tragfähigkeit der Geschosdecke muss im Hinblick auf die hohen Gewichte von Versetzhilfen und Steinlasten geprüft und ggf. durch Stützen sichergestellt werden.
 - Bodenaussparungen müssen so abgedeckt werden, dass sie von Versetzgeräten sicher überfahren werden können.
- (5) Planvorlauf und Materialversorgung
- Die mit dem Einsatz von Versetzhilfen verbundene höhere Bauleistung erfordert eine kontinuierliche Materialversorgung. Engpässe in der Materiallieferung, und unvollständige Verlegepläne oder Planänderungen führen zu Stillstand mit Folgen für die Wirtschaftlichkeit.
- (6) Abstimmung mit anderen Bereichen der Baustelle
- Für das Umsetzen der Versetzhilfen und zur Materialversorgung sollte ein Turmdrehkran verfügbar sein. Dies erfordert eine Koordinierung mit anderen Nutzern.

(7) Qualifikation des Personals

- Die Handhabung der Versetzhilfen ist leicht erlernbar. In den Ausbildungszentren wird sie den Auszubildenden überwiegend bereits vermittelt. Eine Zusatzqualifikation zum Bedienen der Versetzgeräte ist nicht erforderlich.
- Die Beschäftigten müssen Grundrißpläne verstehen und Verlegepläne selbständig umsetzen können.
- Eine gründliche Unterweisung in das Arbeitsverfahren ist notwendig. Sie sollte auch über die ergonomischen Besonderheiten und Vorteile der Versetzhilfen informieren.
- Bei der Unterweisung muss eine Einweisung in das jeweils eingesetzte Versetzgerät erfolgen.
- Zu empfehlen ist, mehrere Beschäftigte zur Arbeit mit Versetzgeräten zu befähigen, um bei Personalausfall Stillstandzeiten zu vermeiden.
- Nach der erstmaligen Unterweisung sollten die Beschäftigten genügend Zeit erhalten, um sich mit dem Verfahren vertraut zu machen.
- Ältere Maurer haben durch die Tätigkeit an Versetzhilfen bessere Chancen im Beruf zu bleiben.

8.3 Wirtschaftliche Schlußfolgerungen zum Einsatz von Versetzhilfen

- (1) Die Arbeitszeitwerte der Steinhersteller, die zum Einsatz von Versetzhilfen als Richtwerte vorgegeben werden, konnten auf den Baustellen bestätigt werden.
- (2) Die Arbeitsvorbereitung, die Einweisung der Beschäftigten in das Versetzgerät sowie die Routine beim Arbeiten mit Versetzgeräten sind elementare Voraussetzungen für den wirtschaftlichen Erfolg. Werden diese Faktoren ausreichend berücksichtigt, dann können die Arbeitszeitwerte und die Lohnkosten beim Arbeiten mit Versetzhilfen reduziert werden.
- (3) Die Anschaffungskosten der Versetzgeräte lassen sich bei häufigem bis regelmäßigem Einsatz schnell kompensieren.
- (4) Großformatige Steine und Planelemente sind in Verbindung mit Versetzhilfen sowohl der maschinellen Verarbeitung kleinerer Steine als auch dem manuellen Mauern aus wirtschaftlichen Gesichtspunkten überlegen.

9. Literaturhinweis

ARBOUW (1997): Arbouw Foundation Guidelines on Physical Workload for the Construction Industry. Amsterdam.

ARGO: ELLIEHAUSEN et al. 2002, HARTMANN 2003

BUSCH R, ELLIEHAUSEN HJ, FRANK K, GRAEBER A, HEGYI E, LANGE HJ, MARIAN B, URBAN KD, WIMMEL F (1993): Frühwarnsystem für die arbeitsmedizinische Betreuung insbesondere von Klein- und Mittelbetrieben. Arbeitsgemeinschaft der Bau-Berufsgenossenschaften. Frankfurt am Main.

COOK TM, ROSECRANCE JC, ZIMMERMANN CT (1996): The University of Iowa Construction Survey. Biomechanics and Ergonomic facility. The University of Iowa.

DEBITZ U, GRUBER H, RICHTER G (2001): Psychische Gesundheit am Arbeitsplatz – Teil 2: Erkennen, Beurteilen und Verhüten von Fehlbeanspruchungen. Bochum. Verlag Technik & Information.

DIN EN 1005-2 „Manuelle Handhabung von Gegenständen in Verbindung mit Maschinen und Maschinenteilen“

DIN EN 1005-4 „Menschliche körperliche Leistung – Bewertung von Körperhaltungen bei der Arbeit an Maschinen“

DRUPP M, ELLIEHAUSEN HJ, FRITZSCHE A, JUSTUS M, KONERDING J, KRAUSE W, PAVLOVSKY B, SCHOTT S, SEIDEL D (2002): Arbeitsbedingte Gesundheitsgefahren in der Bauwirtschaft - ArGO, Abschlussbericht, Bau-Berufsgenossenschaft Hannover

ENGHOLM G, ENGLUND A (1993): Ohälsa, belastningar och arbetsmiljöproblem i om byggbranchen (Health, workload and working environment in the construction industry) Bygghälsan HK, Danderyd, Sweden.

FLEISCHER AG, BECKER G, GRÜNWALD C, HARTL L, HARTMANN B, STEINBOCK D (2000): Vergleichende Analyse der körperlichen Belastungsstruktur von Bauarbeitern. Forschungsbericht. Universität Hamburg und Arbeitsgemeinschaft der Bau-Berufsgenossenschaften. Frankfurt am Main.

FLEISCHER AG, BECKER G, GRÜNWALD C, HARTL L, HARTMANN B, STEINBOCK D (2003): Vergleichende Analyse der körperlichen Belastungsstrukturen von Bauarbeitern. Final report. Bau-Berufsgenossenschaften and HVBC. Stankt Augustin.

FLEISCHER AG, BECKER G, GRÜNWALD C, HARTMANN B (2002): Belastungsstruktur von Maurern. Arbeitsmed. Sozialmed. Umweltmed. 37: 160 – 173.

FRAUENDORF H, KOBRYN U, GELBRICH W (1990): Blutdruck- und Herzschlagfrequenzverhalten bei fünf verschiedenen Formen dynamischer Muskelarbeit. Z Arbeitswiss. 44: 214-216

HARTMANN B (2001): Ursachen und Folgen von Rückenschmerzen in Berufen der Bauwirtschaft. Die Säule 11 (2): 6 – 10.

HARTMANN B (2001): Gibt es das richtige ergonomische Heben? Die Säule 11 (2): 16 – 20.

HARTMANN B (2001): Rückenschmerzen und Berufstätigkeit. In: Arbeitsmedizin aktuell. 48. Lieferung. 8.5: S 1 - 22. Stuttgart. Urban & Fischer.

HARTMANN, B. & GÜTSCHOW, S. (2003): Topographie der Rückenschmerzen und Gelenkbeschwerden bei Bauarbeitern - Arbeitsmedizinische Studie. Schriftenreihe Arbeitssicherheit und Arbeitsmedizin in der Bauwirtschaft - Band 15. - Berufsgenossenschaften der Bauwirtschaft. Frankfurt am Main.

HOFFMANN G, KLIMMER F, KYLIAN H, LUTTKE-NYMPHIUS M, SCHMIDT KH, SEEBER A, HEUER H (1998): Gesundheitsgefahren bei Maurern. Abschlußbericht. Schriftenreihe Arbeitssicherheit und Arbeitsmedizin in der Bauwirtschaft - Heft 13. Frankfurt am Main.

JÄGER M, LUTTMANN A (1994): Biomechanische Beurteilung der Belastung der Wirbelsäule beim Handhaben von Lasten. In: Der medizinische Sachverständige 90 (5), 160 - 164.

KAISER G, LINKE-KAISER G (1991): Verbesserung der Arbeitsbedingungen im Mauerwerksbau - Sonderdruck der Bau-Berufsgenossenschaften. Frankfurt am Main.

KYLIAN H, KLIMMER F, LUTTKE-NYMPHIUS M, SCHMIDT KH, SEEBER A (1990): Physiologische Parameter und muskuloskeletale Beschwerden beim Vermauern großformatiger Steine von Hand und mit Versetzhilfen. Verh Dtsch Gesellsch Arbeitsmed 30: 159 – 164.

LAURIG G; GERHARD L, LUTTMANN A, JÄGER M, NAU HE (1985): Untersuchungen zum Gesundheitsrisiko beim Heben schwerer Lasten im Baugewerbe: Schriftenreihe der Bundesanstalt für Arbeitsschutz, Fb 409. Wirtschaftsverlag. Bremerhaven.

LEITLINIE „Nutzung der Herzschlagfrequenz bei arbeitswissenschaftlichen Untersuchungen“, Deutsche Gesellschaft für Arbeitsmedizin und Umweltmedizin e. V. (DGAUM - Stand 05/2000) .Erarbeitet von: Frauendorf H., Pfister E, Ulmer H-V, Wirth D

PRÜMPER J; HARTMANNSTRUBER K, FRESE M (1995): KFZA – Kurzfragebogen zur Arbeitsanalyse. Zeitschrift für Arbeits- und Organisationspsychologie 39: 125 – 132.

RICHTER G (2001): Psychische Belastung und Beanspruchung – Streß, psychische Ermüdung, Monotonie, psychische Sättigung. Schriftenreihe der Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin. Fa 36. Wirtschaftsverlag. Bremerhaven.

10. Anhang



Nr.1 - HH-Bahrenfeld



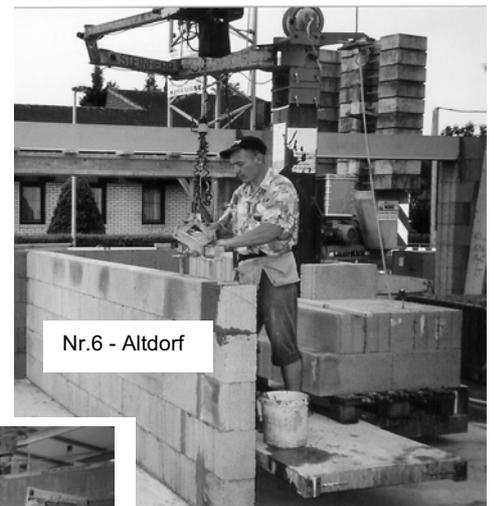
Nr.2 - HH-Allermöhe



Nr.3 - Bünde



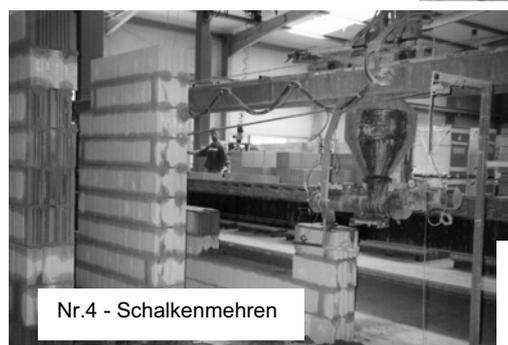
Nr.5 - Braunschweig



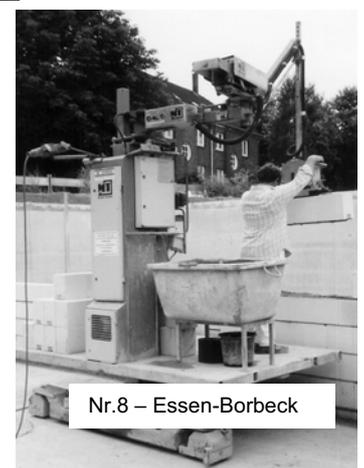
Nr.6 - Altdorf



Nr.7 - Bönningheim



Nr.4 - Schalkenmehren



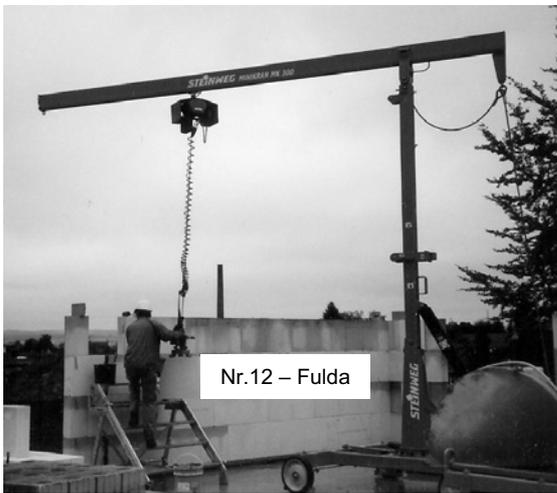
Nr.8 - Essen-Borbeck



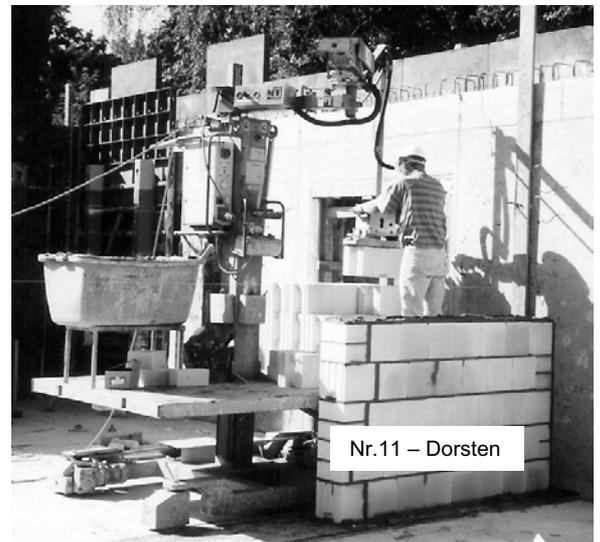
Nr.9 - Kassel-Korbach



Nr.10 - Lüneburg



Nr.12 - Fulda



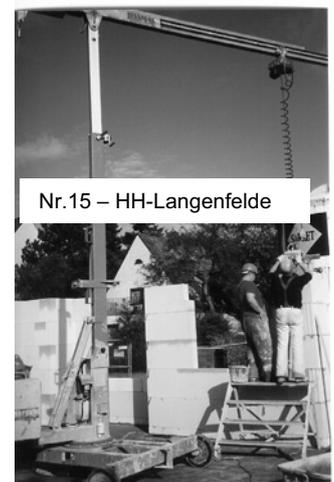
Nr.11 - Dorsten



Nr.13 - Münchingen



Nr.14 - Holzgerlingen

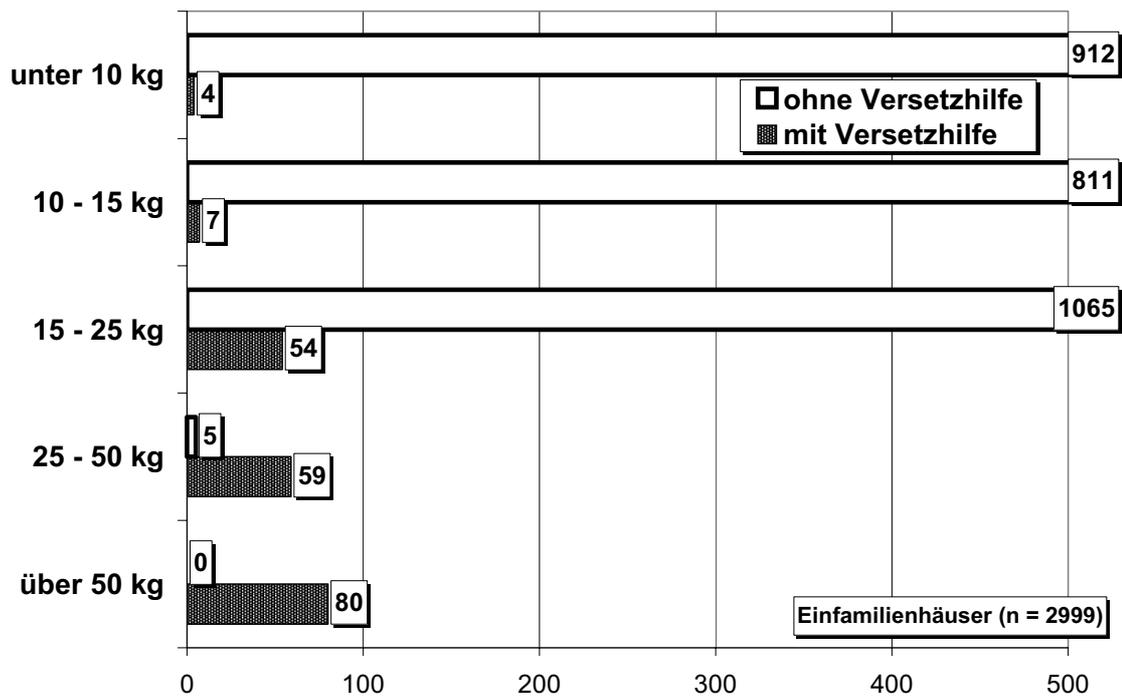


Nr.15 - HH-Langensfelde

Anhang zu: 2.3.2 – Schwerpunktaktion Bockgerüste 2002

Vorgefundene Bauobjekte

Weitere Auswertungen, z.B. über die Verteilung der Steinarten und Gewichte sowie den dabei angetroffenen Einsatz der Verlegehilfen zeigen bei Einfamilienhäusern folgendes Bild:

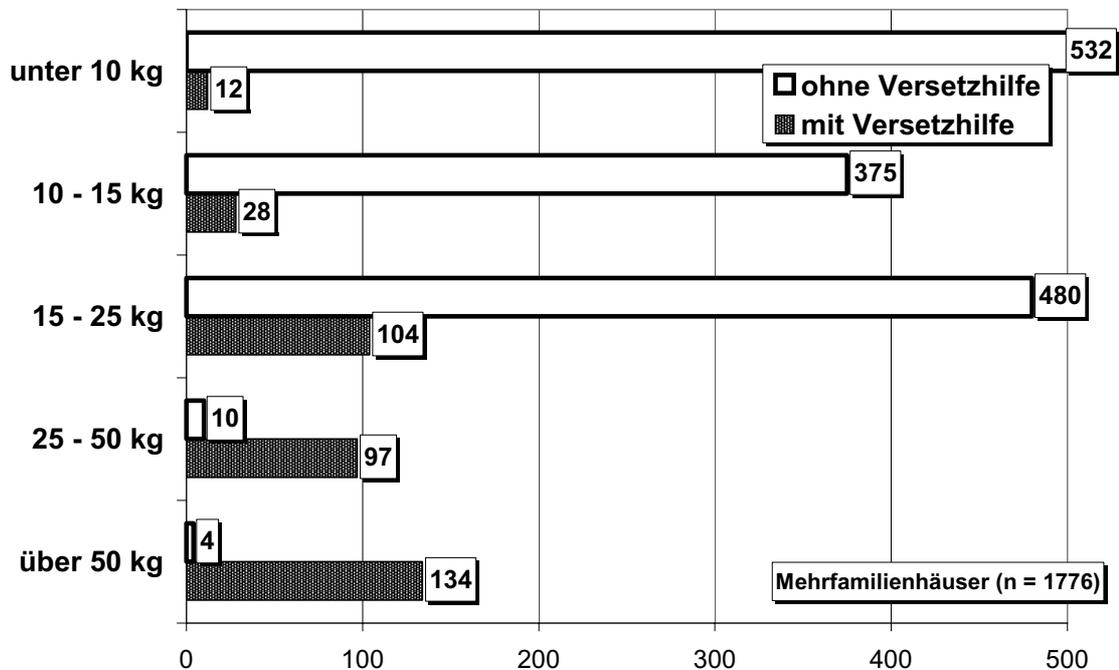


Einsatz von Versetzhilfen bei Einfamilienhäusern unter Berücksichtigung der Steingewichte

- Von insgesamt 2999 Einfamilienhäusern wurden 6,8% (204 Häuser) mit Versetzhilfen errichtet.
- Bei 68,1% der Einfamilienhäuser, die Steine über 25 kg verarbeiteten, wurden Versetzhilfen zur Herstellung verwendet.
- 31,9% der Steine unter 25 kg wurden mit Hand vermauert.
- Am häufigsten wurden Ziegelsteine verwendet (1673x), gefolgt von Kalksandsteinen (765x) und Leichtbetonsteinen (561x).

Anhang zu: 2.3.2 – Schwerpunktaktion Bockgerüste 2002

Die Verteilung der Steinarten und Gewichte sowie der dabei angetroffene Einsatz der Versetzhilfen stellen sich bei Mehrfamilienhäusern folgendermaßen dar:

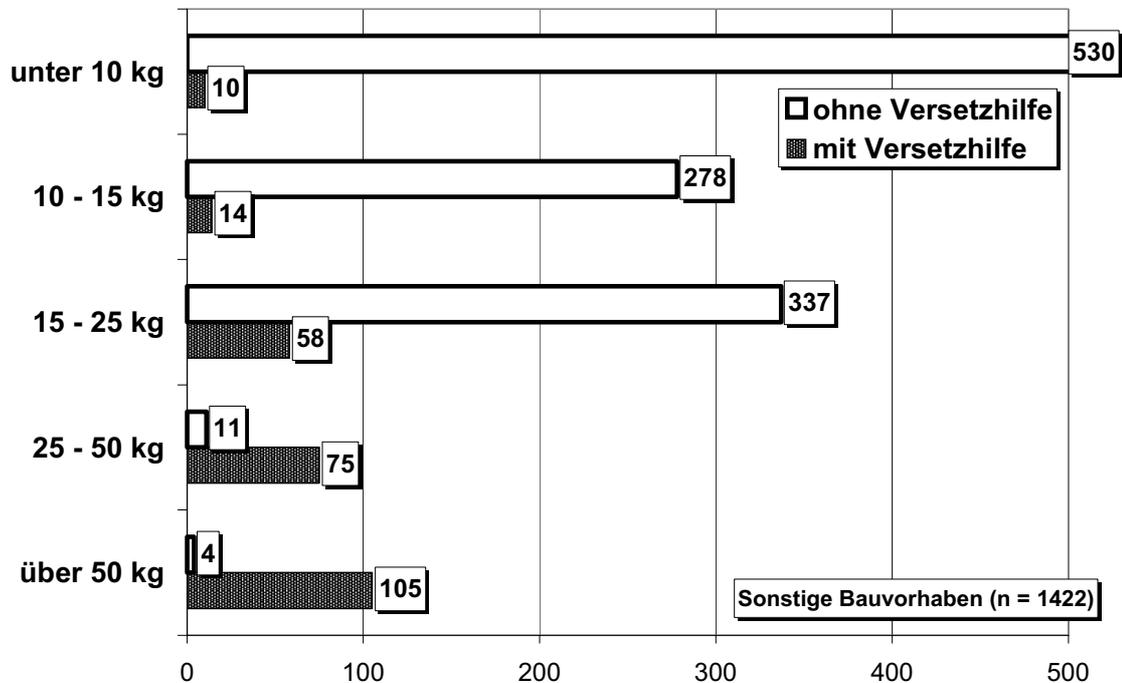


Einsatz von Versetzhilfen bei Mehrfamilienhäusern unter Berücksichtigung der Steingewichte

- Von insgesamt 1776 Mehrfamilienhäusern wurden 21% (375 Häuser) mit Versetzhilfen errichtet.
- Bei 61,6% der Mehrfamilienhäuser, die Steine über 25 kg verarbeiteten, wurden zum Transport Versetzhilfen verwendet.
- 38,4% der Steine unter 25 kg wurden mit Hand vermauert.
- Am häufigsten wurden Ziegelsteine verwendet (825x), gefolgt von Kalksandsteinen (730x) und Leichtbetonsteinen (221x).

Anhang zu: 2.3.2 – Schwerpunktaktion Bockgerüste 2002

Bei den sonstigen Bauvorhaben zeigt die Verteilung der Steinarten und Gewichte sowie der dabei angetroffene Einsatz der Versetzhilfen folgendes Bild:



Einsatz von Versetzhilfen bei Sonstigen Bauvorhaben unter Berücksichtigung der Steingewichte

- Von insgesamt 1422 Sonstigen Bauvorhaben wurden 18,4% (262 Häuser) mit Versetzhilfen erstellt.
- Bei 68,7% der Bauvorhaben, die Steine über 25 kg verarbeiteten, wurden zum Transport Versetzhilfen eingesetzt.
- 31,3% der Steine unter 25 kg wurden mit Hand verarbeitet.
- Am häufigsten wurden Kalksandsteine vermauert (699x), gefolgt von Ziegelsteinen (537x) und Leichtbetonsteinen (186x).

Fazit

Am häufigsten wurden Einfamilienhäuser (48%) errichtet, gefolgt von Mehrfamilienhäusern (29%) und sonstigen Bauvorhaben (23%).

Versetzhilfen kamen am häufigsten bei Mehrfamilienhäusern (21%) zum Einsatz, gefolgt von Sonstigen Bauvorhaben (18%) und von Einfamilienhäusern (7%).

Anhang zu: 4.2 – Belastungs- und Beanspruchungsanalyse

BORG-Skala

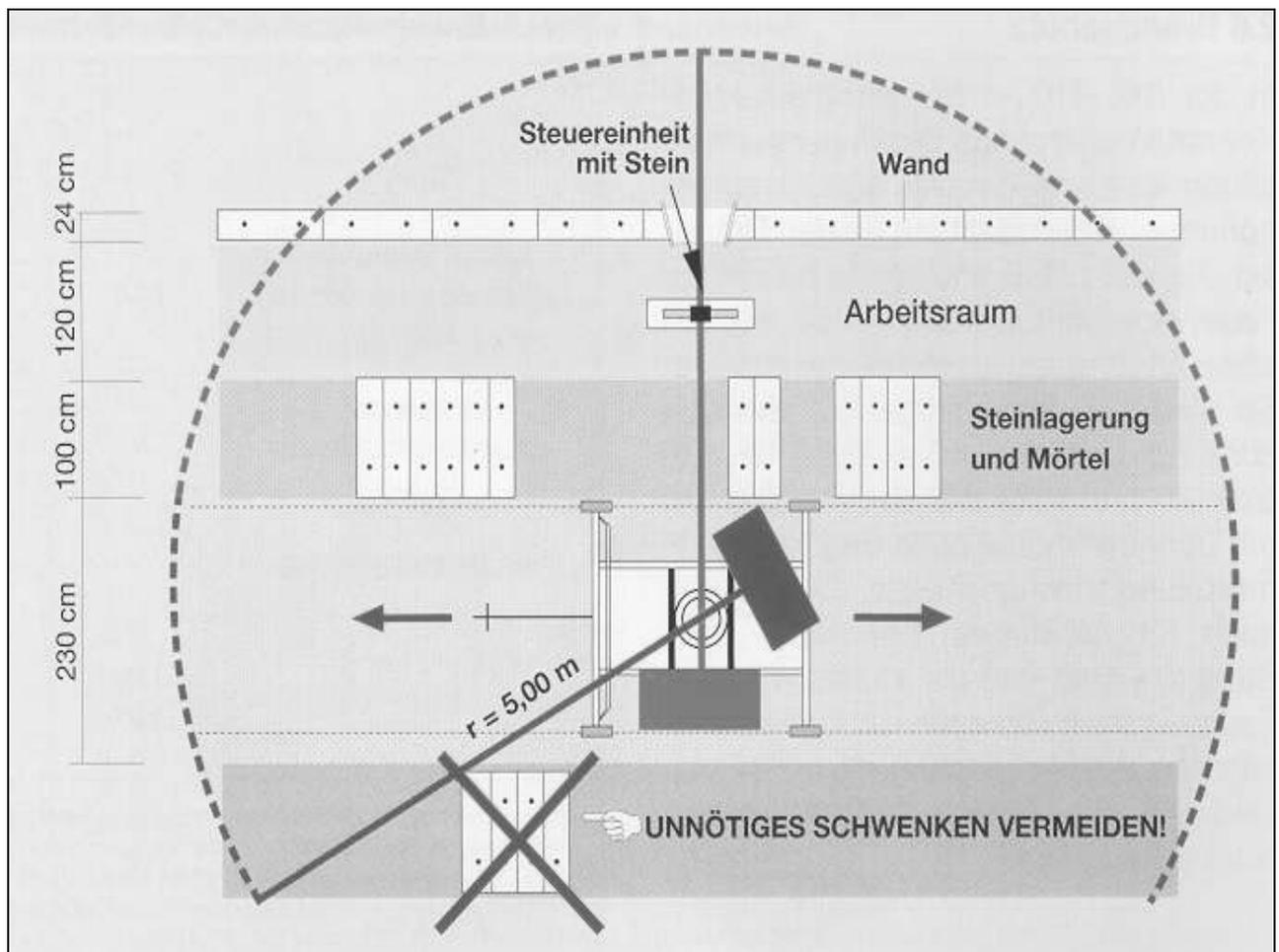
	Anstrengungsgrad	Wert
	.....	6
	Sehr sehr leicht	7
	.....	8
	Sehr leicht	9
	.....	10
	Recht leicht	11
	.....	12
	Etwas anstrengend	13
	.....	14
	Anstrengend	15
	.....	16
	Sehr anstrengend	17
	.....	18
	Sehr sehr anstrengend	19
	.....	20

Anhang zu: **4.3 – Untersuchung der Organisation und sicherheitstechnischen Voraussetzungen auf der Baustelle**

Optimierte Anordnung von Material und Gerät

- Gerätefahrtrassen freihalten
- Materialversorgung auf den Geschossebenen optimieren
- Umsetzen von Steinpaketen auf den Geschossebenen optimieren
- Zwischenlager vorsehen

Minikran

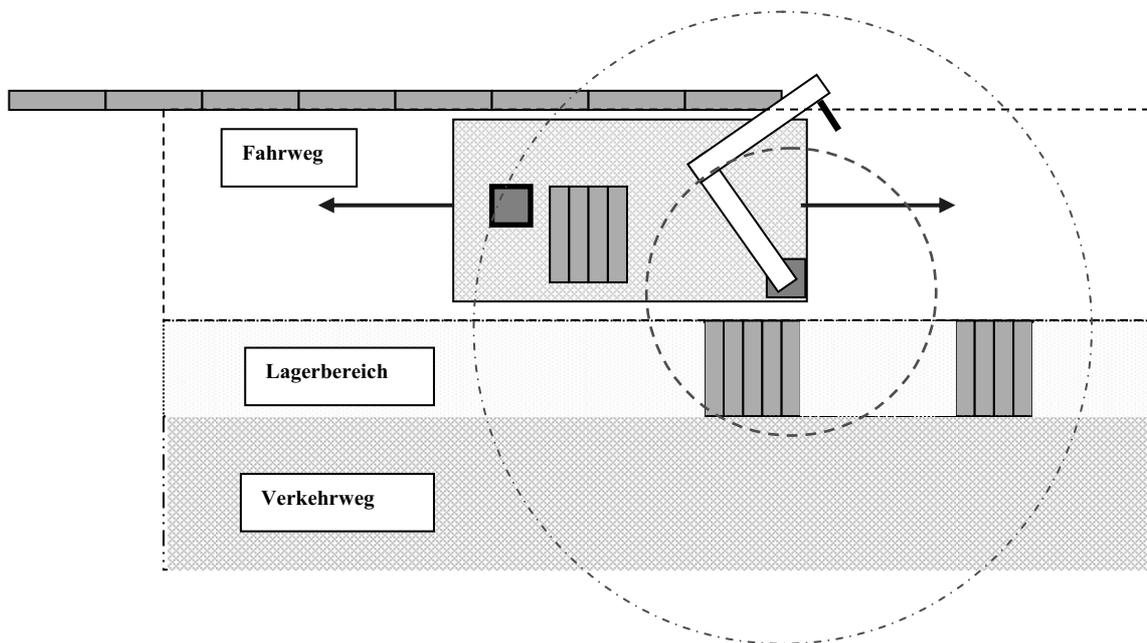


Anhang zu: **4.3 – Untersuchung der Organisation und sicherheitstechnischen Voraussetzungen auf der Baustelle**

Optimierte Anordnung von Material und Gerät

- Gerätefahrtrassen freihalten
- Materialversorgung auf den Geschossebenen optimieren
- Umsetzen von Steinpaketen auf den Geschossebenen optimieren
- Zwischenlager vorsehen

Mauermaschine



Anhang zu: 4.5.1 – Kostenermittlung für das Mauern mit Versetzhilfen

Ermittelte Kosten für das Erstellen unterschiedlicher Wandstärken mit Minikran:

Baustelle	Materialkosten	Lohnkosten	Maschinenkosten	Gesamtkosten
Nr. 1	16,18	13,32	1,45	30,95
Nr. 2	16,18	10,68	1,32	28,18
Nr. 3	16,18	18,52	2,20	36,90
Nr. 5	16,18	11,99	1,11	29,28
Nr. 10	16,18	17,35	1,97	35,50
Nr. 12	16,18	8,36	2,04	26,58
Nr. 13	16,18	8,71	1,53	26,42
Nr. 15	16,18	9,00	1,30	26,48

Wandstärke 11,5 cm mit Minikran

Baustelle	Materialkosten	Lohnkosten	Maschinenkosten	Gesamtkosten
Nr. 1	19,30	13,32	1,45	34,07
Nr. 2	19,30	10,68	1,32	31,30
Nr. 3	19,30	18,52	2,20	40,02
Nr. 5	19,30	11,99	1,11	32,40
Nr. 10	19,30	17,35	1,97	38,62
Nr. 12	19,30	8,36	2,04	29,70
Nr. 13	19,30	8,71	1,53	29,54
Nr. 15	19,30	9,00	1,30	29,60

Wandstärke 17,5 cm mit Minikran

Baustelle	Materialkosten	Lohnkosten	Maschinenkosten	Gesamtkosten
Nr. 1	25,74	13,32	1,45	40,51
Nr. 2	25,74	10,68	1,32	37,74
Nr. 3	25,74	18,52	2,20	46,46
Nr. 5	25,74	11,99	1,11	38,84
Nr. 10	25,74	17,35	1,97	45,06
Nr. 12	25,74	8,36	2,04	36,14
Nr. 13	25,74	8,71	1,53	35,98
Nr. 15	25,74	9,00	1,30	36,04

Wandstärke 24,0 cm mit Minikran

Anhang zu: 4.5.1 – Kostenermittlung für das Mauern mit Versetzhilfen

Ermittelte Kosten für das Erstellen unterschiedlicher Wandstärken mit Mauermaschine:

Baustelle	Materialkosten	Lohnkosten	Maschinenkosten	Gesamtkosten
Nr. 8	13,96	13,51	5,21	32,68
Nr. 11	16,18	17,39	6,40	39,97
Nr. 14	16,18	8,90	1,72	26,80

Wandstärke 11,5 cm mit Mauermaschine

Baustelle	Materialkosten	Lohnkosten	Maschinenkosten	Gesamtkosten
Nr. 8	18,30	13,51	5,21	37,02
Nr. 9	19,30	18,83	5,22	43,35
Nr. 11	19,30	17,39	6,40	43,09
Nr. 14	19,30	8,90	1,72	29,92

Wandstärke 17,5 cm mit Mauermaschine

Baustelle	Materialkosten	Lohnkosten	Maschinenkosten	Gesamtkosten
Nr. 8	24,90	13,51	5,21	43,62
Nr. 9	25,74	18,83	5,22	49,79
Nr. 11	25,74	17,39	6,40	49,53
Nr. 14	25,74	8,90	1,72	36,36

Wandstärke 24,0 cm mit Mauermaschine

Baustelle	Materialkosten	Lohnkosten	Maschinenkosten	Gesamtkosten
Nr. 9	32,16	18,83	5,22	56,21

Wandstärke 30,0 cm mit Mauermaschine

Anhang zu: 4.5.1 – Kostenermittlung für das Mauern mit Versetzhilfen

Im folgenden ist eine Kalkulation für eine Musterbaustelle, auf der mit einem Minikran gearbeitet wurde, beispielhaft dargelegt:

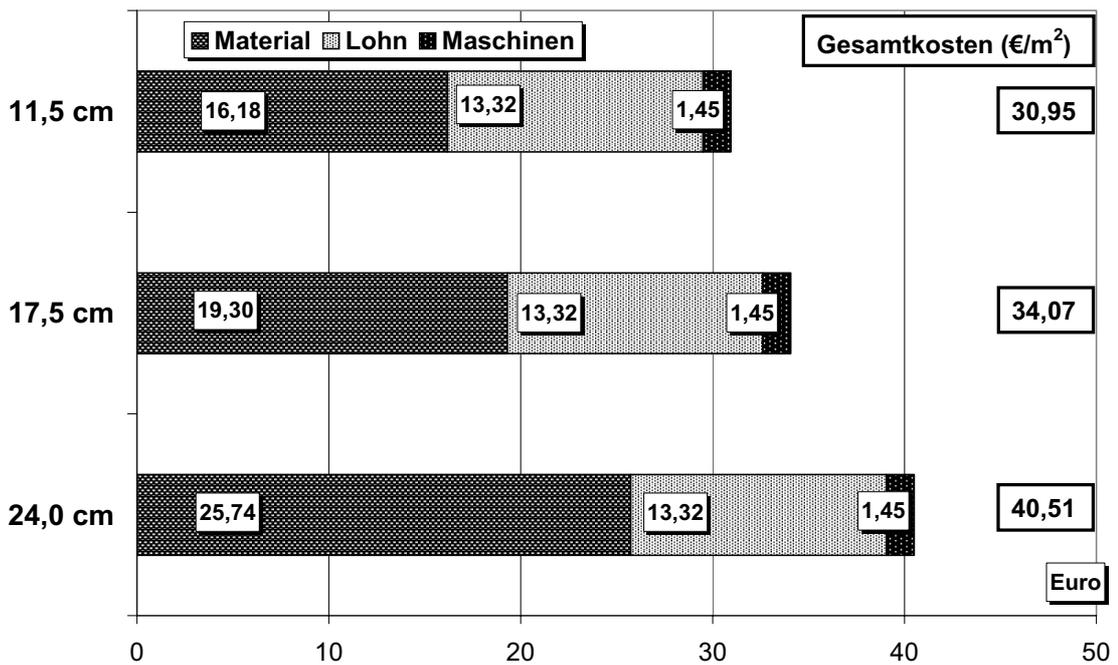
Lohnkosten	Ansatz		Kosten (€)
Kalkulationslohn Maurer	35,00 €/h		
Kalkulationslohn Kranführer	35,00 €/h		
Lohnstunden gesamt	66 h		
Summe			<u>2310,00</u>
Gerätekosten	Ansatz (€/Tag)	Einsatzzeit (Tage)	
Kosten Minikran	22,72	4	90,88
Kosten Turmdrehkran	80,80	2	161,60
Kosten Mauermaschine	61,00	0	0,00
Kosten Steinsäge	15,00	0	0,00
Summe			<u>252,48</u>
Materialkosten			Kosten (€/m²)
Mauerwerk 11,5 cm			16,18
Mauerwerk 17,5 cm			19,30
Mauerwerk 24,0 cm			25,74
Summe			<u>61,22</u>
Betriebskosten			in den Gerätekosten enthalten
Baustelleneinrichtung			vernachlässigt, da auch beim trad. Mauern vorhanden
Leistung Mauerwerk gesamt / m ²			173,45
Lohnkosten / m ²			13,32
Gerätekosten / m ²			1,45
Lohn- und Gerätekosten gesamt / m ²			14,77
Mauerwerk 11,5 cm gesamt			30,95
Mauerwerk 17,5 cm gesamt			34,07
Mauerwerk 24,0 cm gesamt			40,51

Kalkulationsbeispiel für Musterbaustelle Nr. 1

Anhang zu: 6.4.3 – Wirtschaftlichkeit

Für die Baustelle Nr.1 mit Minikran zeigt sich folgendes Leistungsverhalten:

Art	Berechnung	Kosten (€)
Leistung gesamt	173,45 m ² Mauerwerke	
Lohnstunden gesamt	66 Std. x 35,00 €	2.310,00
TK-Einsatz	4 Tage x 40,40 €	161,60
Minikran-Einsatz	4 Tage x 22,72 €	90,88
Lohnkosten pro m ²	2.310,00 € : 173,45 m ²	13,32
Gerätekosten pro m ²	252,48 € : 173,45 m ²	1,45
Lohn + Gerätekosten pro m ²		14,77

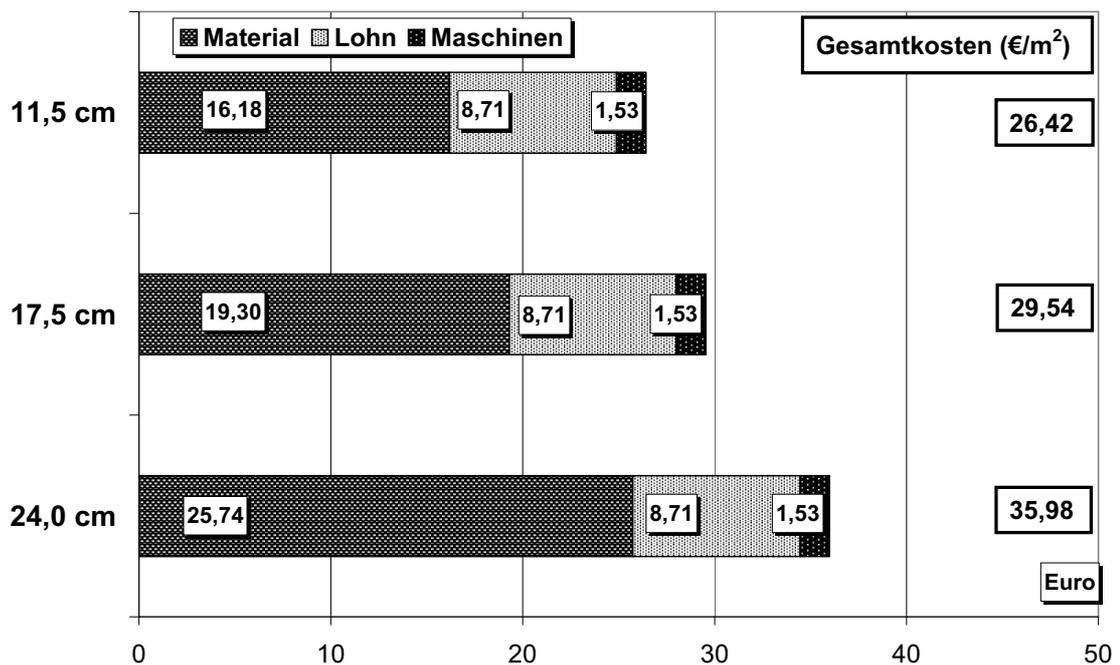


Baustelle Nr. 1 mit Minikran

Anhang zu: 6.4.3 – Wirtschaftlichkeit

Für die Baustelle Nr.13 mit Minikran zeigt sich folgendes Leistungsverhalten:

Art	Berechnung	Kosten (€)
Leistung gesamt	152,7 m ² Mauerwerk	
Lohnstunden gesamt	38 Std. x 35,00 €	1.330,00
TK-Einsatz	3 Tage x 40,40 €	121,20
Minikran-Einsatz	3 Tage x 22,72 €	68,16
Steinsäge	3 Tage x 15,00 €	45,00
Lohnkosten pro m ²	1.330,00 € : 152,7 m ²	8,71
Gerätekosten pro m ²	234,36 € : 152,7 m ²	1,53
Lohn + Gerätekosten pro m ²		9,24

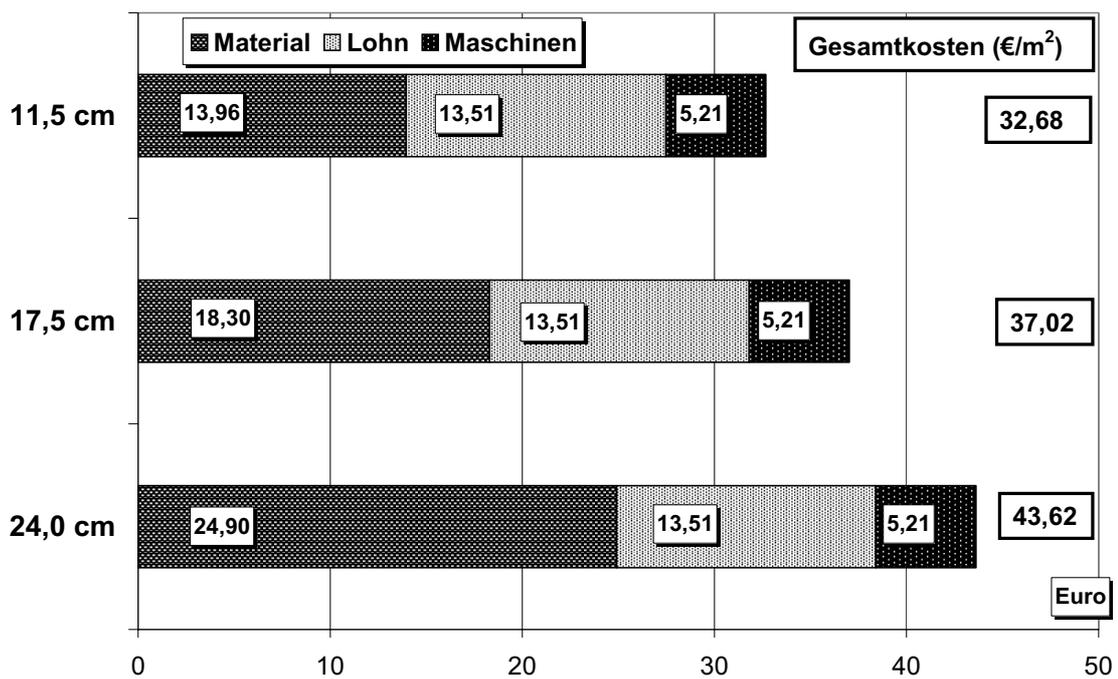


Baustelle Nr.13 mit Minikran

Anhang zu: 6.4.3 – Wirtschaftlichkeit

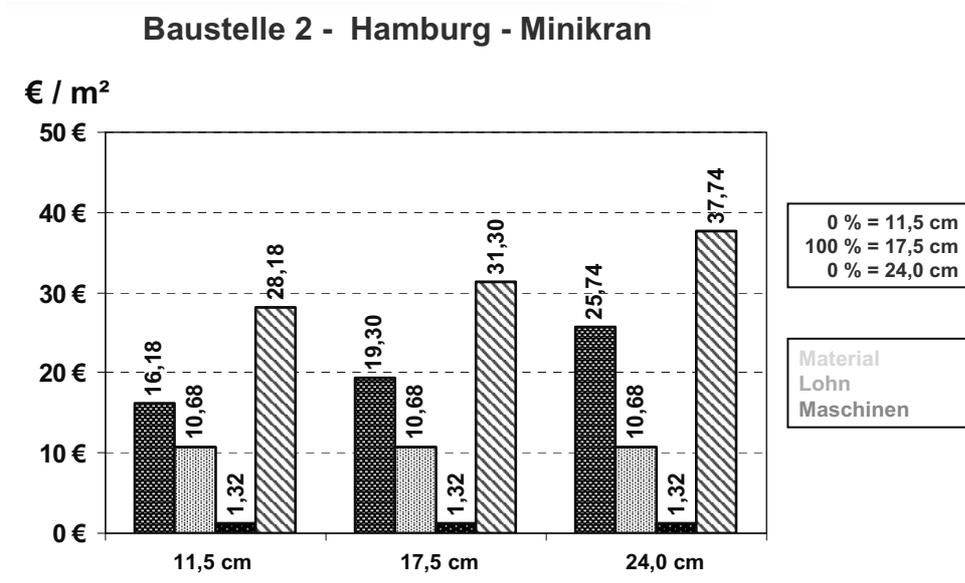
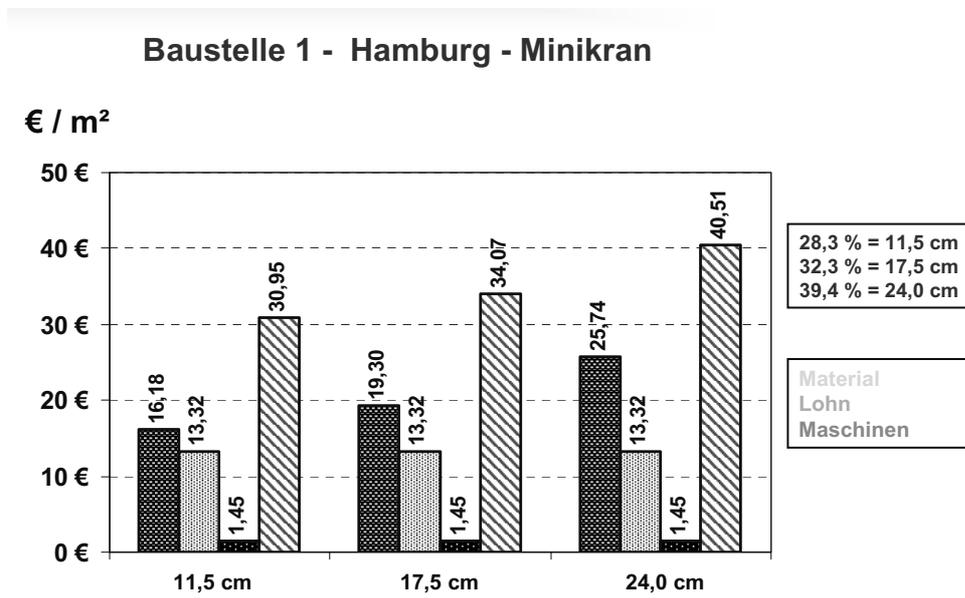
Für die Baustelle Nr.8 mit Mauermaschine zeigt sich folgendes Leistungsverhalten:

Art	Berechnung	Kosten (€)
Leistung gesamt	89,38 m ² Mauerwerk	
Lohnstunden gesamt	34,5 Std. a 35,00 €	1.207,50
TK-Einsatz	4 Tage x 40,40 €	161,60
Mauermaschinen-Einsatz	4 Tage x 61,00 €	244,00
Steinsäge	4 Tage x 15,00 €	60,00
Lohnkosten pro m ²	1.207,50 € : 89,38	13,51
Gerätekosten pro m ²	465,60 € : 89,38	5,21
Lohn + Gerätekosten pro m ²		18,72

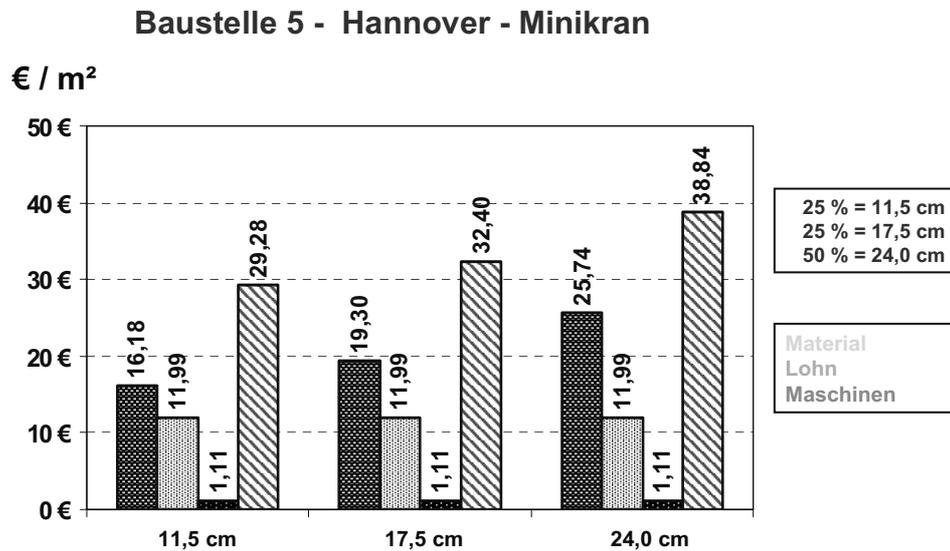
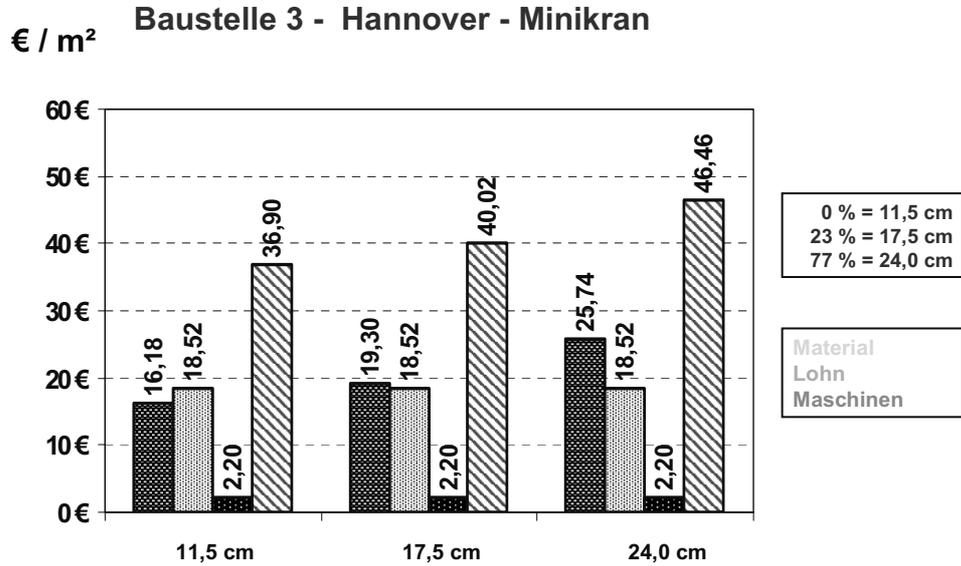


Baustelle Nr.8 mit Mauermaschine

Anhang zu: **6.4.3 – Wirtschaftlichkeit – Darstellung der Einzelkosten**

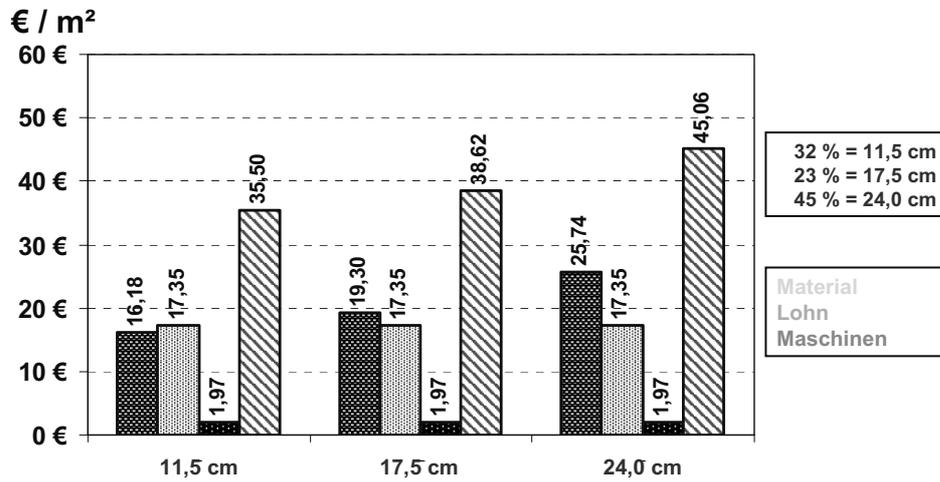


Anhang zu: **6.4.3 – Wirtschaftlichkeit – Darstellung der Einzelkosten**

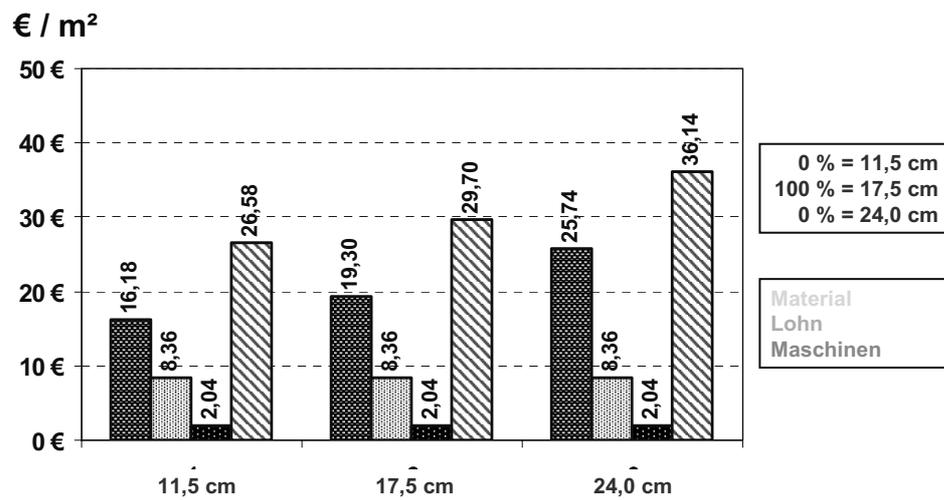


Anhang zu: **6.4.3 – Wirtschaftlichkeit – Darstellung der Einzelkosten**

Baustelle 10 - Hannover - Minikran

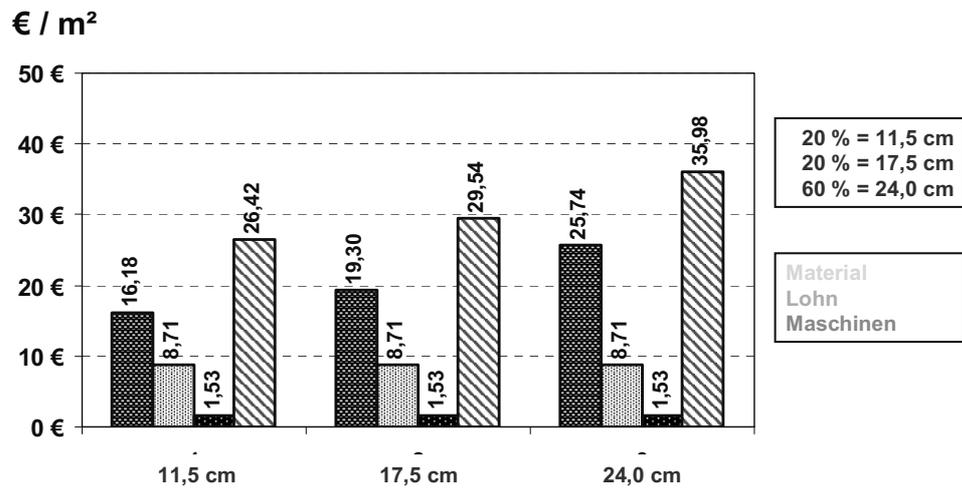


Baustelle 12 - Frankfurt - Minikran

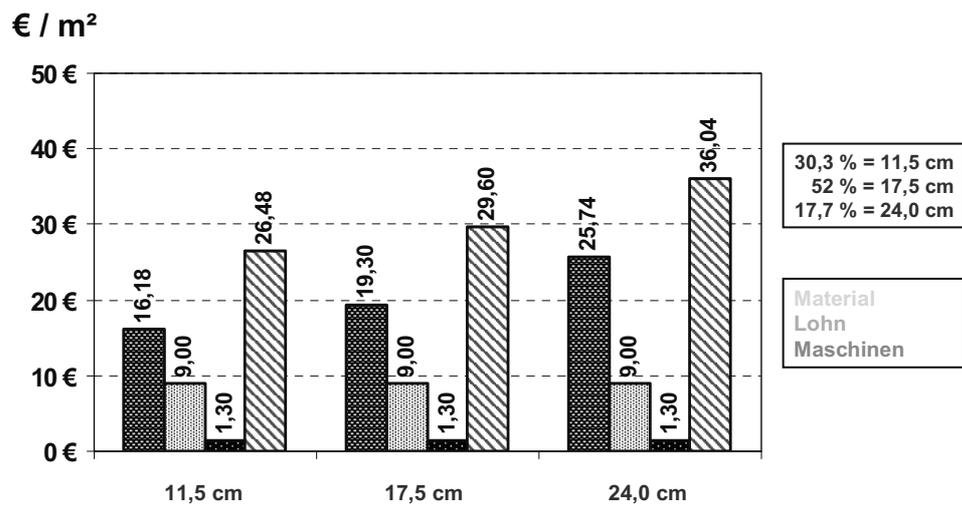


Anhang zu: **6.4.3 – Wirtschaftlichkeit – Darstellung der Einzelkosten**

Baustelle 13 - Württemberg - Minikran

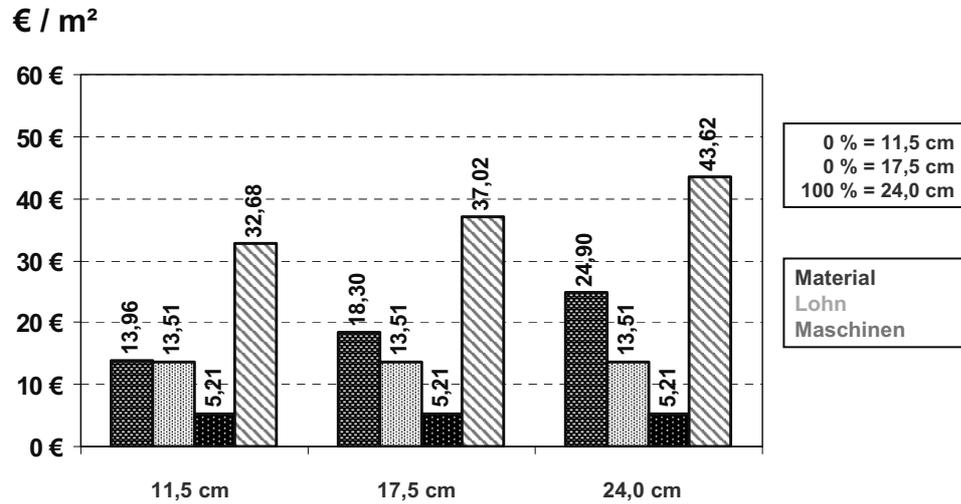


Baustelle 15 - Hamburg - Minikran

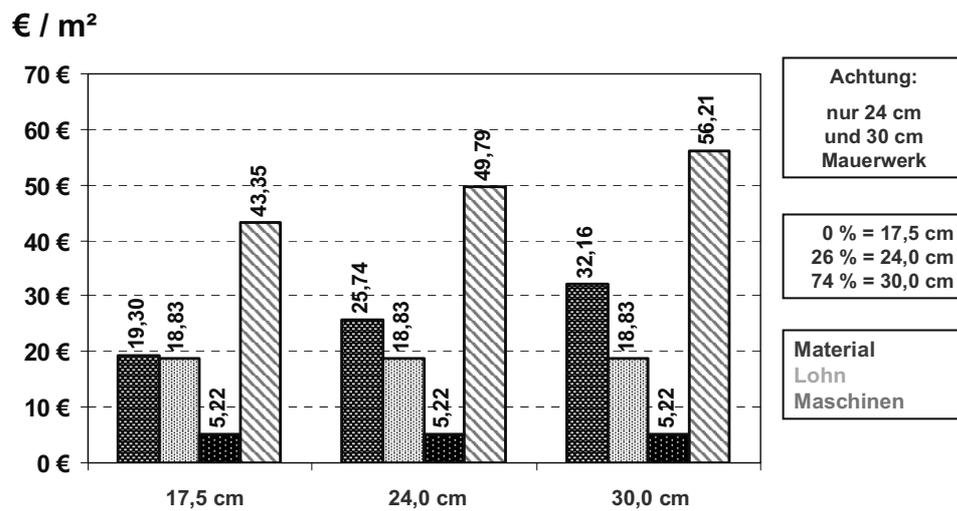


Anhang zu: **6.4.3 – Wirtschaftlichkeit – Darstellung der Einzelkosten**

Baustelle 8 - Rheinland und Westfalen - Mauermaschine

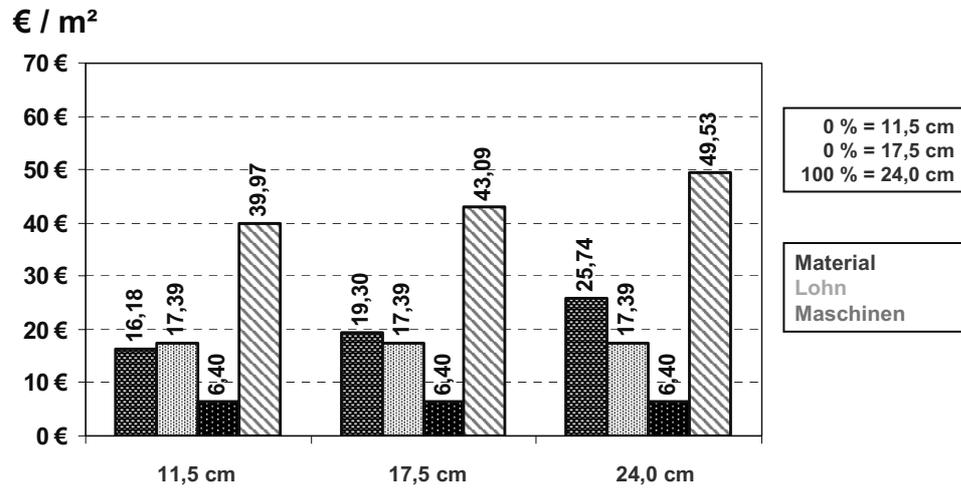


Baustelle 9 - Frankfurt - Mauermaschine

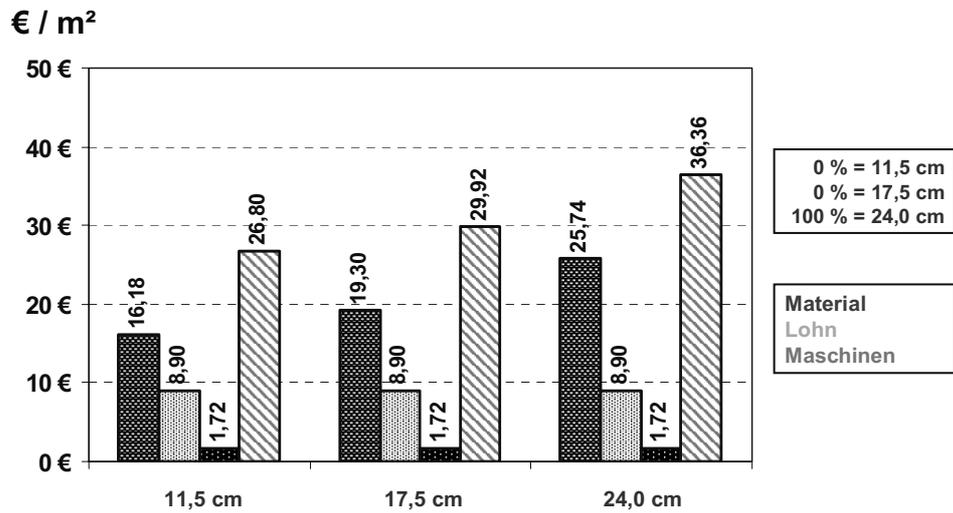


Anhang zu: **6.4.3 – Wirtschaftlichkeit – Darstellung der Einzelkosten**

Baustelle 11 - Rheinland und Westfalen - Mauermaschine

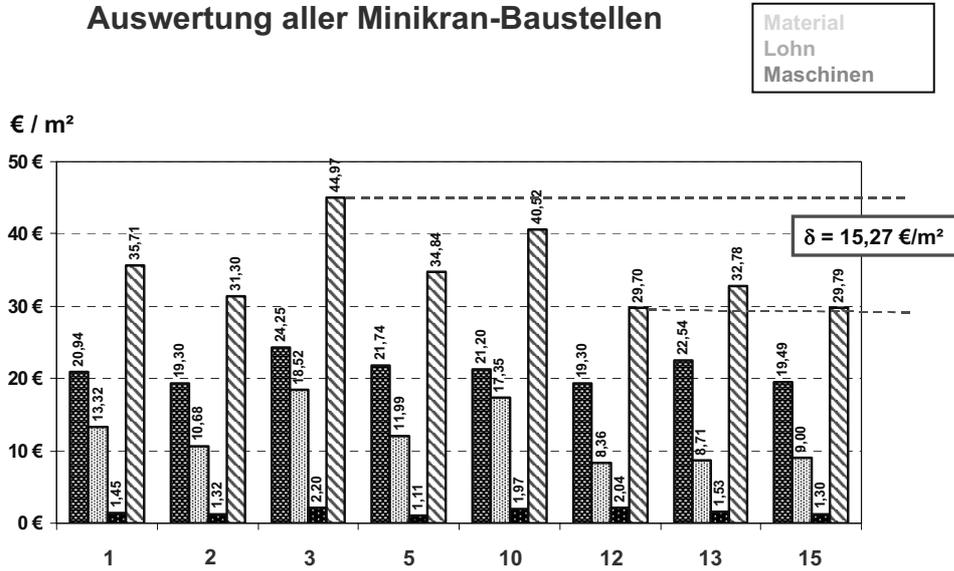


Baustelle 14 - Württemberg - Mauermaschine

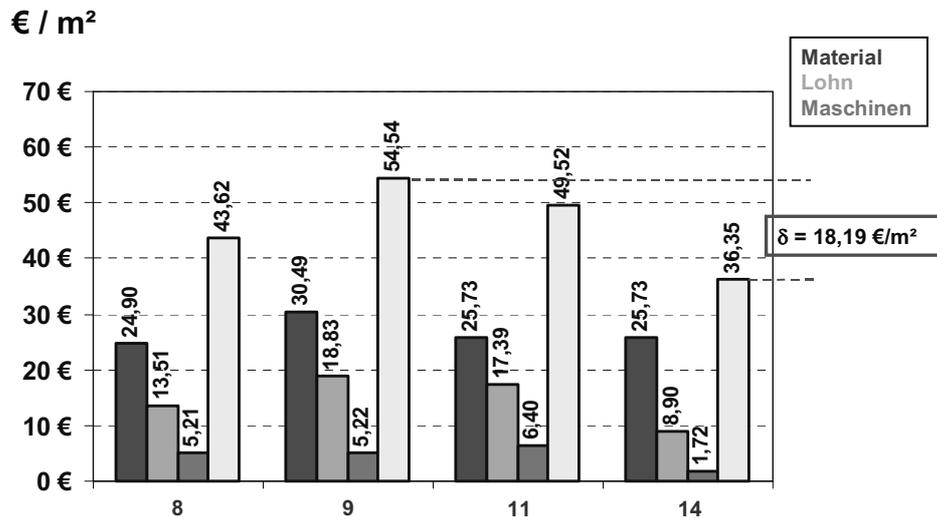


Anhang zu: **6.4.3 – Wirtschaftlichkeit – Darstellung der Kosten**

Auswertung aller Minikran-Baustellen



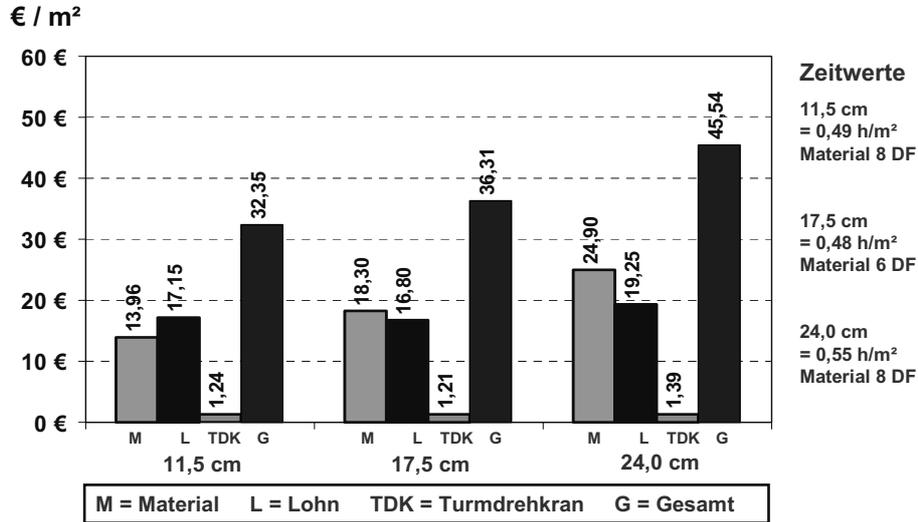
Auswertung aller Mauermaschinenbaustellen



Anhang zu: **6.4.3 – Wirtschaftlichkeit – Darstellung der Kosten**

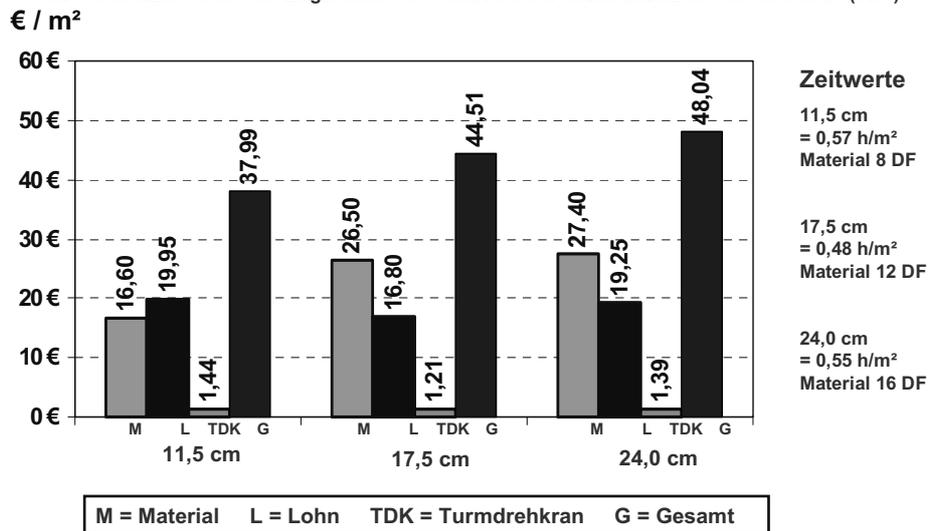
Manuelles Mauerwerk, Zweihand

Nach Arbeitszeitwerten der KS-Industrie mit Kostenansatz für Turmdrehkran (TDK)

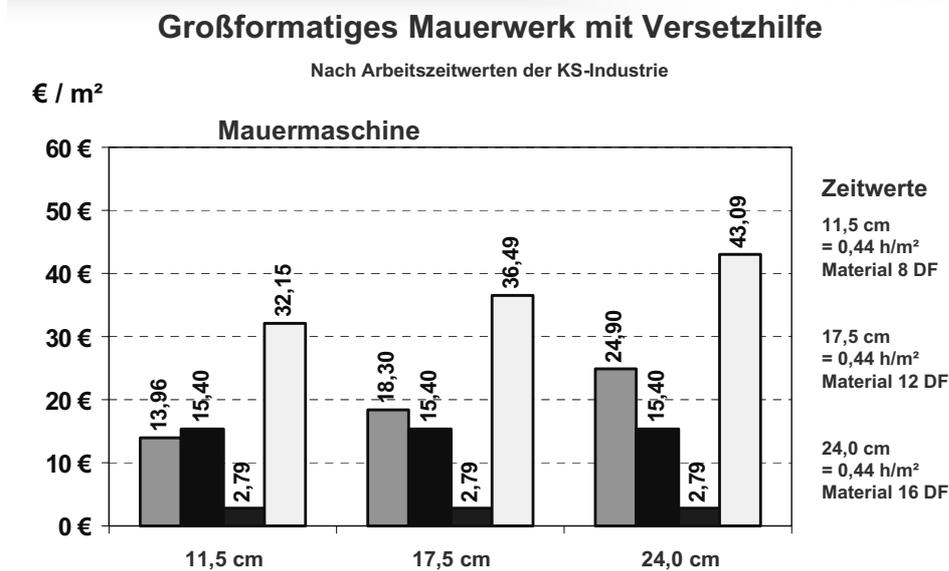
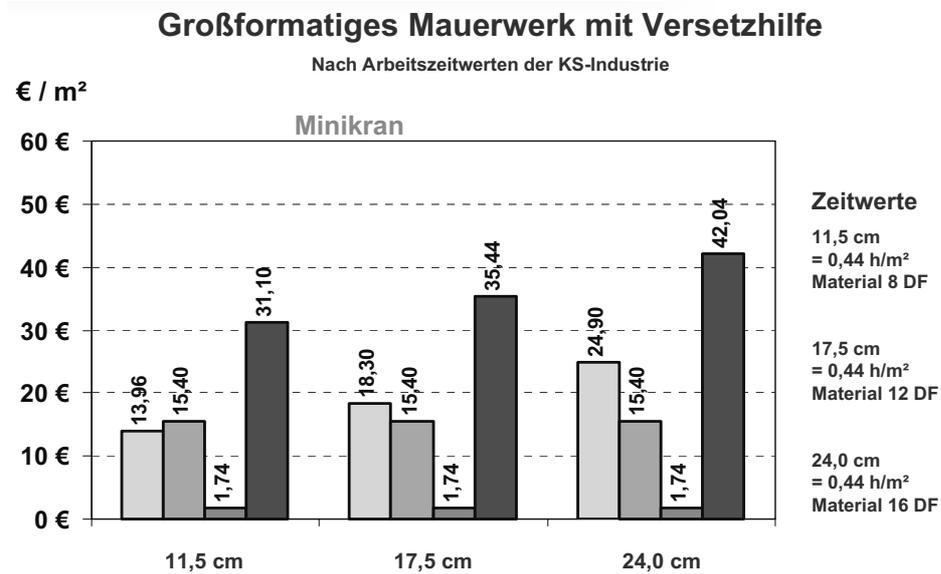


Großformatiges Mauerwerk, manuell

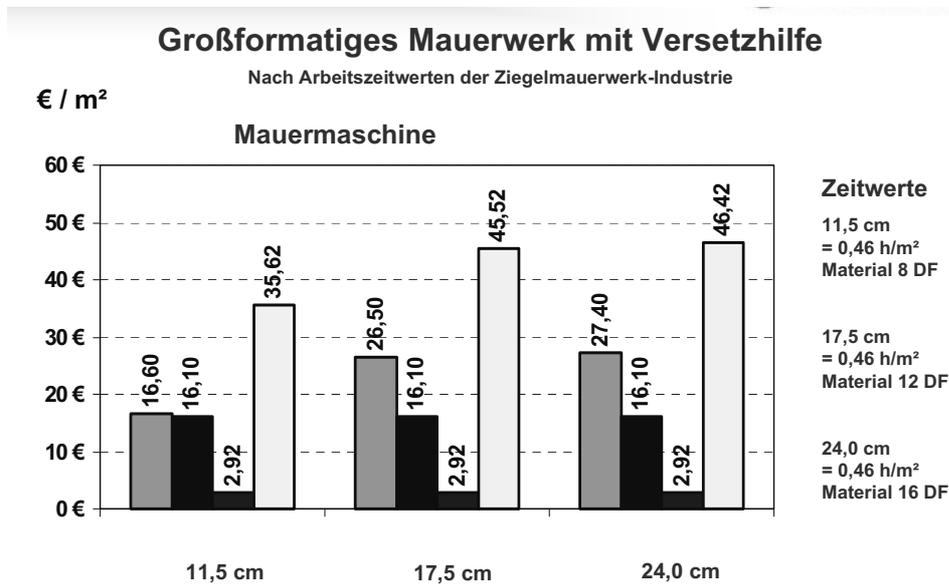
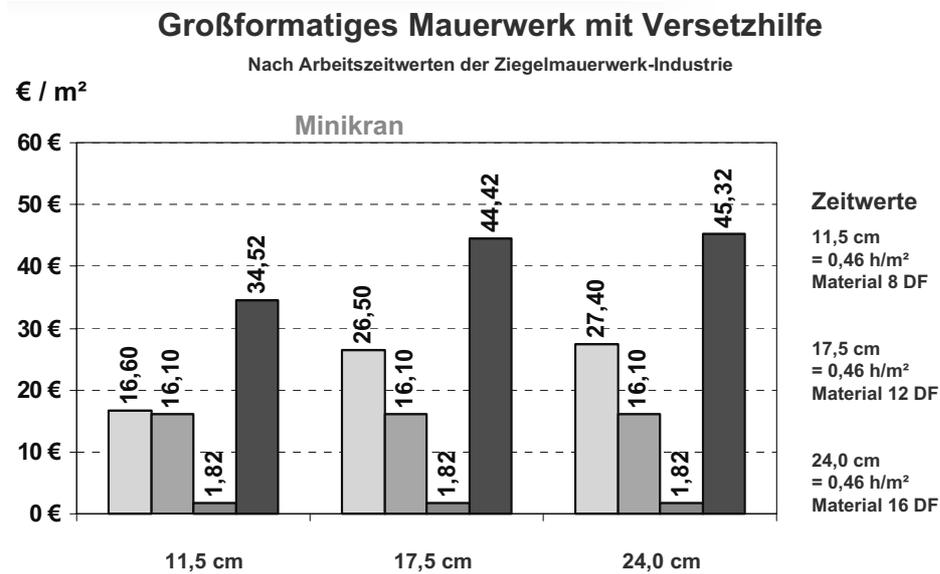
Nach Arbeitszeitwerten der Ziegelmauerwerk-Industrie mit Kostenansatz für Turmdrehkran (TDK)



Anhang zu: **6.4.3 – Wirtschaftlichkeit – Darstellung der Kosten**



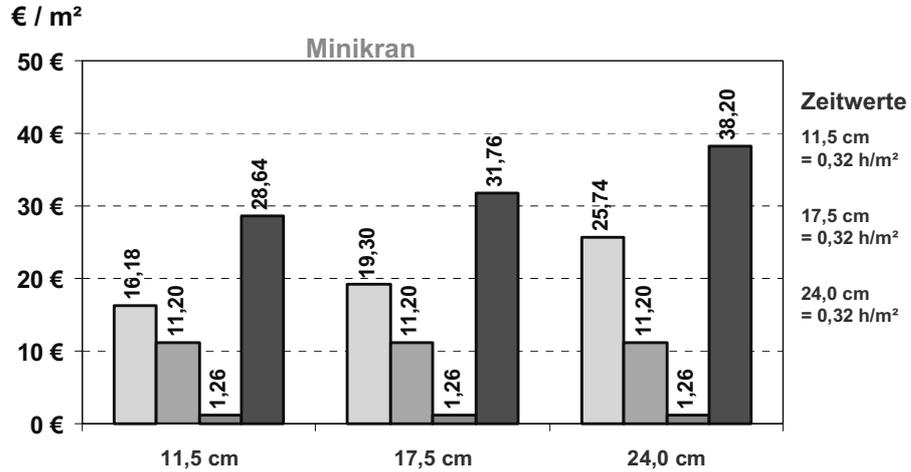
Anhang zu: **6.4.3 – Wirtschaftlichkeit – Darstellung der Kosten**



Anhang zu: **6.4.3 – Wirtschaftlichkeit – Darstellung der Kosten**

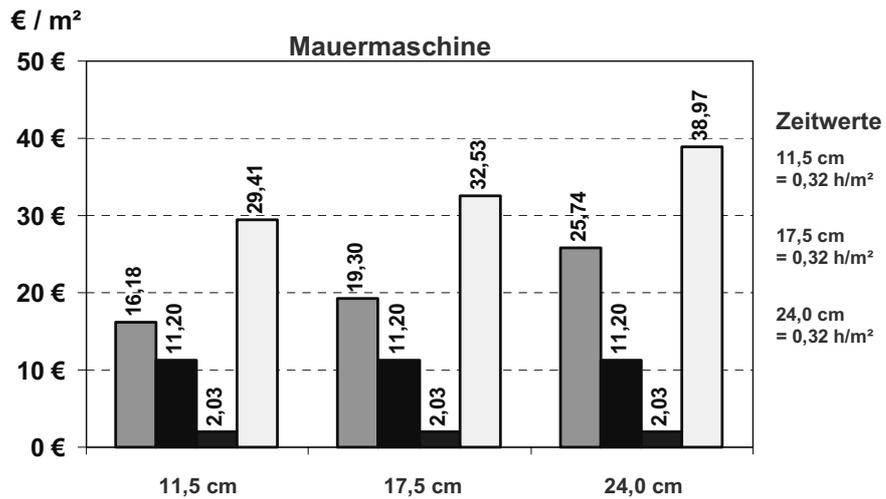
Großformatiges Mauerwerk mit Versetzhilfe

Nach Arbeitszeitwerten der KS-Industrie - Planelemente (H = 623 mm, L = 998 mm)

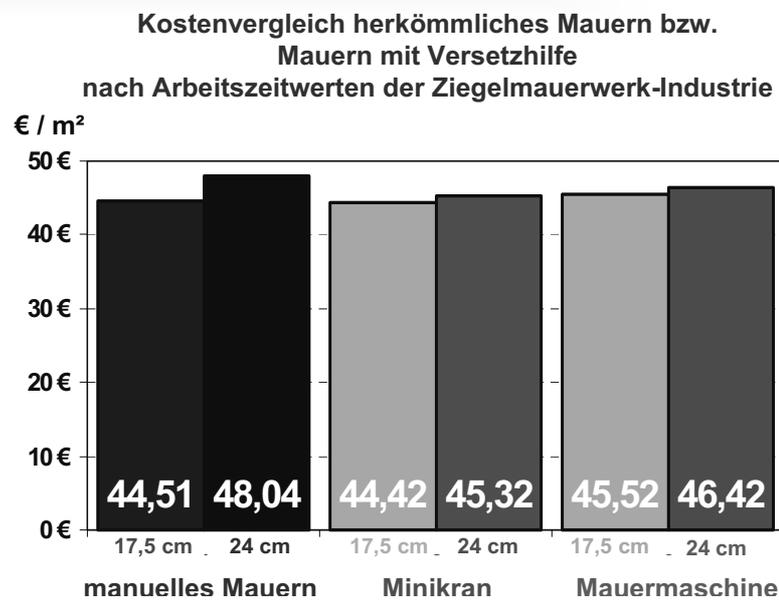
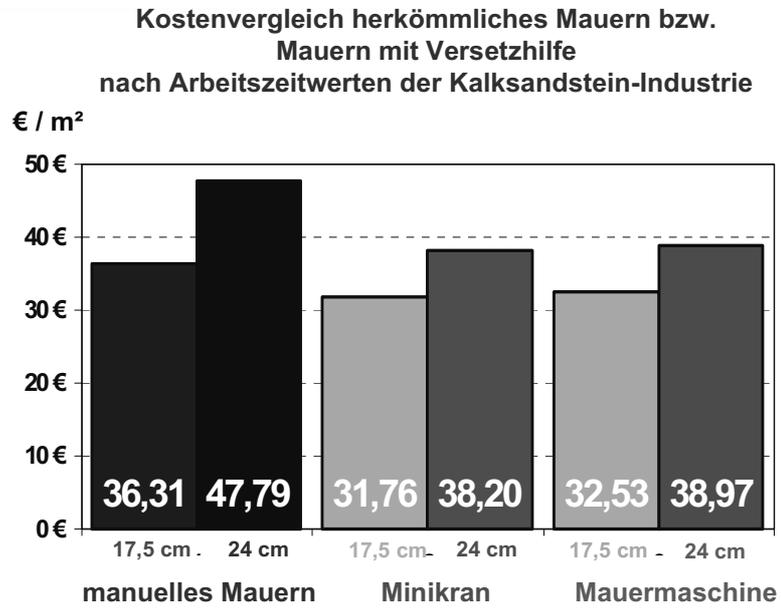


Großformatiges Mauerwerk mit Versetzhilfe

Nach Arbeitszeitwerten der KS-Industrie - Planelemente (H = 623 mm, L = 998 mm)

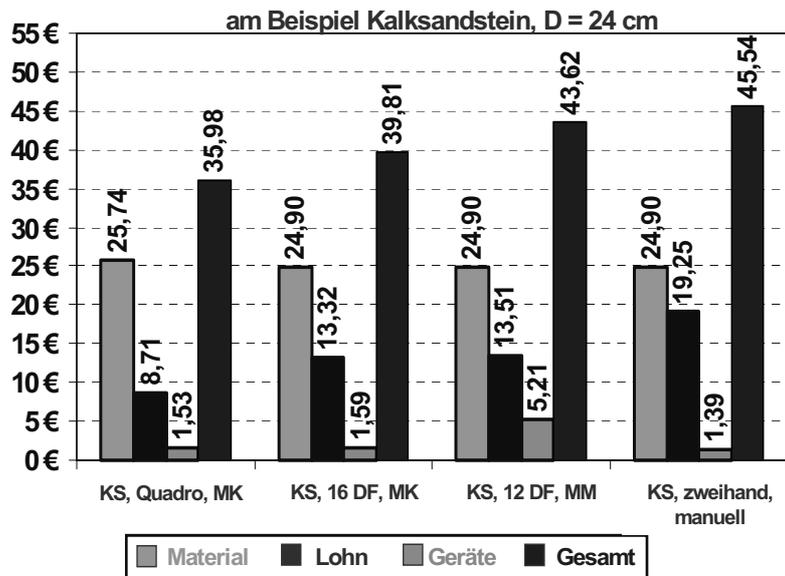


Anhang zu: **6.4.3 – Wirtschaftlichkeit – Kostenvergleich**



Anhang zu: **6.4.3 – Wirtschaftlichkeit – Kostenvergleich**

Kostenvergleich bei Maurerarbeiten mit Versetzhilfen gegenüber manuellem Mauern



Anhang zu: 7.3 – Sicherheitstechnische Konsequenzen



Minikran–Typ: Steinrex Mehrgelenkausleger mit angebrachter Seilarretierung



Manipulation an einem Minikran – Typ Steinweg - durch Erhöhung von Gegengewichtballast

Steingreifzangen verschiedener Hersteller:



Typ Steinweg



Typ Steinrex



Absturzsicherungen durch Schutzgerüste



Steintransport mit Steingreifer ohne eingehängte Auffangplane

Anhang zu: 7.3 – Sicherheitstechnische Konsequenzen

Die Verwendung von Minikranen mit automatischem Schwenkwerk ist weniger belastend als manuelles Schwenken



*Ergonomische Gestaltung des Arbeitsplatzes:
Arbeiten vom Rolltritt (links) ist sicherer als von einer Standleiter (rechts),
da eine bessere Standfläche für die Füße besteht und
beide Hände frei sind um die Steinzange zu bedienen*

Anhang zu: 7.3 – Sicherheitstechnische Konsequenzen

Nr.	Arbeitsschutzmaßnahmen	Bemerkung
1	Einweisung durch Sachkundigen	<ul style="list-style-type: none"> - Wer? z.B. Maschinenmeister - Zeitaufwand: ca. 1,0 Std. - Vorteil für Unternehmer: Unterweisungspflicht gemäß BGV A1 §7(2) - Vorteil für Beschäftigte: Vertrautmachung mit Aufbau- u. Verwendungsanleitung
2	Einbau der Zentralballastgewichte (Typ Steinrex)	<ul style="list-style-type: none"> - Funktion: Standsicherheit während des laufenden Betriebes - Schutzmaßnahmen beim Ein- bzw. Ausbau: Arretierungseinrichtung am Ausleger einhaken
3	Keine Manipulationen zur Traglastserhöhung	<ul style="list-style-type: none"> - Wieso? Gefahr für Leib und Leben - Was ist verboten? Manipulation der Rutschkupplung am Elektrokettenzug, Erhöhung der Gegengewichtsballast Folge: <ul style="list-style-type: none"> - plötzliches u. unerwartetes Materialversagen an sicherheitsrelevanten Bauteilen - Verstoß gegen UVV, speziell BGV C 22 § 6(1) - Verstoß gegen zul. Herstellervorschrift - Erlöschen der Betriebserlaubnis - Haftbarmachung im Schadensfall - Sachkundiger muss Kran in Originalzustand bringen
4	Einhaltung vorgeschriebener Betriebs-, Wartungs- u. Instandhaltungsbedingungen	<ul style="list-style-type: none"> - Angabe durch Hersteller
5	Bestimmungsgemäße Verwendung	<ul style="list-style-type: none"> - Kein Überschreiten der zulässigen Höchstlast - Kein Schrägziehen von Lasten - Kein Losreißen, Ziehen oder Schleppen von Lasten
6	Sicherer Lastentransport	<ul style="list-style-type: none"> - Führen von Lasten - Kein unkontrolliertes Hängen lassen - Schwebende Steine nie über Personen führen - Bodenbeschaffenheit kontrollieren (Kran ausleger bewegt sich selbständig bei geneigtem Gelände)
7	Sicherer Umgang mit der Steinzange	<ul style="list-style-type: none"> - Scherenzangen / Quergreifer nie durch körperlichen Einsatz anheben bei angehängten Lasten - Zangen bis zum Anschlag an Steine führen - Kein Transport von schadhaften / beschädigten Steinen - Abgenutzte Greifnocken erneuern lassen - Zangenpratze stets sauber halten - Steinlöcher auf Verschmutzungen und Lochtiefe kontrollieren - Bei Eis und Schnee besondere Vorsicht, da Abrutschgefahr des Steins
8	Maßnahmen bei Arbeitsende	<ul style="list-style-type: none"> - Stillsetzung des Krans (Strom ausschalten) - Sicherung gegen Benutzung durch Unbefugte

**Anhang zu: 8.2 – Technisch-organisatorische Empfehlungen
zum Einsatz von Versetzhilfen**

Empfehlungen

<p>Wo kann ich Versetzhilfen einsetzen ?</p>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ An Bauobjekten unterschiedlicher Art und Größe ▪ An Bauobjekten mit gegliederten Grundrissen ▪ Bei verschiedenen Steinsorten und größeren Formaten ▪ Bei ausreichender Bewegungsfläche
<p>Welche Voraussetzungen sind bei der Organisation und Einrichtung der Baustelle zu beachten ?</p>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Verbesserte Logistik ▪ Tragfähigkeiten berücksichtigen ▪ Kranverfügbarkeit sicherstellen ▪ Materialfluß gewährleisten ▪ Ausreichende Bewegungsfläche einplanen ▪ Umsortieren vermeiden ▪ Zwischenlager für Steine vorsehen ▪ Transportwege und Gerätefahrtrassen freihalten ▪ Anordnung von Geräten und Material optimieren
<p>Welche sicherheitstechnischen Konsequenzen ergeben sich ?</p>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Deckentragfähigkeit prüfen ▪ Deckenöffnungen flächenbündig schließen ▪ Tragfähigkeit der Versetzhilfe prüfen ▪ Eigenlasten von Versetzhilfe und Material berücksichtigen ▪ Lagerung der Materialien beachten und vor Witterung schützen ▪ Lagerflächen eben und tragfähig herstellen ▪ Lagerflächen nicht zu dicht an der Baugrube anordnen ▪ Verarbeitungsrichtlinien der Steinhersteller einhalten
<p>Welche Vorteile habe ich ?</p>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Das Vermauern großformatiger Steine mit Versetzhilfen ist produktiver als per Hand ▪ Ein Zeitgewinn wird erreicht ▪ Die Anschaffungskosten werden bald kompensiert ▪ Die Beschäftigten sind körperlich weniger belastet ▪ Ältere und leistungsreduzierte Mitarbeiter haben eine Chance im Beruf zu bleiben und ihre erfahrung dem Unternehmen zur Verfügung zu stellen
<p>Welche Anforderungen werden an die Beschäftigten gestellt ?</p>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Eine Zusatzqualifikation ist nicht erforderlich ▪ Die Handhabung ist leicht erlernbar ▪ Verlegepläne sollten die Beschäftigten selbständig umsetzen können ▪ Positive Einstellung gegenüber dem Gerät ▪ Ältere haben eine bessere Chance im Beruf zu bleiben