



Hochschule für Angewandte Wissenschaften Hamburg
Hamburg University of Applied Sciences

Masterarbeit

Artur Wolf

**Erarbeitung eines Konzepts zur ergonomischen
Arbeitsplatzgestaltung für das Labor des
Produktionsmanagements und
Konzeptionierung von Laborversuchen unter
Berücksichtigung der Arbeitswissenschaft**

*Fakultät Technik und Informatik
Department Maschinenbau und Produktion*

*Faculty of Engineering and Computer
Science Department of Mechanical Engineering
and Production Management*

Artur Wolf

**Erarbeitung eines Konzepts zur
ergonomischen Arbeitsplatzgestaltung für das
Labor des Produktionsmanagements und
Konzeptionierung von Laborversuchen unter
Berücksichtigung der Arbeitswissenschaft**

Masterarbeit eingereicht im Rahmen der Masterprüfung
im Studiengang Produktionsmanagement
am Department Maschinenbau und Produktion
der Fakultät Technik und Informatik
der Hochschule für Angewandte Wissenschaften Hamburg

in Zusammenarbeit mit

HAW Hamburg – Department Maschinenbau und Produktion
Berliner Tor 21, 20099 Hamburg

Erstprüfer: Prof. Dr. Henner Gärtner

Zweitprüfer: Dipl. Ing. Frank Peters

Abgabetermin: 10.01.2023

Zusammenfassung

Artur Wolf

Thema der Masterthesis

Erarbeitung eines Konzepts zur ergonomischen Arbeitsplatzgestaltung für das Labor des Produktionsmanagements und Konzeptionierung von Laborversuchen unter Berücksichtigung der Arbeitswissenschaft.

Stichworte

Ergonomie, Montagearbeitsplatz, MTM, Arbeitsplatzgestaltung.

Kurzfassung

Die vorliegende Masterarbeit befasst sich mit einer Analyse bestimmter Arbeitsbedingungen und einer ergonomischen Verbesserung und Umsetzung. Die Arbeitsplatzgestaltung unter dem Blickwinkel der Ergonomie nimmt einen immer höheren Stellenwert in Unternehmen ein. Unter Berücksichtigung dieser Tatsache werden Vorschläge gemacht, die in Bezug auf die Handmontagearbeitsplätze im Department Maschinenbau und Produktion sowie dem Institutslabor für Produkt- und Produktionsmanagement gemäß arbeitswissenschaftlicher Gesichtspunkten verändert werden können. Eine beispielhafte Darstellung der Dominanzmatrix und der Nutzwertanalyse mit der anschließenden Auswertung präsentiert unterschiedliche Herangehensweisen zur Lösungsfindung in Bezug auf einen Montagearbeitsplatz.

Zusätzlich wird in dieser Arbeit ein Rohentwurf für einen Laborversuch erarbeitet und die Grundverfahren MTM-1 und MTM-UAS werden anhand eines Beispiels (Lego-Getriebe) vorgestellt und miteinander verglichen.

Name of Student

Artur Wolf

Titel of the Paper

Development of a concept for ergonomic workstation design for the production management laboratory and conceptual design of laboratory tests taking into account occupational science.

Keywords

Ergonomics, assembly workplace, MTM, workplace design.

Abstract

This master thesis deals with an analysis of certain working conditions and an ergonomic improvement and implementation. Workplace design from the point of view of ergonomics is becoming increasingly important in companies. Considering this fact, suggestions are made which can be changed in relation to the manual assembly workplaces in the Department of Mechanical Engineering and Production as well as the Institute Laboratory for Product and Production Management according to ergonomic aspects. An exemplary presentation of the dominance matrix and the utility analysis with the subsequent evaluation presents different approaches for finding solutions in relation to an assembly workstation.

In addition, a rough design for a laboratory test is developed in this work and the basic methods MTM-1 and MTM-UAS are presented and compared with each other using an example (Lego gearbox).

Danksagung

An dieser Stelle bedanke ich mich bei all den Personen herzlich, die mir bei meiner Masterarbeit mit Rat und Tat zur Seite standen.

Mein außerordentlicher Dank richtet sich an Herrn Prof. Dr. Henner Gärtner für die wissenschaftliche Betreuung meiner Arbeit. Durch sein fachliches Wissen und seine Offenheit sowie hilfreiche Tipps und Anregungen wurde ich stets in meinem Vorhaben bestärkt. Insbesondere hat mich seine Zuversicht bei der Anfertigung der Masterarbeit motiviert und mir die notwendige Sicherheit gegeben, die Arbeit erfolgreich zu Ende zu führen.

Ein besonderer Dank geht an Herrn Dipl. Ing. Frank Peters, der mir als Gutachter und Betreuer vonseiten der HAW Hamburg eine große Hilfe war, mich in allen Phasen der Arbeit fachlich beriet und immer für Fragen offen war.

Abschließend möchte ich meiner Familie Dank aussprechen. Meine Ehefrau Anastassia, meine Tochter Juna, meine Schwester Ella und meine Mutter unterstützten mich kontinuierlich mit ihren Ermutigungen und Bestätigungen.

Inhaltsverzeichnis

Abbildungsverzeichnis	IV
Tabellenverzeichnis	VI
Abkürzungsverzeichnis	VII
1 Einleitung und Zielsetzung	1
2 Grundlagen Ergonomie	4
2.1 Begriffserklärung und Wortherkunft	4
2.2 Ergonomie in heutiger Zeit.....	5
2.3 Psychische Belastungen.....	6
2.4 Bedeutung der Ergonomie	10
2.4.1 Arbeitsschutz und Arbeitssicherheit.....	11
2.4.2 Wirtschaftlichkeit und Humanität.....	11
2.5 Wissenschaftliche Ansatzpunkte	12
3 Arbeitsplatzgestaltung unter Berücksichtigung der Ergonomie	14
3.1 Auslegung des Arbeitsplatzes.....	14
3.2 Arbeitshöhe.....	15
3.3 Blickfeld	15
3.4 Wirkbereich.....	17
3.5 Beobachtungsbereich	18
3.6 Abmessungen.....	20
3.7 Beleuchtung.....	20
3.8 Anordnung eines Bildschirmarbeitsplatzes	21

3.9	Mögliche Ausstattungselemente eines Montagearbeitsplatzes..	22
4	Folgen und Fakten nichtergonomischer Arbeitsumgebungen	26
4.1	Gesundheitsaspekte	28
4.1.1	Rückenschmerzen durch schlechte Haltung.....	28
4.1.2	Kopfschmerzen durch falsche Haltung am Schreibtisch.....	29
4.2	Arbeitsstätteneignung	29
5	Arbeitsplatzgestaltung bei der Handmontage	31
5.1	Manuelle Montage kleiner Baugruppen	31
5.2	Allgemeine Anforderungen an altersneutrale Arbeitsplatzgestaltung	33
5.3	Handmontagearbeitsplätze im Vergleich	34
5.4	Mobile Werkzeugpaneele	35
6	Konzepterarbeitung für die Auswahl geeigneter Handmontagetische	38
6.1	Istzustand des Handmontagearbeitsplatzes	41
6.2	Sollzustand des Handmontagearbeitsplatzes	42
6.3	Relevante Kriterien eines Handmontagearbeitsplatzes	44
6.4	Alternativen an Handmontagearbeitsplätzen	46
6.4.1	Arbeitstisch von Treston	47
6.4.2	Arbeitstisch von Geltron.....	48
6.4.3	Arbeitstisch von Emporo.....	49
6.5	Darstellung der Alternativen mit Hilfe des morphologischen Kastens	50

6.6	Bewertung der drei Handmontagearbeitsplätze	52
6.6.1	Bewertung auf Grundlage einer Dominanzmatrix	52
6.6.2	Technisch-wirtschaftliche Bewertung (Nutzwertanalyse VDI 2225)	54
6.6.3	Gesamtbewertung	56
7	Entwurf eines Laborversuchs zur Bewertung der Handmontagearbeitsplätze mittels MTM-Analyse	58
7.1	MTM-basierte Methoden	58
7.2	MTM-Grundverfahren	59
7.2.1	Möglichkeiten und Grenzen des MTM-Grundverfahrens	59
7.2.2	Grundbewegungen im Überblick.....	60
7.2.3	MTM beim Handmontagearbeitsplatz	61
7.3	Konzept des praxisorientierten Teils.....	62
7.3.1	Konzeptualisierung	63
7.3.2	MTM-Grundverfahren vs. MTM-UAS in Bezug auf die Bauteile	65
8	Fazit	68
9	Ausblick.....	70
10	Literaturverzeichnis	72
Anhang	76

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 2-1: Psychische Belastungen am Arbeitsplatz	7
Abbildung 2-2: Negative Folgen psychischer Belastungen	9
Abbildung 2-3: Selbstmorde bei France Telecom	10
Abbildung 2-4: Ergonomie – Allgemeine Vorgehensweisen, Prinzipien und Konzepte.....	13
Abbildung 3-1: Greifflächen in der Tischebene (nach Kirchner & Baum, 1986).....	18
Abbildung 3-2: Grenzen der Blick- und Gesichtsfelder (senkrecht) (nach Lange et al., 1991)	19
Abbildung 3-3: Grenzen der Blick- und Gesichtsfelder (waagrecht) (nach Lange et al., 1991)	20
Abbildung 3-4: Bemessungen und Anordnungen für einen Bildschirmarbeitsplatz	22
Abbildung 3-5: Mögliche Ausstattungselemente eines Montagearbeitsplatzes	23
Abbildung 4-1: Druck in Bar auf die Bandscheiben in Abhängigkeit verschiedener.....	27
Abbildung 4-2: Rückenbandage.....	28
Abbildung 4-3: Ergonomisches Lendenkissen	28
Abbildung 5-1: Typischer Verlauf der menschlichen Leistung in Prozent der Normalleistung	31
Abbildung 5-2: Anforderung an die Gestaltung manueller Arbeitsplätze ..	32
Abbildung 5-3: Mobiles Werkzeugpaneel.....	36

Abbildung 6-1: Aktuelle Handmontagearbeitsplätze (Quelle: eigene Fotografie).....	42
Abbildung 6-2: Relevante Kriterien eines Handmontagearbeitsplatzes (Quelle: eigene Darstellung).....	46
Abbildung 6-3: WB-811 (Treston).....	47
Abbildung 6-4: Viking ESD Comfort Professionell (Geltron).....	48
Abbildung 6-5: Alfa Plus (Emporo)	49
Abbildung 7-1: Ablauf der Montagegestaltung (Eigene Darstellung nach Bloom'sche Taxonomie).....	64

Tabellenverzeichnis

Tabelle 3-1: Kriterien der Arbeitsplatzgestaltung.....	14
Tabelle 3-2: Empfehlungen für Tischhöhen bei der Arbeit im Sitzen.....	16
Tabelle 3-3: Empfehlungen für Tisch- und Werkbankhöhen bei der Arbeit im Stehen.....	16
Tabelle 6-1: Checkliste zur ergonomischen Bewertung (Quelle: eigene Darstellung in Anlehnung an ifaa)	38
Tabelle 6-2: Anforderungsliste (Quelle: eigene Darstellung)	43
Tabelle 6-3: Übersicht über die Produktmerkmale (Quelle: eigene Darstellung).....	50
Tabelle 6-4: Morphologischer Kasten (Quelle: eigene Darstellung)	51
Tabelle 6-5: Dominanzmatrix (Quelle: eigene Darstellung).....	53
Tabelle 6-6: Nutzwertanalyse (Quelle: eigene Darstellung)	55
Tabelle 7-1: Bewertungsgruppe Art der Bewegung Dauer/Intensität/Anzahl der.....	60

Abkürzungsverzeichnis

ASR	Arbeitsstättenrichtlinien
bspw.	beispielsweise
ca.	circa
cm	Zentimeter
DGUV	Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung
d. h.	das heißt
etc.	et cetare (Latein), und die übrigen Dinge
HWD	Human Work Design
insb.	Insbesondere
ifaa	Institut für angewandte Arbeitswissenschaft
ILO	Internationale Arbeitsorganisation
kg	Kilogramm
lt.	laut
mm	Millimeter
MTA	Motion-Time-Analysis
MTM	Methods-Time-Measurement (MTM-1; MTM-Grundsystem)
MTM-HWD	Human-Work-Design
MTM-MEK	Einzel- und Kleinserienfertigung
MTMmotion	Methods-Time-Measurement motion (Schnittstelle zur Beschreibung digitaler Bewegungsdaten und Übersetzung in MTM-Simulationsanalysen)
MTM-UAS	Universelles Analysiersystem
u. a.	unter anderem
usw.	und so weiter
u. z.	und zwar
WHO	World Health Organization
z. B.	zum Beispiel

1 Einleitung und Zielsetzung

Ergonomie am Arbeitsplatz bezieht sich auf die Gestaltung der Arbeitsumgebung, um sie für die Nutzer_innen angenehm, praktisch und motivierend zu arrangieren. In einer idealen ergonomischen Arbeitsumgebung werden die Bedürfnisse der Menschen berücksichtigt und es wird versucht, Risiken für Gesundheit und Sicherheit zu minimieren. Ein ergonomischer Aufbau kann helfen, Beschwerden wie z. B. Nackenverspannungen, Sehnenscheidenentzündungen, Muskel- und Gelenkschmerzen und andere Probleme zu vermeiden oder zu reduzieren.

Die Ergonomie meint zum einen die Wissenschaft über die Gesetzmäßigkeit menschlicher und automatisierter Arbeit und zum anderen eine optimale, wechselseitige Anpassung des Menschen an seine Arbeitsbedingungen. Damit sind die Hauptziele der Ergonomie bestimmt: Verbesserung der Arbeitsvoraussetzungen, Reduzierung der Arbeitsbelastungen sowie Förderung der Arbeitsproduktivität. Die ergonomischen Betrachtungen am Arbeitsplatz beschäftigen sich mit der bestmöglichen Anordnung der Arbeitsumgebungen und -abläufe, um diese Ziele zu erreichen.

Ein wesentlicher Bestandteil der Ergonomie am Arbeitsplatz ist die Aufstellung der Arbeitsstationen. Dabei geht es vor allem darum, die Stationen so anzuordnen, dass sie den Bedürfnissen und Anforderungen der Mitarbeiter_innen entsprechen. Dazu gehört bspw. ausreichend Platz für die Stationen und alle notwendigen Utensilien sowie die Positionierung der Hilfsmittel, damit sich die Arbeiter_innen nicht verrenken oder verkrampfen müssen, um ihre Arbeit verrichten zu können. Des Weiteren trägt eine ergonomische Konstruktion der Montagearbeitsplätze dazu bei, Verletzungsrisiken zu minimieren und hilft den Arbeitenden, unnatürliche oder nicht ergonomische Körperhaltungen und Griffe zu vermeiden, damit es zu keiner Fehl- oder Überbelastung kommt.¹

¹ Vgl. Hettinger, T., Kaminsky, G., Schmale, H.: Ergonomie am Arbeitsplatz. Daten zur menschengerechten Gestaltung der Arbeit. 2. Aufl., Ludwigshafen: Kiehl Verlag, 1980, S. 12-14.

In Kapitel 2 wird die Herkunft und Bedeutung des Begriffs ‚Ergonomie‘ erläutert. Es wird auf Themen wie bspw. Arbeitsschutz, Arbeitssicherheit, Wirtschaftlichkeit und Humanität eingegangen. Wissenschaftliche Ansatzpunkte zur Ergonomie am Arbeitsplatz werden vorgestellt. Die Gestaltung der Arbeitsplätze unter ergonomischen Gesichtspunkten wird explizit gezeigt. Die gültige DIN-Norm und entsprechende Inhalte werden beschrieben. Die Folgen nicht ergonomischer Arbeitsumgebungen werden anhand aktueller Statistiken und wissenschaftlicher Studien benannt.

In Kapitel 3 werden die Anforderungen an die Gestaltung eines ergonomischen Arbeitsplatzes näher betrachtet. Es wird auf den Aufbau der Tische, Sitzmöglichkeiten und Bildschirmarbeitsplätze eingegangen. Zudem wird auf die Erreichbarkeit und Anordnung der Arbeitsmittel und Werkzeuge geachtet. In einem weiteren Abschnitt dieser Arbeit unter dem Stichwort ‚Humanisierung am Arbeitsplatz‘ wird erläutert, was dieses Thema inkludiert und welche Anforderungen gestellt werden. Ebenso werden die Ansprüche und Unterscheidungen zwischen Jung und Alt unter dem Schlagwort ‚Altersgerechter Arbeitsplatz‘ dargelegt.

Anschließend soll in Kapitel 4 aufgezeigt werden, welche negativen Auswirkungen ein nichtergonomischer Arbeitsplatz auf den Menschen hat und wie es möglich ist, durch entsprechende Maßnahmen den Beeinträchtigungen am Arbeitsplatz entgegenzuwirken.

In Kapitel 5 folgt eine Betrachtung der Auswirkungen bei schlechter Arbeitsplatzanordnung insbesondere hinsichtlich falscher Arbeitshöhen, mangelnder Einstellbarkeit oder diffuser Beleuchtung. Die Folgen für die Gesundheit der Mitarbeiter_innen sowie eine Analyse zur Effektivität des betreffenden Platzes werden dargelegt.

Anschließend wird in Kapitel 6 ein Konzept für die Auswahl an Handmontagetischen präsentiert und einige Montagearbeitsplätze aus Online-Katalogen, die die Anforderungen an einen ergonomischen Arbeitsplatz erfüllen, werden miteinander verglichen. Grundlage für den Vergleich und die Bewertungen stellen die Dominanzmatrix und die

Nutzwertanalyse nach VDI 2225 dar, aus deren Ergebnissen letztlich der Vorschlag für das geeignetste Modell erfolgt.

In Kapitel 7 wird der Entwurf für einen Laborversuch kreiert. Dabei werden Verfahren wie das MTM-Grundverfahren und das MTM-UAS miteinander verglichen.

Ein Fazit in Kapitel 8 und ein Ausblick in Kapitel 9 schließt die Arbeit ab und widmet sich den Gedanken über Möglichkeiten zur Intervention, Verantwortlichkeit und Verbesserung in der Zukunft.

2 Grundlagen Ergonomie

2.1 Begriffserklärung und Wortherkunft

Ergonomie ist ein Forschungszweig, der sich mit der Gestaltung der Arbeitsplätze und Arbeitsmittel beschäftigt. Ziel ist es, den Arbeitsplatz so aufzubauen, dass er bequem für die Arbeitenden ist, damit sie effizient arbeiten können und es zu keiner Gesundheitsschädigung kommt. Ziel ist es, die Beziehung des Menschen zu seiner Arbeitsumgebung zu erforschen.^{2 3}

Untersucht werden u. a. biologische, psychologische und medizinische Zusammenhänge zwischen dem Menschen und seiner Arbeitswelt. Dazu gehören, wie der Mensch seine Umgebung wahrnimmt, auf welche Weise er seine Aufmerksamkeit behält, wie er Signale verarbeitet, wie schnell er ermüdet, wodurch er belastet wird oder wie monoton er seine Arbeit empfindet. Ergonomie untersucht, wie diese Faktoren den Menschen beeinflussen.⁴

Die erste Definition des Begriffes ‚Ergonomie‘ stammt aus dem Jahre 1857. In der Zeitschrift ‚Natur und Industrie‘ schrieb Wojciech Jastrzebowski über Ergonomie: *„Ergonomie ist ein wissenschaftlicher Ansatz, damit wir aus dem Leben die besten Früchte bei der geringsten Anstrengung mit der höchsten Befriedigung für das eigene und das allgemeine Wohl erzielen.“*⁵

In Betrachtung des Zusammenhangs zwischen Arbeit und Mensch wird oft der Begriff ‚Arbeitswissenschaft‘ gebraucht. Darunter ist eine interdisziplinäre Wissenschaft zu verstehen, die das Umfeld menschlicher Arbeit mit der technischen, organisatorischen und sozialen Umsetzung fokussiert. Die Ergonomie stellt ein Teilgebiet der Arbeitswissenschaft dar.⁶

² Vgl. Ergonomie-Katalog.com, Ergonomie – Arbeiten und Wohnen ohne Rückenprobleme.

³ Vgl. Schmauder, M., Spanner-Ulmer, B.: Ergonomie Grundlagen zur Interaktion von Mensch, Technik und Organisation. 2. Aufl., München: Carl Hanser Verlag, 2022, S. 23.

⁴ Vgl. ebd., S. 24.

⁵ Vgl. Ergonomie-Katalog.com, Ergonomie – Arbeiten und Wohnen ohne Rückenprobleme.

⁶ Vgl. Rudow, B.: Die gesunde Arbeit. Arbeitsgestaltung, Arbeitsorganisation und Personalführung. 2. Aufl., Berlin: De Gruyter, 2011, S. 9.

2.2 Ergonomie in heutiger Zeit

In vielen Bereichen der Arbeitswelt können Belastungen Gesundheitsschäden verursachen. Lange Bildschirmarbeit kann zu Sehschäden, Kopfschmerzen und Migräne führen. Die Körperhaltung am Bildschirmarbeitsplatz belastet die Gelenke und Nerven. Eine falsche Sitzposition und eine ungenaue Sitzhöhe können zu Rückenschäden führen. Ein ergonomisch gestalteter Arbeitsplatz beugt diesen gesundheitlichen Beeinträchtigungen vor.⁷

Unterschiedliche nationale und internationale Normen legen fest, wie Arbeitsmittel und -umgebungen zu gestalten sind, damit sie ergonomischen Anforderungen genügen. In der ISO 9241 *Ergonomic Requirements for Office Work with Visual Display Terminals* (dt. Ergonomische Anforderungen für Büroarbeit mit visuellen Anzeigeterminals) ist z. B. festgelegt, wie Software einzurichten ist und wie die Hardware aussehen und aufgestellt werden muss, damit die Gefahr für Gesundheitsschäden verringert wird.⁸

Heute heißt Ergonomie, dass die Bedürfnisse der Arbeitnehmer_innen und der Arbeitgeber_innen in einen Zusammenhang gebracht werden. In der Regel stehen diese Interessen in einem Gegensatz zueinander. Der/Die Arbeitgeber_in will, dass die Arbeiter_innen und Angestellten so effektiv wie möglich arbeiten. Der Arbeitsplatz muss produktiv sein und ein Maximum an Leistung erbringen. Dabei sind die Kosten möglichst gering zu halten. Zum Nachteil der Unternehmer_innen schränken die Gesundheitsvorsorge und die Arbeitsschutzregeln die Effektivität des arbeitenden Menschen ein. Der Mensch muss seine Arbeit so verrichten können, dass eine Gefährdung für ihn und andere vermieden wird bzw. diese Gefahr so gering wie möglich ist. In einer sog. ergonomischen Aufwand-Nutzen-Betrachtung wird gegenübergestellt, wie Ergonomie an einem bestimmten Arbeitsplatz aussehen kann, welcher Aufwand hinter dieser Umsetzung steckt und wie er zum Nutzen der Maßnahmen steht. Eine starke Belastung des Menschen

⁷ Vgl. Schmauder, M., Spanner-Ulmer, B.: Ergonomie Grundlagen zur Interaktion von Mensch, Technik und Organisation. 2. Aufl., München: Carl Hanser Verlag, 2022, S. 41-42.

⁸ Vgl. ebd., S. 233.

führt auf lange Sicht zu Gesundheitsschäden, Arbeitsausfällen und zusätzlichen Kosten für den/die Arbeitgeber_in. Eine hohe Belastung verringert die Arbeitsleistung und sowohl die Arbeitsmoral der Arbeiter_innen und Angestellten als auch die Produktion im Unternehmen sinken. Diese Zusammenhänge werden oft in der Praxis von der Leitung der Unternehmen ignoriert. Die Produktivität der Firma und eine möglichst hohe Leistung der Mitarbeiter_innen stehen im Vordergrund.⁹

2.3 Psychische Belastungen

Beeinträchtigungen am Arbeitsplatz verändern nicht nur die qualitative und quantitative Leistung, sondern können ohne Weiteres auch zu Belastungen der Psyche, z. B. Verhaltensänderungen, psychosomatische Leiden bzw. psychische Störungen, führen (vgl. Abb. 2-1). Ein Risiko ist grundsätzlich gegeben, allerdings werden die tatsächlichen Auswirkungen mancher Fehlbelastungen erst sichtbar, wenn Befindlichkeit und Gesundheit offensichtlich leiden, was im Wesentlichen von den Möglichkeiten zur Belastungsbewältigung abhängt. Statistiken der Weltgesundheitsorganisation (WHO) und der Internationalen Arbeitsorganisation (ILO) zeigen, dass die o. g. Erkrankungen insb. in den Industrienationen deutlich zunehmen. In der Folge greifen die Betroffenen zu vermeidbaren Medikamenten, der Alkoholmissbrauch steigt, die Arbeitgeber_innen verzeichnen erhöhte Fehlzeiten und/oder einen häufigeren Krankenstand.¹⁰

⁹ Vgl. Ergonomie-Katalog.com, Ergonomie – Arbeiten und Wohnen ohne Rückenprobleme.

¹⁰ Vgl. Rudow, B.: Die gesunde Arbeit. Arbeitsgestaltung, Arbeitsorganisation und Personalführung. 2. Aufl., Berlin: De Gruyter Oldenbourg Verlag, 2011, S. 30-31.

Infobox 6: Psychische Belastungen am Arbeitsplatz

Eine Befragung von 20.000 Erwerbstätigen in Deutschland aus dem Jahre 2005/2006 zeigte, dass in der Arbeit vor allem *psychische* Belastungen (*kursiv*) auftreten.⁴⁶

Es sind folgende:

	<i>Belastet häufig</i>		
1. <i>Arbeiten an Grenze der Leistungsfähigkeit</i>	69,2 %	65,8 %	74,1 %
2. <i>Störungen/Unterbrechungen in Arbeit</i>	59,8 %	60,3 %	59,1 %
3. <i>Starker Termin- und Leistungsdruck</i>	59,5 %	56,7 %	63,6 %
4. Rauch, Staub, Gase, Dämpfe	57,3 %	58,1 %	55,4 %
5. <i>Schlechtes Licht und schlechte Beleuchtung</i>	57,0 %	52,9 %	63,9 %
6. Starke Erschütterungen, Stöße, Schwingungen	54,5 %	54,0 %	57,4 %
7. <i>Arbeiten unter Lärm</i>	54,0 %	49,5 %	65,0 %
8. Kälte, Hitze, Nässe, Zugluft, Feuchtigkeit	53,1 %	51,1 %	58,1 %
9. Heben und Tragen schwerer Lasten	51,9 %	45,4 %	62,7 %
10. <i>Stückzahl, Leistung, Zeit sind vorgeschrieben</i>	45,1 %	43,0 %	48,1 %

Abbildung 2-1: Psychische Belastungen am Arbeitsplatz¹¹

Legende: 1. Spalte=Gesamtstichprobe; 2. Spalte=Männer; 3. Spalte=Frauen

Auf welche Weise die psychischen Belastungen in der heutigen Arbeitswelt zunehmen, stellen die nachfolgenden sieben Punkte dar.

- Firmenübernahmen und Umstrukturierungen in Unternehmen und Organisationen verlangen mehr Anpassungsfähigkeit, Flexibilität und Umstellungen auf neue Arbeitsprozesse von den Mitarbeiter_innen.
- Dezentralisierung bei großen Unternehmen bzw. Institutionen bedingen weitere Wege und die Bereitschaft zur Mobilität, die sich negativ auf den Freizeitwert der Arbeiter_innen auswirken können.
- Die Digitalisierung als fester Bestandteil vieler Arbeitsprozesse erwartet anspruchsvolleren Umgang mit neuen Medien und Geräten.
- Erreichbarkeit und Präsenz verändern die Arbeitszeiten und Arbeitsbedingungen, da die Arbeitsdauer und -orte „entgrenzt“ werden.
- Dem Wandel an Werten muss sich die Gesellschaft stellen, denn längst schwimmt die Grenze zwischen Privatsphäre und Arbeitswelt.

¹¹ Rudow, B.: Die gesunde Arbeit. Arbeitsgestaltung, Arbeitsorganisation und Personalführung. 2. Aufl., Berlin: De Gruyter Oldenbourg Verlag, 2011, S. 30-31.

- Ein Blick in demographische Statistiken zeigt, dass durch Arbeitskräftemangel, steigende Lebenserwartungen und fallende Geburtenraten eine längere Arbeitsfähigkeit der Mitarbeiter_innen vorprogrammiert sind.
- Weniger körperliche und mehr geistige Berufsfelder führen zu einer Erhöhung der Lebensarbeitszeit.¹²

Diesbezüglich macht der Gewerkschaftsbund Verdi einen Unterschied zwischen lang- und kurzfristigen chronischen Folgeerscheinungen. Im Extremfall sind beide Formen psychischer Belastungen gleichermaßen unabsehbar und können Menschen sogar in den Selbstmord treiben, wie es bei Telecom France geschehen ist (vgl. Abb. 2-3).¹³ Die monotone Arbeit am Fließband, eine hohe Flut an zu verarbeitenden Informationen, starke und nicht vorhersehbare Belastungen, der Druck zu Leistung und Erfolg, die Belastung durch Nacht- und Schichtarbeiten, Hitze und Kälte (Umweltfaktoren), die sozialen Konflikte unter den Mitarbeiter_innen, Kund_innen, Zuliefer_innen und den Unternehmensleitungen, der zeitliche und terminliche Druck bei der Erledigung der Arbeitsaufgaben und eine Mehrfachbelastung sind mögliche Faktoren, die zu Gesundheitsbeeinträchtigungen führen können (vgl. Abb. 2-2).¹⁴

¹² Vgl. Rudow, B.: Die gesunde Arbeit. Arbeitsgestaltung, Arbeitsorganisation und Personalführung. 2. Aufl., Berlin: De Gruyter Oldenbourg Verlag, 2011, S. 30-31.

¹³ Vgl. Verdi. Gute Arbeit und Gefährdungsbeurteilung – Akutes Problem bei der Arbeit: Psychisch wirkende Belastungen.

¹⁴ Vgl. Rudow, B.: Die gesunde Arbeit. Arbeitsgestaltung, Arbeitsorganisation und Personalführung. 2. Aufl., Berlin: De Gruyter Oldenbourg Verlag, 2011, S. 32-33.

Möglich negative Folgen psychisch wirkender Belastungen	
Kurzfristige Reaktionen (Auswahl)	Langfristige und chronische Folgen (Auswahl)
<ul style="list-style-type: none"> ▶ muskuläre Anspannung ▶ Kopf- und Gliederschmerzen ▶ Nervosität, innere Unruhe ▶ Aggressionen ▶ Leistungs- und Gemütsschwankungen ▶ Konflikte und Streit ▶ Konzentrationsschwierigkeiten Schlafstörungen ▶ gestörte Verdauung ▶ gestörter Stoffwechsel ▶ Steigerung und Schwankungen des Blutdrucks 	<ul style="list-style-type: none"> ▶ Verspannungen im Rücken und Rückenschmerzen ▶ chronischer Kopfschmerz ▶ Depressionen und Burnout ▶ geschwächtes Immunsystem ▶ erhöhtes Krebsrisiko ▶ Nikotin-, Alkohol- und Medikamenten-Abusus ▶ sozialer Rückzug innerhalb und außerhalb der Arbeit, „innere Kündigung“ ▶ steigendes Herzinfarkttrisiko ▶ Magengeschwüre ▶ höheres Risiko für Stoffwechselerkrankungen wie z. B. Diabetes ▶ Bluthochdruck



GUTE ARBEIT
Die **ver.di** Initiative

verdi-gefaehrungsbeurteilung.de
ver.di-Online-Handlungshilfe zur Gefährdungsbeurteilung



Abbildung 2-2: Negative Folgen psychischer Belastungen¹⁵

2008/2009 kam es bei ehemaligen Mitarbeiter_innen der France Telecom zu einer Reihe an Selbstmorden. Etwa 50 Mitarbeiter_innen nahmen sich nach einer Kündigungswelle in Frankreich das Leben. Ein massiver Stellenabbau bei dem französischen Unternehmen sorgte für eine hohe

¹⁵ Verdi. Gute Arbeit und Gefährdungsbeurteilung – Akutes Problem bei der Arbeit: Psychisch wirkende Belastungen.

psychische Belastung, deren Folge Depressionen und Suizide waren (vgl. Abb. 2-3).¹⁶

Infobox 7: Selbstmorde bei France Telecom

In den Jahren 2008 und 2009 erschütterte eine Serie von Selbstmorden das Unternehmen und das ganze Land. Insgesamt nahmen sich ca. 50 Mitarbeiter in dieser Zeit das Leben. Arbeitnehmervertretungen machen die massiven Restrukturierungen, den radikalen Personalabbau und den daraus resultierenden Druck auf die rund 100.000 französischen Mitarbeiter für Depressionen und die Suizide verantwortlich. Selbst im Spätsommer 2009, als die Ereignisse einen traurigen Höhepunkt erreichten, reagierte die Firmenleitung nicht auf die dramatischen Ereignisse. Erst nach Ablösung der Firmenleitung wurden Maßnahmen zum Abbau von psychischen Fehlbelastungen getroffen. Diese basieren auf einem Abkommen zwischen der neuen Geschäftsführung und den Gewerkschaften. Es sind Maßnahmen zur Gestaltung der Arbeit, neue Managementmethoden und eine veränderte Arbeitsorganisation.

Abbildung 2-3: Selbstmorde bei France Telecom¹⁷

2.4 Bedeutung der Ergonomie

Die Bedeutung der Ergonomie ist heute wichtiger denn je. In einer globalisierten Welt, in der Menschen immer mehr Zeit vor Bildschirmen verbringen, ist es wichtig, dass die Gestaltung der Arbeitsplätze und Arbeitsmittel sich an den Bedürfnissen der Beschäftigten orientieren und ergonomisch aufgebaut sind. Denn nur so können die Werktätigen gesund bleiben und ihre Leistungsfähigkeit maximieren. Dazu gehört z. B. die Höhe des Schreibtisches, die Position der Tastatur oder des Monitors. Auch die Beleuchtung und die Belüftung des Raums sind wichtige zu berücksichtigende Faktoren.¹⁸

¹⁶ Vgl. Rudow, B.: Die gesunde Arbeit. Arbeitsgestaltung, Arbeitsorganisation und Personalführung. 2. Aufl., Berlin: De Gruyter Oldenbourg Verlag, 2011, S. 32-33.

¹⁷ Vgl. Rudow, B.: Die gesunde Arbeit. Arbeitsgestaltung, Arbeitsorganisation und Personalführung. 2. Aufl., Berlin: De Gruyter Oldenbourg Verlag, 2011, S. 33.

¹⁸ Vgl. Schmauder, M., Spanner-Ulmer, B.: Ergonomie Grundlagen zur Interaktion von Mensch, Technik und Organisation. 2. Aufl., München: Carl Hanser Verlag, 2022, S. 47-57.

2.4.1 Arbeitsschutz und Arbeitssicherheit

In der modernen Berufswelt sind Arbeitsschutz und -sicherheit von zentraler Wichtigkeit. Durch die steigenden Anforderungen an die Leistungsfähigkeit der Beschäftigten und die zunehmende Komplexität der Aufgaben wird das Risiko der Arbeitsunfälle und Erkrankungen immer größer. Um diesen Folgen zu begegnen, schaffen ergonomische Einrichtungen die Grundlage, Leistung zu steigern und Aufgaben effektiver und effizienter zu erledigen. Das wiederum trägt entscheidend zur Wettbewerbsfähigkeit eines Unternehmens bei.

In den letzten Jahren haben viele Unternehmen aufgrund steigender Ansprüche verstärkt in ergonomische Arbeitsbedingungen investiert, um Mitarbeiter_innen langfristig vor körperlichen Schäden zu schützen. Somit können die Unternehmen nicht nur die Fehlzeiten reduzieren, sondern auch die Produktivität erhöhen.¹⁹

2.4.2 Wirtschaftlichkeit und Humanität

Der sichere, arbeitnehmer_innenfreundliche und motivierende Arbeitsplatz hat einen enormen Einfluss auf die Wirtschaft und die Menschen im Allgemeinen. Man kann die Auswirkungen des sich verändernden Arbeitsplatzes auf die heutige Gesellschaft daran erkennen, wie die Technologie die Arbeitsweise verändert hat. Der Arbeitsplatz ist für die meisten Menschen der Ort, an dem sie den größten Teil ihrer Lebenszeit verbringen. Aus diesem Grund ist es wichtig, den Arbeitsplatz nach den Bedürfnissen der Menschen optimal zu gestalten.

Ergonomische Arbeitsplätze haben sowohl wirtschaftliche als auch humanitäre Vorteile. Zum einen können ergonomische Arbeitsplätze die Produktivität der Mitarbeiter_innen steigern, da sie sich wohler fühlen und besser arbeiten können. Zum anderen trägt die Ergonomie im Arbeitsbereich dazu bei, Verletzungen und Gesundheitsprobleme zu

¹⁹ Vgl. Schmauder, M., Spanner-Ulmer, B.: Ergonomie Grundlagen zur Interaktion von Mensch, Technik und Organisation. 2. Aufl., München: Carl Hanser Verlag, 2022, S. 434-436.

vermeiden. Dies ist insb. wichtig in Berufen, in denen die Beschäftigten häufig körperlich anstrengende Tätigkeiten verrichten müssen. Neben den wirtschaftlichen und humanitären Aspekten ergonomischer Arbeitsräume sind Unternehmer_innen aufgefordert, ihre Mitarbeiter_innen in die Gestaltung einzubinden, damit die Anforderungen erfüllt werden können.²⁰

2.5 Wissenschaftliche Ansatzpunkte

Die Herangehensweise an die Ergonomie ist ein systematischer Ansatz, der mit wissenschaftlich fundierten Methoden das menschliche Verhalten im Hinblick auf die ergonomische Gestaltung der Werkzeuge, Geräte und Arbeitsplätze versteht. Es wird untersucht, wie Menschen mit der Umwelt interagieren, um die menschliche Leistung zu verbessern.

Ein anderer wichtiger Ansatzpunkt der Ergonomie ist die Auswahl und Form der Produkte und Dienstleistungen. Bspw. können Produkte so gestaltet werden, dass sie z. B. einfach zu bedienen, bequem zu tragen oder leicht zu lesen sind. Ebenso kann das Arrangement der Dienstleistungen unter ergonomischen Gesichtspunkten die Bedürfnisse der Nutzer_innen sicherstellen, wenn bspw. ein Service leicht zu verstehen und zu verwenden ist.²¹ Die DIN EN ISO 26800 legt bestimmte ergonomische Prinzipien und Konzepte fest. Abbildung 2-4 zeigt die aufgenommenen Parameter, die die Zielsetzungen, Wechselwirkungen und Anpassungen verdeutlichen, um Wertvorstellungen und Bedürfnisse der jeweiligen Personen zu garantieren.²²

Diese genormten Richtlinien sollen u. a. für Effizienz, Sicherheit und Zuverlässigkeit sorgen, damit Wohlergehen, Gesunderhaltung und Zufriedenheit der betroffenen Arbeitnehmer_innen lebenslang gewährleistet ist. Durch diese Norm wurde ein richtungsweisender

²⁰ Vgl. Schlick, C., Bruder, R., Luczak, H.: Arbeitswissenschaft. 3. Aufl., Berlin: Springer Verlag, 2010, S. 9.

²¹ Vgl. Schmauder, M., Spanner-Ulmer, B.: Ergonomie Grundlagen zur Interaktion von Mensch, Technik und Organisation. 2. Aufl., München: Carl Hanser Verlag, 2022, S. 394.

²² Vgl. ebd., S.19.

Leitfaden für den umfangreichen Bereich der Arbeitsgestaltung ausgearbeitet, der arbeitswissenschaftliche Themen mit der Ergonomie verbindet.²³

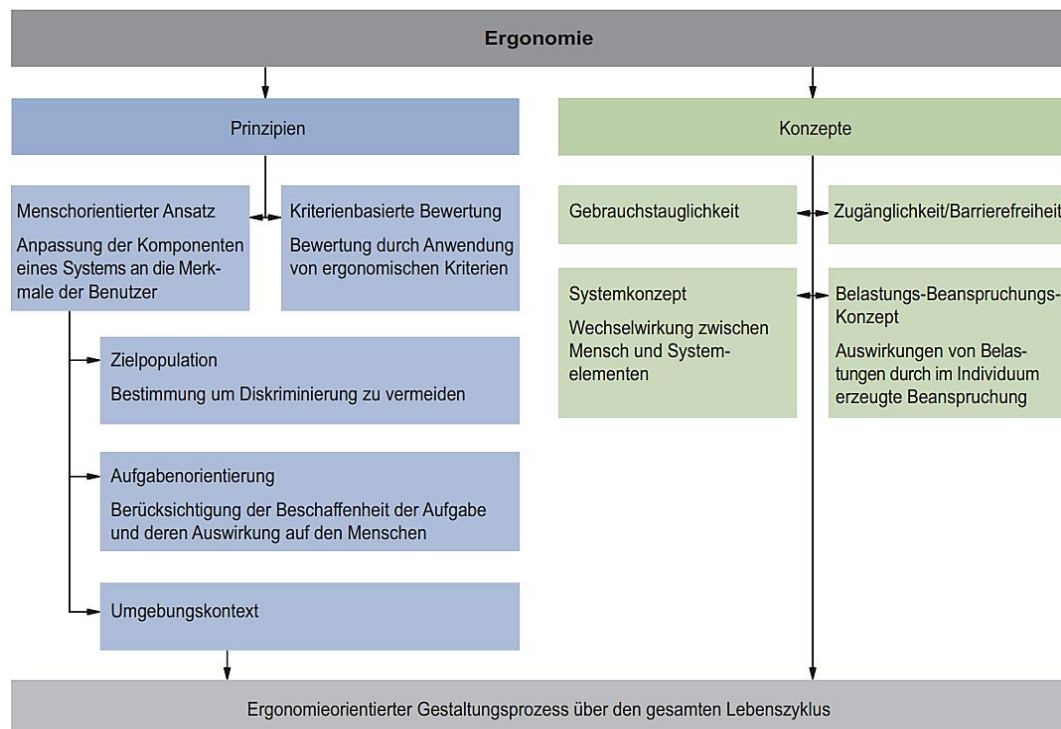


Abbildung 2-4: Ergonomie – Allgemeine Vorgehensweisen, Prinzipien und Konzepte²⁴

²³ Vgl. DIN EN ISO 26800 Ergonomie - Genereller Ansatz, Prinzipien und Konzepte, (ISO 26800:2011); Deutsche Fassung EN ISO 26800:2011.

²⁴ Stowasser, S.: 2012 zitiert nach Schmauder, M., Spanner-Ulmer, B.: Ergonomie Grundlagen zur Interaktion von Mensch, Technik und Organisation. 2. Aufl., München: Carl Hanser Verlag, 2022, S. 19.

3 Arbeitsplatzgestaltung unter Berücksichtigung der Ergonomie

3.1 Auslegung des Arbeitsplatzes

Der Begriff ‚Auslegung eines Arbeitsplatzes‘ bezieht sich auf die messbare und raumgreifende Dimension, die den Bewegungsfreiraum eines Arbeitsbereichs ausmacht, z. B. Abstand zu Schränken, Durchgänge zu Geräten, Beinfreiheit unter dem Schreibtisch.

Tabelle 3-1: Kriterien der Arbeitsplatzgestaltung²⁵

Kriterium	Orientierungsmaß	angestrebt, wenn ...	Beispiel
optimale Außenabmessungen	kleinster Benutzer	... keine Behinderung für größere Personen	Greifraum
optimale Innenabmessungen	größter Benutzer	... keine Behinderung für kleinere Personen	Durchgangshöhe
individuelle Anpassung	Bereich kleinster bis größter Benutzer	... individuelle Anpassung erforderlich	Arbeitsstuhl

Beruhend auf den Prinzipien der Tabelle 3-1 gehören zur bestmöglichen Ausstattung eines Arbeitsplatzes verschiedene Gesichtspunkte, die in den folgenden Unterkapiteln näher erläutert werden.²⁶

²⁵ Kubitscheck, St., Kirchner, J.-H.: Kleines Handbuch der praktischen Arbeitsgestaltung. München: Carl Hanser Verlag, 2013, S. 41.

²⁶ Vgl. Kubitscheck, St., Kirchner, J.-H.: Kleines Handbuch der praktischen Arbeitsgestaltung. München: Carl Hanser Verlag, 2013, S. 41.

3.2 Arbeitshöhe

In vielen Betrieben werden die Arbeitsplätze immer noch auf die Körpermaße einer durchschnittlichen Person ausgerichtet. Dabei werden Menschen mit außergewöhnlich kleinen oder langen Körpergrößen ignoriert, was zu Problemen für die betroffenen Personen führen kann. Eine individuelle Gestaltung des Arbeitsplatzes ist wichtig, um die Arbeit ergonomisch und effektiv gestalten zu können. Eine optimale Anpassung an die jeweiligen Bedürfnisse ist zu berücksichtigen.

Die Höhe eines Arbeitsplatzes wird zwischen Fußbodenniveau und Arbeitsfläche gemessen. Es geht um die Bestimmung der besten Position, in der die hauptsächliche Arbeitsbewegung, die die Arme und Hände in einer stehenden oder sitzenden Position ausführen, erfolgt, z. B. Greifbewegungen oder Tastatureingaben.

Um eine geeignete Arbeitsposition zu wählen, müssen unbequeme Körperhaltungen vermieden werden, z. B. das belastende Hocken, Knien, Bücken oder das strapazierende Greifen über Kopfhöhe. Eine sitzende Tätigkeit ist einer Stehposition vorzuziehen. Eine Arbeit im Stehen sollte nur bei enormem Kraftakt für die Arme, bei großem Bewegungsumfang oder einem wiederholten Ortswechsel erfolgen.²⁷

3.3 Blickfeld

Für ein optimales Blickfeld muss die Arbeitshöhe auch in Bezug auf die Kraftarbeit angepasst werden (vgl. Tab. 3-2, 3-3). Feinstarbeiten erfordern eine hohe Konzentration und müssen nah am Auge in Höhe des Halses bei einer sitzenden Position erfolgen. Für feine Arbeit ist möglichst eine Sitzposition und eine Tischhöhe nah am Auge in Brusthöhe zu wählen. Mittelfeine Arbeit sollte zwischen Brusthöhe und Becken vonstattengehen, während grobe, kraftbetonte Arbeiten in Beckenhöhe ausgeführt werden sollten.

²⁷ Vgl. Kubitscheck, St., Kirchner, J.-H.: Kleines Handbuch der praktischen Arbeitsgestaltung. München: Carl Hanser Verlag, 2013, S. 44-45.

Den Tabellen 3-2 und 3-3 ist zu entnehmen, welche individuellen Abmessungen vorgenommen werden können, z. B. durch in der Höhe verstellbare Tische, Aufsätze oder Stehpulte.²⁸

Tabelle 3-2: Empfehlungen für Tischhöhen bei der Arbeit im Sitzen²⁹

	Feinstarbeit mit optischen Hilfsmitteln			Feinstarbeit			mittelfeine und grobe Arbeit		
	Männer	Frauen	gemischt	Männer	Frauen	gemischt	Männer	Frauen	gemischt
Minimum	900	800	800	800	700	700	700	650	700
Optimum	1050	950	950	900	800	800	750	700	750
Maximum	1200	1100	1150	1000	900	950	800	750	800

Maße in mm

Tabelle 3-3: Empfehlungen für Tisch- und Werkbankhöhen bei der Arbeit im Stehen³⁰

	Feinst- und Feinarbeit			leichte Maschinen- und Werkzeugarbeit			schwere Kraftarbeit		
	Männer	Frauen	gemischt	Männer	Frauen	gemischt	Männer	Frauen	gemischt
Minimum	1050	1000	1000	950	900	900	750	700	700
Optimum	1150	1075	1100	1050	975	1000	850	775	800
Maximum	1250	1150	1200	1150	1050	1050	950	850	900

Maße in mm

²⁸ Vgl. Kubitscheck, St., Kirchner, J.-H.: Kleines Handbuch der praktischen Arbeitsgestaltung. München: Carl Hanser Verlag, 2013, S. 45-46.

²⁹ Kubitscheck, St., Kirchner, J.-H.: Kleines Handbuch der praktischen Arbeitsgestaltung. München: Carl Hanser Verlag, 2013, 47-49.

³⁰ Kubitscheck, St., Kirchner, J.-H.: Kleines Handbuch der praktischen Arbeitsgestaltung. München: Carl Hanser Verlag, 2013, 47-49.

3.4 Wirkungsbereich

Mit dem Begriff ‚Wirkbereich‘ wird der Bereich bezeichnet, in dem sich am Arbeitsplatz die Arme bewegen und die Hände etwas greifen, stecken, rühren, schieben, führen, drehen usw. Zum Wirkungsbereich gehört selbstverständlich auch der Bewegungsradius, der sich auf die Füße bezieht, z. B. in Fahrzeugen.

Zu beachten sind folgende Aspekte:

- Die Stellteile, die am meisten gegriffen werden, müssen in einem kurzen Greifradius angeordnet sein.
- Bewegt man seine Schultern bei einem großen Greifraum und beugt den Oberkörper leicht mit, kann man den Wirkraum der Hände vergrößern.
- Greifbewegungen sollten nah am Körper mit herunterhängenden Armen erfolgen.
- Der Abstand sollte wegen des Kraftaufwands kurzgehalten werden.
- Die Unterarme bewegen sich am besten hin zum und weg vom Körper, während die Oberarmbewegungen seitlich vor dem Körper vorgesehen sind (vgl. Abb. 3-1).
- Für die sitzende Tätigkeit darf es keine störenden Armlehnen oder hohe Rückenlehnen geben, wenn die Arbeit viele Bewegungsvorgänge erfordert. Die Sitzgelegenheit sollte rollen und rotieren können, wobei Bremsen vorhanden sein müssen.
- Bei sehr feinen Arbeiten oder filigranen Tastvorgängen helfen Hand- oder Armstützen an der Konsole oder auf dem Tisch, für die man ausreichende Auflageflächen braucht, damit die Arbeit frei beweglich erfolgen kann.
- Müssen bei einer stehenden Arbeit niedrige Stellteile betätigt werden, sollte ein enger Stellweg vorgesehen werden.³¹

³¹ Vgl. Kubitscheck, St., Kirchner, J.-H.: Kleines Handbuch der praktischen Arbeitsgestaltung. München: Carl Hanser Verlag, 2013, 47-49.

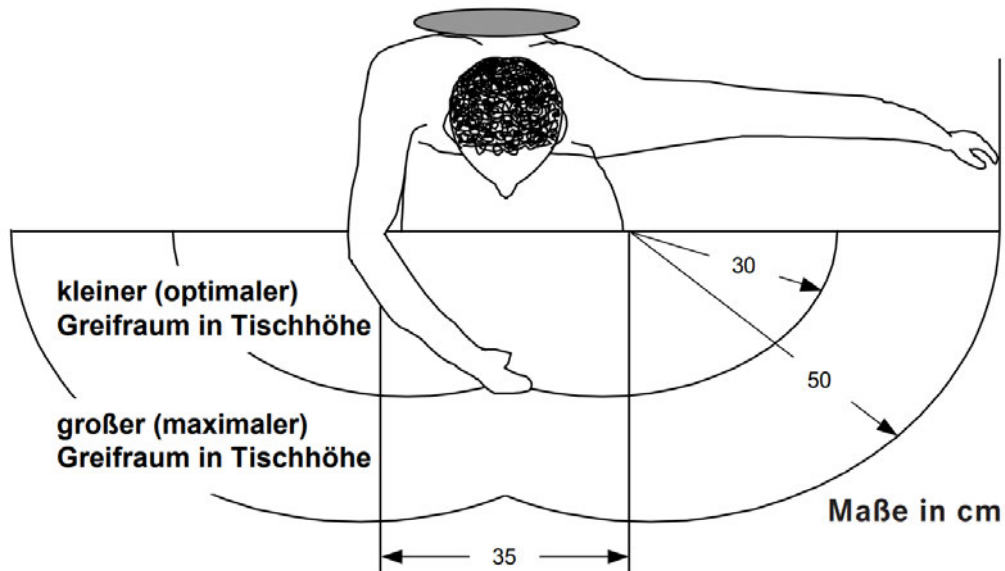


Abbildung 3-1: Greifflächen in der Tisebene (nach Kirchner & Baum, 1986)³²

3.5 Beobachtungsbereich

Ein Beobachtungsbereich definiert sich als Gesichts- und Blickfeld am Arbeitsplatz. Mit dem Gesichtsfeld ist der Bereich gemeint, der bei fixierten Augen und starrer Kopfhaltung gesehen wird, während beim Blickfeld bei konstant gleicher Kopfhaltung und bewegten Augen alle Objekte fixiert werden können.

Um die Arbeitsvorgänge für die Montagearbeiter_innen zu erleichtern, sollten die Arbeitsplätze so gestaltet sein, dass Augen- und Kopfbewegungen auf ein Minimum reduziert sind. Der Abstand und die Blicklinien müssen auf die hauptsächlichen Sehaufgaben ausgerichtet sein, wobei sich die Sehentfernung nach der Feinheit der Arbeit richtet, z. B. Feinarbeiten 45 cm und Feinstarbeiten 25 cm Abstand zu den Augen. Die Grenzen und günstigen Blickwinkel für eine stehende oder sitzende Tätigkeit sollten beachtet werden (vgl. Abb. 3-2, 3-3).

Die Anordnung der Anzeigen, z. B. Displays, Warenanzeigen, Stellteile sowie die Platzierung der Hebel, Handräder und Bedienelemente sollten

³² Kubitscheck, St., Kirchner, J.-H.: Kleines Handbuch der praktischen Arbeitsgestaltung. München: Carl Hanser Verlag, 2013, 48.

nach Häufigkeit und Relevanz erfolgen, wobei die wichtigsten Teile im zentralen Blickfeld liegen müssen. Neben der visuellen Identifikation der Stellteile hat auch die haptische Variante eine Bedeutung, sodass bei Greifvorgängen unterschiedliche Formen eine Rolle spielen. Bei einer räumlichen Trennung ist für die Handstellteile ein Mindestabstand von 10 cm, bei Fußstellteilen von 15 cm vorzusehen.³³

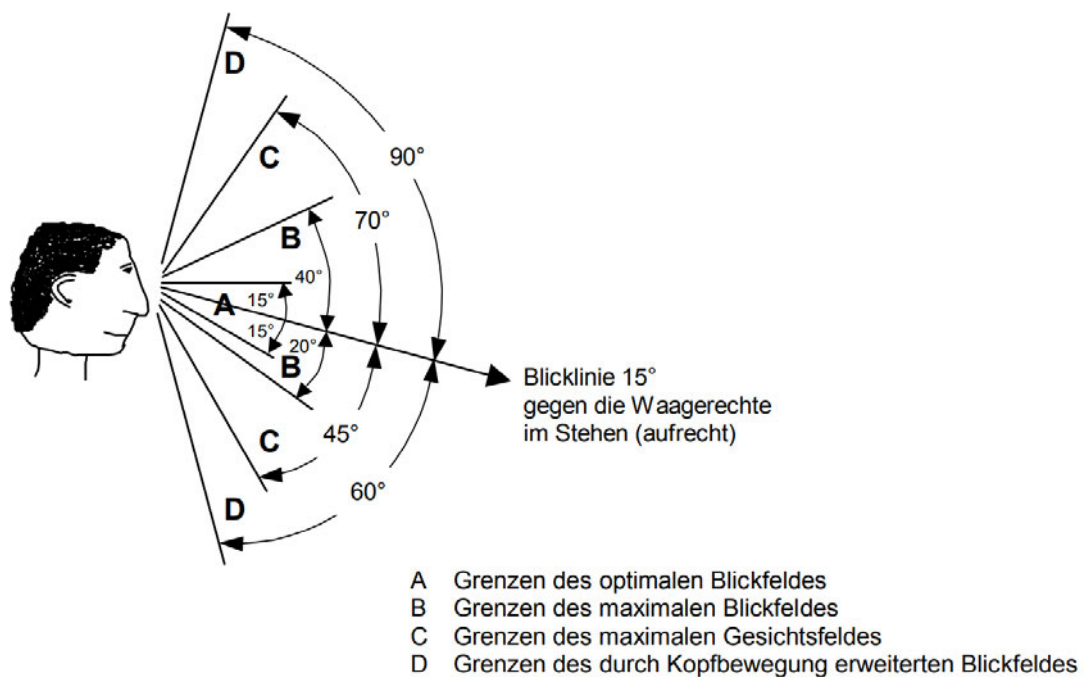


Abbildung 3-2: Grenzen der Blick- und Gesichtsfelder (senkrecht) (nach Lange et al., 1991)³⁴

³³ Vgl. Kubitscheck, St., Kirchner, J.-H.: Kleines Handbuch der praktischen Arbeitsgestaltung. München: Carl Hanser Verlag, 2013, S. 50-53.

³⁴ Kubitscheck, St., Kirchner, J.-H.: Kleines Handbuch der praktischen Arbeitsgestaltung. München: Carl Hanser Verlag, 2013, S. 51.

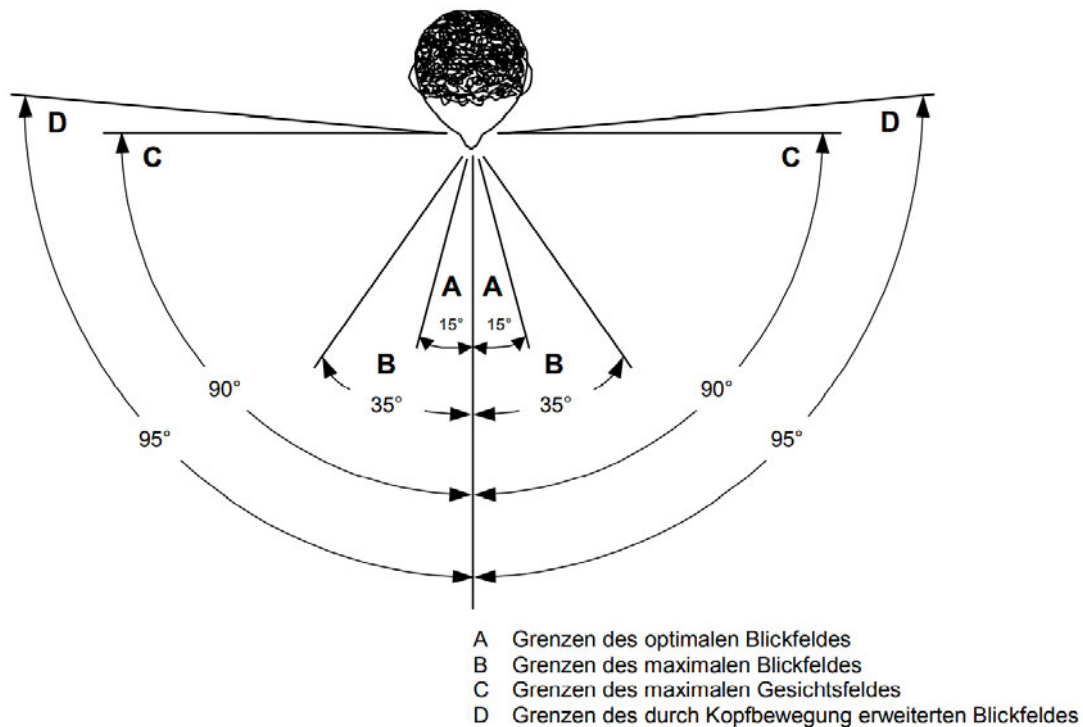


Abbildung 3-3: Grenzen der Blick- und Gesichtsfelder (waagrecht) (nach Lange et al., 1991)³⁵

3.6 Abmessungen

Sollte ein Arbeitsplatz auf festen Abmessungen beruhen, muss die Körpergröße einer großen Person berücksichtigt werden, wobei die Komponenten, wie z. B. Beinfreiheit, Bewegungsraum und Greifumfang, beachtet werden müssen. Um starre Haltungen zu vermeiden, muss die Möglichkeit gegeben sein, Körperhaltung und -stellung zu wechseln, sodass ein Bewegungsspielraum entsteht. Auch ein gesunder Wechsel zwischen Sitzposition und Steharbeit verdient Beachtung. Insbesondere die Arbeit im Stehen verlangt Sitzvorrichtungen zum gelegentlichen Ausruhen oder einem Stehsitz. Arbeiten die Werktätigen in Gruppen zusammen, müssen Tische und andere Arbeitsplätze so ausgerichtet sein, dass sie ein gutes Teamwork ermöglichen.

3.7 Beleuchtung

Die richtige Beleuchtung ist ein entscheidender Faktor für die Sicherheit und den Komfort der Mitarbeiter_innen, damit sie sich besser auf die Aufgaben

³⁵ Kubitscheck, St., Kirchner, J.-H.: Kleines Handbuch der praktischen Arbeitsgestaltung. München: Carl Hanser Verlag, 2013, S. 51.

konzentrieren können und Unfälle vermieden werden. In etlichen Fabriken und Büros wird jedoch immer noch mit schlechter Beleuchtung gearbeitet. Viele Arbeitgeber_innen sind sich nicht bewusst, welche Auswirkungen eine schlechte Beleuchtung auf die Gesundheit und Sicherheit der Mitarbeiter_innen haben kann, denn häufig entstehen Kopf- und Augenschmerzen sowie Müdigkeit. Diese Symptome können dazu führen, dass die Werktätigen ihre Arbeit nicht mehr ordnungsgemäß verrichten können und Fehler machen. In einigen Fällen können schlechte Lichtverhältnisse auch zu Unfällen führen. Arbeitgeber_innen sollten daher sicherstellen, dass die Ausleuchtung am Arbeitsplatz den Anforderungen entspricht. Sie muss hell genug sein, um alle Arbeitsplatzbereiche ausreichend zu erleuchten und Schattenbildungen zu vermeiden.³⁶

Die Wahl der Beleuchtungskörper sowie deren Anordnung und Ausrichtung spielen aus den o. g. Gründen eine entscheidende Rolle. Die neuen, ergonomischen Arbeitsplätze verlangen nach einer exakten Beleuchtungskonzeption. Anders als in herkömmlichen Büroräumen sollten die Arbeitsplätze im Montagebereich für eine ausreichende Beleuchtung mit Zonen unterschiedlicher Lichtintensität sorgen. Für eine höhere Konzentration sind mindestens 300 Lux und unmittelbar am Schreibtisch sind 500 Lux zu empfehlen.³⁷

3.8 Anordnung eines Bildschirmarbeitsplatzes

In administrativen Berufsfeldern ist die tägliche Arbeit mit einem Bildschirmgerät heutzutage der Normalfall. Bei der Wahl der Bildschirme muss auf gute Lesbarkeit, z. B. Bildschirmgröße, Sehabstand und Positivdarstellung der Schrift, geachtet werden. Blendungen und Reflexionen müssen bei der Aufstellung des Monitors vermieden werden. Für eine bequeme Sitzhaltung sollen bspw. Bildschirmneigung, Monitorhöhe, Kopfneigung und Sehabstand gut austariert sein. Einen

³⁶ Vgl. Hartmann, E.: Optimale Beleuchtung am Arbeitsplatz. Ludwigshafen: Kiehl Verlag, 1977, S. 12-16.

³⁷ Vgl. Hartmann, E.: Optimale Beleuchtung am Arbeitsplatz. Ludwigshafen: Kiehl Verlag, 1977, S. 24-28.

rechten Winkel sollte die Bildschirmoberfläche mit der Blickrichtung einnehmen. Sogar der Abstand (5-10 cm) von der Tischkante zur Tastatur hat seine Berechtigung, denn die richtige Auflagefläche für die Hand ermöglicht ein nichtbelastendes Arbeiten. Bei nichthöhenverstellbaren Tischen sind 72 cm Tischhöhe eine Empfehlung, ansonsten muss der Arbeitstisch den Körpermaßen des_der Arbeiter_in angepasst werden. Ein höheneinstellbarer Stuhl ist sehr nützlich (vgl. Abb. 3-4).³⁸

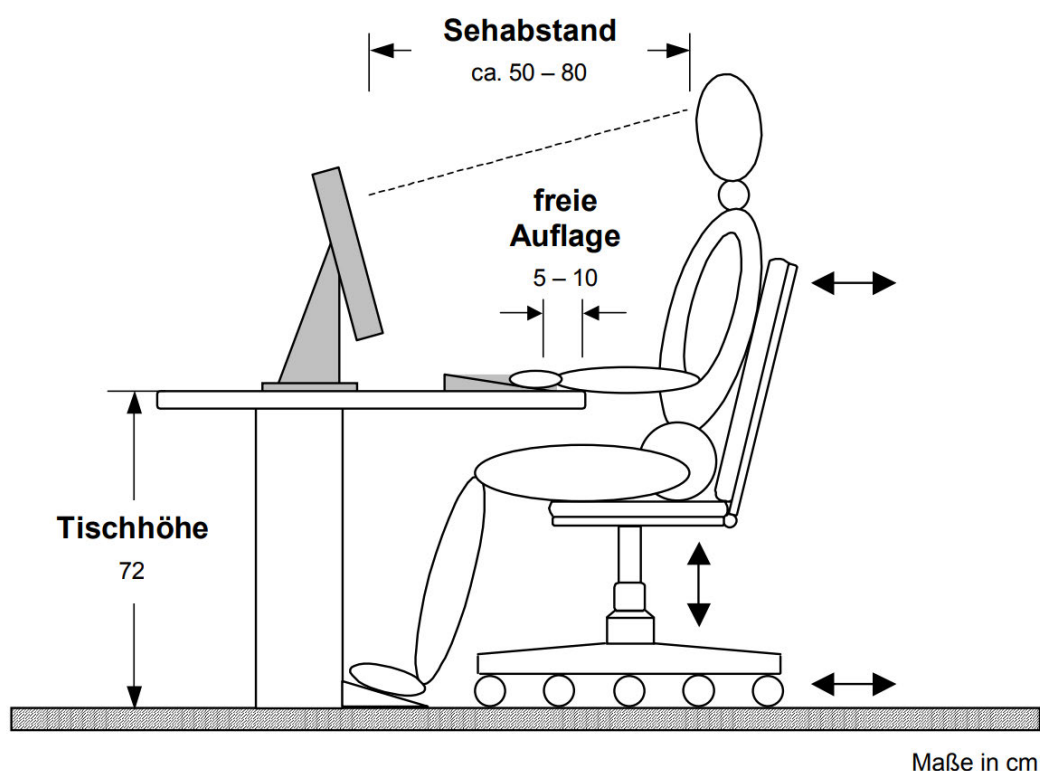


Abbildung 3-4: Bemessungen und Anordnungen für einen Bildschirmarbeitsplatz³⁹

3.9 Mögliche Ausstattungselemente eines Montagearbeitsplatzes

Unter einem Montagearbeitsplatz versteht man einen Werkplatz, an dem mehrere Teile zu bestimmten Erzeugnissen zusammengebaut werden. Abbildung 3-5 zeigt detailliert, dass z. B. die Arbeit im Sitzen erfolgen sollte, Materialien und Werkzeuge ihren festen Platz auf dem Tisch haben,

³⁸ Vgl. Kubitscheck, St., Kirchner, J.-H.: Kleines Handbuch der praktischen Arbeitsgestaltung. München: Carl Hanser. Verlag, 2013, S. 58-60.

³⁹ Kubitscheck, St., Kirchner, J.-H.: Kleines Handbuch der praktischen Arbeitsgestaltung. München: Carl Hanser. Verlag, 2013, S. 60.

Halterungen für Werkzeuge sinnvoll sind, Greifbehälter einen niedrigen Rand haben sollten, eine Unterarmauflage Erleichterung und eine Werkzeugablage Ordnung schafft. Um natürliche, geschickte Bewegungsvorgänge zu ermöglichen, müssen Hindernisse in der Bewegungsbahn beiseite geräumt und sinnvolle Anordnungen der Füge- und Greifstellen durchdacht sein. Grundsätzlich gilt, dass die montierenden Tätigkeiten nicht zu monotonen Bewegungen werden.⁴⁰

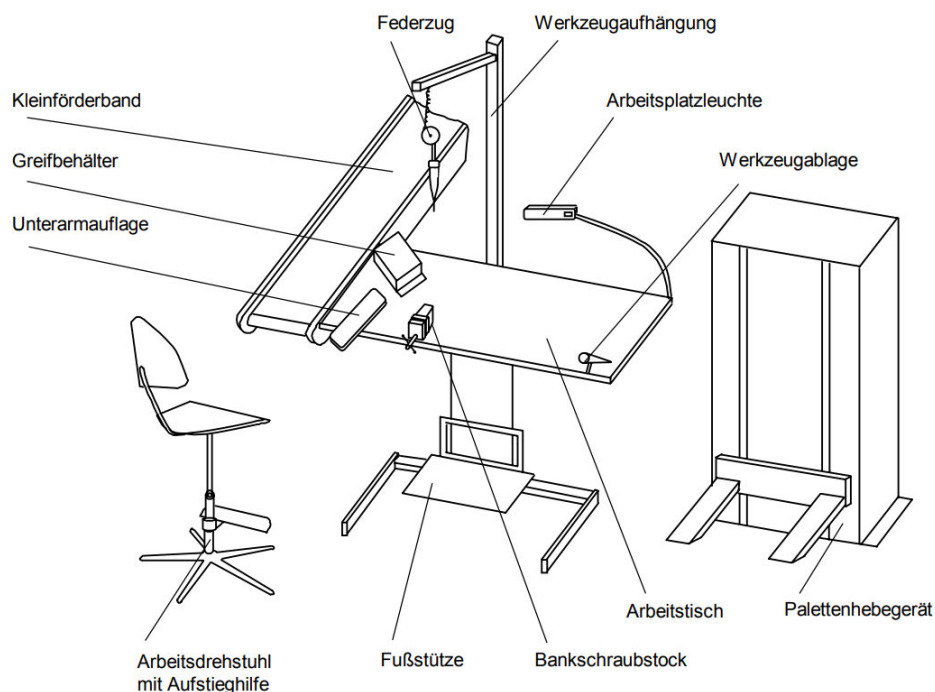


Abbildung 3-5: Mögliche Ausstattungselemente eines Montagearbeitsplatzes (nach Lüdke & Wieland, 1999)⁴¹

Dem Alter sollte Tribut gezollt werden, daher ist eine altersgerechte Arbeitsplatzgestaltung notwendig.

Der Prozess der Vorbereitung lässt sich in drei Teile gliedern: Verstehen, Gestalten und Implementieren. Vom Verständnis der

⁴⁰ Vgl. Kubitscheck, St., Kirchner, J.-H.: Kleines Handbuch der praktischen Arbeitsgestaltung. München: Carl Hanser. Verlag, 2013, S. 63-65.

⁴¹ Kubitscheck, St., Kirchner, J.-H.: Kleines Handbuch der praktischen Arbeitsgestaltung. München: Carl Hanser. Verlag, 2013, S. 63.

Mitarbeiter_innenbedürfnisse über die Entwicklung einer Gestaltungsstrategie geeigneter Arbeitsumgebungen bis hin zur Ausführung müssen die Bestandteile dieses Prozesses akribisch bedacht werden.

Durch eine Befragung der Arbeiter_innen und Angestellten erfährt man, was sie in ihrem Arbeitsumfeld und für ihr Alter für wichtig halten. Auf der Grundlage dieser Informationen kann ein geeigneter Arbeitsbereich entworfen werden, wenn alle erforderlichen Aspekte, z. B. Sicherheit, Gesundheit, Komfort und Effizienz, identifiziert wurden.⁴²

Mit dem Alter nimmt die körperliche Leistungsfähigkeit ab und die Anfälligkeit für bestimmte Erkrankungen, wie z. B. Arthrose oder Bandscheibenvorfälle, nimmt zu. Auch haben ältere Menschen durch ihr langes Berufsleben veränderte Ansprüche an die Gestaltung ihres Arbeitsplatzes.⁴³

Eine ergonomische Arbeitsumgebung muss das Alter der Mitarbeiter_innen berücksichtigen, z. B. die Höhe der Arbeitsfläche sowie den Abstand zwischen Bildschirm und Augen. Die Beleuchtung am Arbeitsplatz spielt für ältere Menschen eine wesentliche Rolle, da sie oft unter einer schlechteren Sehkraft leiden.⁴⁴

Die Auswahl der passenden Büromöbel ist wichtig für das Wohlfühl, daher steht der Aspekt der Ergonomie vor dem Design. Stühle brauchen bspw. eine hohe Rückenlehne und gute Polsterung zur Entlastung der Rückenmuskulatur und Tische sollten höhenverstellbar sein, um Beeinträchtigungen vorzubeugen. In einigen Fällen kann es von Vorteil sein, von einer sitzenden Tätigkeit in eine stehende Arbeitsposition oder sogar in eine kniende Arbeitsposition zu wechseln.⁴⁵

⁴² Vgl. Kubitscheck, St., Kirchner, J.-H.: Kleines Handbuch der praktischen Arbeitsgestaltung. München: Carl Hanser Verlag, 2013, S. 87.

⁴³ Vgl. ebd., S. 87.

⁴⁴ Vgl. Kubitscheck, St., Kirchner, J.-H.: Kleines Handbuch der praktischen Arbeitsgestaltung. München: Carl Hanser Verlag, 2013, S. 88.

⁴⁵ Vgl. Kubitscheck, St., Kirchner, J.-H.: Kleines Handbuch der praktischen Arbeitsgestaltung. München: Carl Hanser Verlag, 2013, S. 8

Eine Studie des Instituts für Arbeitsschutz der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung (DGUV) hat gezeigt, dass altersgerechte Arbeitsbedingungen nicht nur die Gesundheit der Beschäftigten verbessern, sondern auch zu einer höheren Produktivität führen. Demnach leiden ältere Beschäftigte unter ergonomischen Mängeln am Arbeitsplatz häufiger an Rückenschmerzen, Müdigkeit und Schlafstörungen. Dies führt nicht nur zu einer reduzierten Leistungsfähigkeit, sondern kann auch zu langfristigen Krankheiten, wie z. B. Herz-Kreislauf-Erkrankungen oder Depressionen, führen.⁴⁶

⁴⁶ Vgl. Schlick, C., Bruder, R., Luczak, H.: Arbeitswissenschaft. 4. Aufl., Berlin: Springer Vieweg Verlag, 2018, S. 417-419.

4 Folgen und Fakten nichtergonomischer Arbeitsumgebungen

Zu den fünf häufigsten Bürokrankheiten zählen Muskel-Skelett-Erkrankungen, psychische Leiden, Atemwegsbeschwerden, Erkrankungen des Verdauungssystems und sog. Spannungskopfschmerzen. Oft werden diese durch fehlerhaft gestaltete Arbeitsplätze, Fehlhaltungen während der Arbeit und Überbelastungen hervorgerufen.⁴⁷ Die häufigsten Beschwerden, die durch unbequeme Stühle oder Tische, falsche Computeranordnung oder andere Faktoren verursacht werden, sind z. B. Nacken-, Schulter-, Rücken- und Handgelenkschmerzen, die durch falsche Körperhaltung und -bewegungen verursacht werden können.

Studien haben gezeigt, dass schlechte Ergonomie die Konzentration und Leistungsfähigkeit beeinträchtigen kann. Arbeitnehmer_innen, die in nichtergonomischen Arbeitsumgebungen arbeiten, leiden häufiger unter Kopfschmerzen, Müdigkeit und Konzentrationsschwierigkeiten. Die Folgen können also weitreichend und ernst sein. Um Gesundheitsprobleme zu vermeiden, ist es wichtig, dass Arbeitnehmer_innen in ergonomisch optimierten Umgebungen arbeiten. Nicht nur das körperliche Wohlbefinden der Mitarbeiter_innen wird durch ein nichtergonomisches Arbeitsumfeld beeinträchtigt. Es kann auch zu einer verringerten Produktivität und einer Zunahme an Fehlern führen.⁴⁸

Beispielhaft seien drei Folgen genannt.

- Die Fehlerrate steigt um etwa 20 Prozent pro zehn Grad Neigung des Bildschirms.⁴⁹
- Die Auswirkungen auf den Körper umfassen erhöhtes Stressniveau, Müdigkeit, Kopf- und Rückenschmerzen.

⁴⁷ Vgl. Ergonomie am Arbeitsplatz, Bürokrankheiten – 10 beruflich bedingte Krankheiten. Online im Internet URL, <https://ergonomie-am-arbeitsplatz.de/buerokrankheiten/>, letzter Zugriff 02.12.2022.

⁴⁸ Vgl., Lange, W., Windel, A.: Kleine Ergonomische Datensammlung, Köln: TÜV Media GmbH, 2017, S. 45.

⁴⁹ Vgl. ebd., S. 45.

- Reduzierte Produktivität aufgrund schlechter Ergonomie kann zu erheblichen finanziellen Verlusten für Unternehmen führen.

Je länger man an einem nichtergonomischen Arbeitsplatz arbeitet, desto höher ist die Wahrscheinlichkeit, an Rückenschmerzen oder sogar Bandscheibenvorfällen zu erkranken. In der heutigen Gesellschaft ist es leider üblich, dass man lange Zeit am Schreibtisch sitzt. Doch dies ist extrem ungesund und kann zu ernsthaften gesundheitlichen Problemen führen.⁵⁰ Abbildung 4-1 zeigt in vereinfachter Form, welcher Druck auf die Bandscheiben bei unterschiedlichen Körperpositionen herrscht.

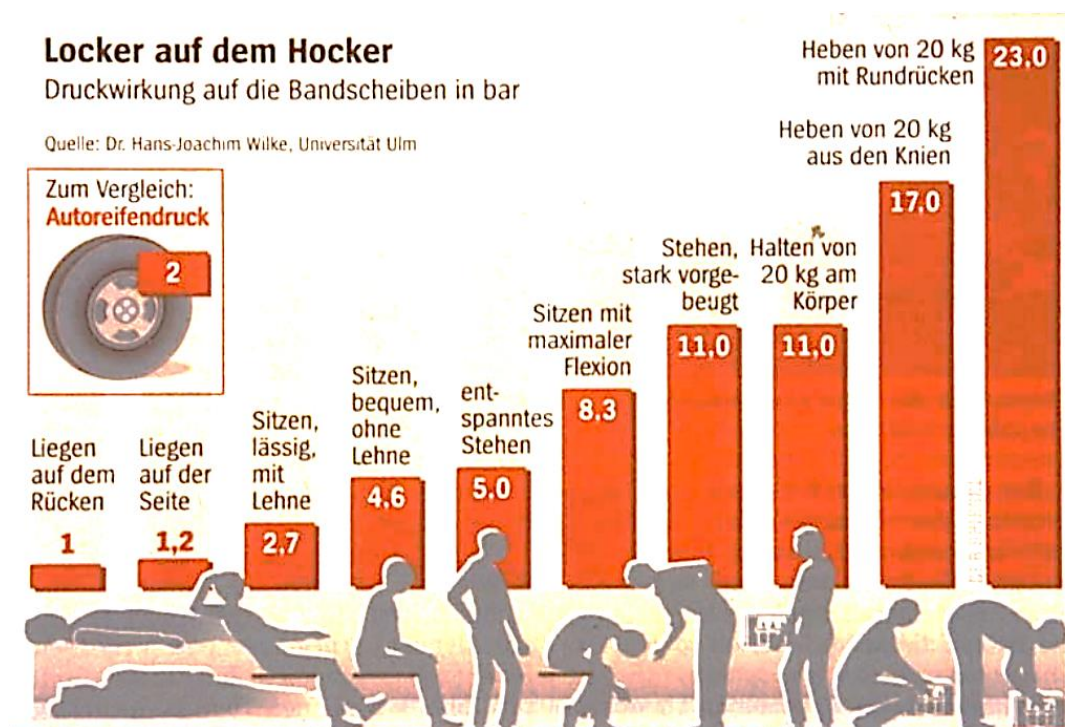


Abbildung 4-1: Druck in Bar auf die Bandscheiben in Abhängigkeit verschiedener Haltungen und Belastungen⁵¹

⁵⁰ Vgl. Lange, W., Windel, A.: Kleine Ergonomische Datensammlung, Köln: TÜV Media GmbH, 2017, S. 46-47.

⁵¹ Wilke, H. J.: Universität Ulm, Bildausschnitt aus Spiegel 33/1998

4.1 Gesundheitsaspekte

4.1.1 Rückenschmerzen durch schlechte Haltung

Die optimalen Haltungen für einen menschlichen Körper hängen von der Situation und der Aufgabe ab. Eine schlechte Körperhaltung kann zu dauerhaften Schäden wie Knochen-, Gelenk- und Muskelverletzungen, Deformation und Degeneration der Bänder führen.

Rückenschmerzen sind die häufigsten Folgen schlechter Haltung am Arbeitsplatz. Viele Menschen sitzen den ganzen Tag an ihren Schreibtischen und verbringen Stunden damit, für ihre Berufsausübung auf ihre Computerbildschirme zu starren. Um vorzubeugen oder zu lindern, sind eine gute Haltung und regelmäßige Bewegung wichtig. Es gibt auch spezielle Rückenstützkissen und -gurte (vgl. Abb. 4-2, 4-3), die am Arbeitsplatz getragen werden können, um die Wirbelsäule in einer gesunden Position zu halten.⁵²



Abbildung 4-2: Rückenbandage⁵³



Abbildung 4-3: Ergonomisches Lendenkissen⁵⁴

⁵² Vgl. Lange, W., Windel, A.: Kleine Ergonomische Datensammlung, Köln: TÜV Media GmbH, 2017, S. 89-90.

⁵³ Webseite, www.saniburg.de.:URL, <https://shop.saniburg.de/Bauerfeind-Hygieneartikel-SofTec-Dorso-Orthese-zur-Aufrichtung-und-erhoehten-Stabilisierung-der-Wirbelsaeule>, letzter Zugriff 02.12.2022.

⁵⁴ Webseite, www.ergotopia.de: URL, <https://www.ergotopia.de/blog/lendenkissen-anwendung>, letzter Zugriff 02.12.2022.

4.1.2 Kopfschmerzen durch falsche Haltung am Schreibtisch

Eine ungünstige Haltung am Schreibtisch kann nicht nur Rückenschmerzen, sondern auch Kopfschmerzen verursachen. Durch eine schlechte Sitzposition wird die Wirbelsäule nicht richtig gestützt und die Muskeln müssen sich mehr anstrengen, um den Oberkörper aufrecht zu halten. Sie verspannen sich im Nacken bzw. in den Schultern und verursachen Kopfschmerzen. Auch die Augen können durch eine unguete Haltung am Schreibtisch stark beansprucht werden. Wenn sich der_die Arbeitnehmer_in beim Schreiben oder Lesen nach vorn beugt, müssen sich die Augen mehr anstrengen, um den Text klar zu erkennen, was zu Kopfschmerzen führen kann. Beim Sitzen oder Stehen ist es wichtig, sich so am Schreibtisch zu positionieren, dass man eine aufrechte Körperhaltung einnimmt und den Oberkörper entspannt lassen kann. Die Unterarme sollten in der Sitzposition auf der Tischplatte abgelegt und die Arme locker in einer leicht gebeugten Position gehalten werden können, damit die Muskeln im Nacken und im Schulterbereich entspannt bleiben. Wichtig ist, dass die Bildschirmfläche so ausgerichtet ist, dass der Oberkörper nicht gekrümmt ist.⁵⁵

Ein weiterer unangenehmer Effekt nichtergonomischer Arbeitsplätze ist die ständige Nackenverspannung, die durch einen anhaltenden Blick auf den Monitor entsteht. Dies führt zu Kopfschmerzen und kann langfristig sogar zu ernsthaften Schäden an der Wirbelsäule führen.⁵⁶

4.2 Arbeitsstätteneignung

Der Arbeitsplatz ist für die meisten Menschen ein Ort, an dem die überwiegende Lebenszeit verbracht wird. Er sollte daher die Gesundheit der Beschäftigten nicht gefährden. Die Arbeitsstättenrichtlinien (ASR) regeln, wie Arbeitsbereiche eingerichtet sein müssen, damit sie den Anforderungen an die Sicherheit und das Wohlbefinden der Berufstätigen entsprechen. Die

⁵⁵ Vgl. Lange, W., Windel, A.: Kleine Ergonomische Datensammlung, Köln: TÜV Media GmbH, 2017, S. 23-25.

⁵⁶ Vgl. Siedler, A., Euler, U., Letzel, S., Nowak, D.: Gesunde Gestaltung von Büroarbeitsplätzen, Landesberg am Lech: ecomed Medizin Verlag, 2015, S. 16.

ASR legen u. a. fest, dass Arbeitsplätze so gestaltet sein müssen, dass sie sowohl die körperliche als auch die psychische Gesundheit der Arbeitenden schützen. Zu den körperlichen Aspekten gehören bspw. die Ergonomie mit geeigneten Tischen, Stühlen, Arbeitsmitteln und die richtige Beleuchtung der Arbeitsplätze. Zu den psychischen Aspekten gehören z. B. die Gestaltung und Organisation der Arbeit und die Zusammenarbeit im Team.⁵⁷

⁵⁷ Vgl. Kubitscheck, St., Kirchner, J.-H.: Kleines Handbuch der praktischen Arbeitsgestaltung. München: Carl Hanser Verlag, 2013, S. 54-58.

5 Arbeitsplatzgestaltung bei der Handmontage

5.1 Manuelle Montage kleiner Baugruppen

Manuelle Montage verweist auf Arbeitsvorgänge, die durch den Menschen per Hand (lat. manus) durchgeführt werden. Eine Person ist ausführendes Organ eines Produktionsprozesses und nutzt für den Ablauf neben Werkzeugen, elektronischen Hilfsmitteln und mechanischen Vorrichtungen seine Sinne, insb. die Hände mit einer speziellen Fingerfertigkeit sowie die Augen und Ohren. Die Leistungsgüte und der Leistungsumfang eines_r Arbeiter_in hängen von etlichen Aspekten ab, wie z. B. Geräusche, Temperatur, Design und Arbeitsplatzgestaltung, gleichzeitig auch von der individuellen Situation und vom Betriebsklima. Eine konstante Leistung über einen Zeitraum von bis zu acht Stunden zu erbringen, ist dem Menschen nicht möglich (vgl. Abb. 5-1). Die Abbildung macht deutlich, in welchen Zeiten ein Werk­tätiger zu hoher, konzentrierter Leistung fähig ist und wann die individuelle Leistungskurve an einem normalen Arbeitstag unter 100 Prozent fällt. Mit geregelten Pausenzeiten kann die Leistungsfähigkeit beeinflusst werden. Arbeitserleichterung und Erhalt der Gesundheit sind oberstes Gebot.

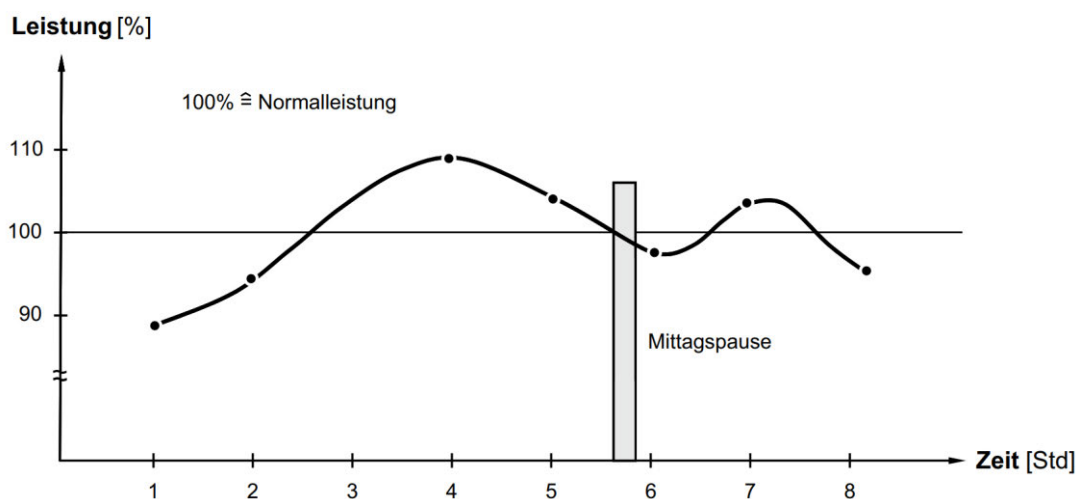


Abbildung 5-1: Typischer Verlauf der menschlichen Leistung in Prozent der Normalleistung⁵⁸

⁵⁸ Lotter, B., Wiendahl, H.-P.: Montage in der industriellen Produktion, Ein Handbuch für die Praxis, 2. Aufl., Berlin: Springer-Verlag 2012, S. 109.

Ergonomische Arbeitsbedingungen sind daher anhand arbeitswissenschaftlicher Ergebnisse nicht nur zu kennen, sondern als verpflichtende Maßnahmen lt. Betriebsverfassungsgesetz einzuhalten. Dass durch eine ergonomische Gestaltung eines Montagearbeitsplatzes nicht nur Belastungen für die Beschäftigten gesenkt werden, sollten Arbeitgeber_innen viel stärker beachten. Denn ohne Ermüdung und durch mehr Wohlbefinden können die Ausschussquoten sinken und die Profite steigen. Abbildung 5-2 gibt detaillierte Auskunft über die Gestaltung manueller Arbeitsplätze.⁵⁹

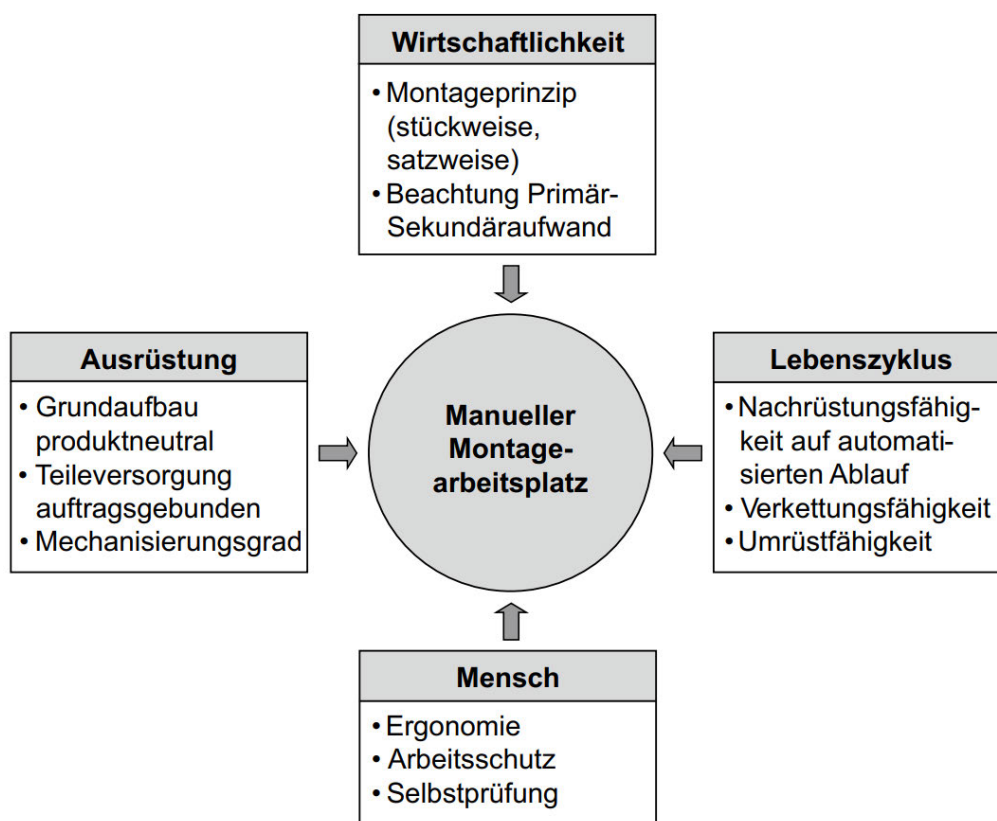


Abbildung 5-2: Anforderung an die Gestaltung manueller Arbeitsplätze⁶⁰

Ebenso wie die unerlässlichen personenbezogenen Ausstattungsmerkmale zu Ergonomie und Sicherheit muss die Qualitätsprüfung Beachtung finden,

⁵⁹ Vgl. Lotter, B., Wiendahl, H.-P.: Montage in der industriellen Produktion, Ein Handbuch für die Praxis, 2. Aufl., Berlin: Springer-Verlag 2012, S. 109.

⁶⁰ Lotter, B., Wiendahl, H.-P.: Montage in der industriellen Produktion, Ein Handbuch für die Praxis, 2. Aufl., Berlin: Springer-Verlag 2012, S. 110.

denn die sog. Werker selbstprüfung hat das Ziel, Fehler zu vermeiden, um keine mangelhaften Werkteile an die nächste Bearbeitungsstation weiterzugeben. Die Ausrüstung und das Arrangement am Arbeitstisch müssen daher so gestaltet sein, dass spezifische Hilfsmittel eine qualitätsvolle Ausführung unterstützen, z. B. bei sehr feinen Arbeitsvorgängen wie millimetergenaues Lötten oder Schrauben. Wenn es um die Grundausstattung der Arbeitsplatzeinrichtung geht, sollte man eine produktneutrale Wahl treffen, während die Bereitstellung der Einzelteile wegen der Vielfalt und Komplexität präzise und durchdacht sein muss. Da sich Produktionsprozesse in Bezug auf Stückzahlenforderungen oder Variationen ändern, sollte der Arbeitsplatz sowohl für Nachrüstungen als auch für automatisierte Vorgänge präpariert sein. Zu bedenken sind auch die Umrüst- und Verkettungsfähigkeit (vgl. Abb. 5-2). Selbstverständlich muss ein_e Unternehmer_in den Fokus stets auf die Wirtschaftlichkeit lenken und bei allen Montagevorgängen den Faktor Verschwendung im Auge behalten.⁶¹

5.2 Allgemeine Anforderungen an altersneutrale Arbeitsplatzgestaltung

Die Gestaltung des Handmontagearbeitsplatzes ist ein wichtiger Faktor für die Anordnungen in der Arbeitsumgebung. Sie legt fest, wie viel Bewegungsfreiheit am Arbeitsplatz vorhanden ist, und bestimmt die Abmessungen der einzelnen Möbelstücke. Die Anforderungen der Nutzer_innen müssen berücksichtigt werden, damit sie sich bequem und sicher bewegen können. Die Anordnung am Arbeitsplatz ist wichtig, um die Körperhaltung bei der Arbeit zu verbessern.

Folgende Punkte sollten beachtet werden:

- **Arbeitshöhe:** Die Arbeitshöhe sollte so eingestellt werden, dass man aufrecht stehen oder sitzen kann, ohne sich zu verkrampfen.

⁶¹ Vgl. Lotter, B., Wiendahl, H.-P.: Montage in der industriellen Produktion, Ein Handbuch für die Praxis, 2. Aufl., Berlin: Springer-Verlag 2012, S. 111.

- **Wirkbereich:** Der Wirkbereich ist der Bereich, in dem eine arbeitende Person die meiste Zeit verbringt. Es sollte möglich sein, alle Gegenstände in diesem Bereich mühelos zu erreichen, ohne sich unnötig zu strecken, zu verrenken oder zu verkrampfen.
- **Beobachtungsbereich:** Der Beobachtungsbereich ist der Sichtbereich, in dem Anzeigen und Kontrollinstrumente gesehen werden können. Dieser Bereich sollte so weit wie möglich vom Wirkbereich entfernt sein, damit man sich nicht ständig umdrehen muss.
- **Anordnung der Stellteile und Anzeigen:** Alle Stellteile und Anzeigen müssen so angeordnet sein, dass man sie leicht erreichen bzw. lesen kann.
- **Arbeitssitz:** Die Wahl des richtigen Arbeitssitzes ist wichtig, um Rückenschmerzen oder andere Beschwerden zu vermeiden. Eine bequeme Sitzposition und aufrechte Körperhaltung sind entscheidend.
- **Gesamteinordnung des Arbeitsplatzes:** Eine gute Beleuchtung und Belüftung sind essenziell. Störgeräusche sollten vermieden werden. Insbesondere soll Wert auf ausreichend Platz für eine freie Bewegung gelegt werden.⁶²

5.3 Handmontagearbeitsplätze im Vergleich

Die verschiedenen Arten der Handmontagearbeitsplätze stellen sich wie folgt dar:

1. Die erste Art ist die einfachste und am häufigsten vorkommende Variante. Der Arbeitsbereich besteht aus einem Tisch, an dem die Komponenten montiert werden. In der Regel wird dieser Arbeitstisch in der Nähe der Produktionslinie platziert, sodass die fertigen Teile direkt an die Linie weitergegeben werden können.
2. Die zweite Art ist komplexer und umfasst mehrere Stationen, die in der Regel mit Werkzeugen und Aufbewahrungseinheiten ausgestattet sind,

⁶² Vgl. Lotter, B., Wiendahl, H.-P.: Montage in der industriellen Produktion. Ein Handbuch für die Praxis, 2. Aufl., Berlin: Springer Verlag 2012, S. 419-423.

sodass die Mitarbeiter_innen alles griffbereit haben. Normalerweise wird dieser Tisch in der Nähe des Endprodukts aufgestellt, damit die fertigen Komponenten direkt an das Endprodukt weitergeleitet werden können.

3. Die dritte Art ist der komplexeste Arbeitsbereich und schließt etliche Stationen ein. Hier können Hilfsmittel und Aufbewahrungseinheiten für eine schnelle und griffbereite Handhabung aufgenommen werden. Meist wird diese Arbeitsfläche weit vom Endprodukt entfernt platziert, sodass die fertigen Komponenten zwischengeschaltet werden müssen, bevor sie an das Endprodukt übergeben werden können.⁶³

5.4 Mobile Werkzeugpaneele

Der Einsatz mobiler Werkzeugpaneele kann an Handmontagearbeitsplätzen sehr sinnvoll sein. Durch die Möglichkeit, das Werkzeugpaneel einfach an den jeweiligen Arbeitsplatz zu rollen, erreicht man eine hohe Flexibilität und Effizienz. Zudem können die Werkzeuge immer griffbereit und ordentlich verstaut werden.

Ein mobiles Werkzeugpaneel ist ein unverzichtbares Accessoire für den Handmontagearbeitsplatz (vgl. Abb. 5-3). Dieses nützliche Paneel kann an verschiedenen Stellen platziert werden und bietet sowohl durch die Qualität der Materialien als auch in der Funktionalität einen Mehrwert in Bezug auf die Optimierung der Abläufe für den Arbeitsalltag.⁶⁴

⁶³ Vgl. Lotter, B., Wiendahl, H.-P.: Montage in der industriellen Produktion, Ein Handbuch für die Praxis, Berlin: Springer Verlag 2006, S. 127-131.

⁶⁴ Vgl. Dickmann, P.: Schlanker Materialfluss, mit Lean Production, Kanban und Innovationen, Berlin: Springer Vieweg Verlag; 2015, S. 429.



Abbildung 5-3: Mobiles Werkzeugpaneel⁶⁵

Vorteile eines mobilen Werkzeugpaneels

⁶⁵ Mobiles Werkzeugpaneel Fette Compacting 2022.

1. Erhöhung der Flexibilität

Der/Die Arbeiter_in kann sich frei zu bewegen und hat dennoch Zugang zu allen benötigten Werkzeugen und Teilen. Dies ist besonders in den Umgebungen wichtig, in denen sich die Arbeitsbedingungen häufig ändern oder mehrere Arbeiter_innen gleichzeitig an einem Projekt arbeiten.

2. Verbesserung der Effizienz

Ein mobiles Werkzeugpaneel erhöht die Effizienz eines Handmontagearbeitsplatzes, da es dem/der Arbeiter_in ermöglicht, alle benötigten Werkzeuge und Teile schnell und einfach zu finden. Dies minimiert die Suchzeit und maximiert die Zeit, die für die tatsächliche Arbeit am Projekt aufgewendet werden kann.

3. Förderung der Sicherheit

Ein mobiles Werkzeugpaneel verbessert die Sicherheit, da es dem/der Arbeiter_in ermöglicht, die Hände während einer Bewegung frei zu haben, was die Wahrscheinlichkeit von Unfällen und Verletzungen verringert.

Nachteile eines mobilen Werkzeugpaneels

Mobile Werkzeugpaneele sind teurer als fest montierte Paneele. Darüber hinaus können mobile Werkzeugpaneele schwierig zu transportieren sein, wenn sie mit schwerem Werkzeug bestückt sind. Außerdem besteht immer die Gefahr, dass sie vom vorgesehenen Platz unbeabsichtigt von Mitarbeiter_in weggeschoben werden könnten.⁶⁶

⁶⁶ Vgl. Dickmann, P.: Schlanker Materialfluss, mit Lean Production, Kanban und Innovationen, Berlin: Springer Vieweg Verlag; 2015, S. 429.

6 Konzepterarbeitung für die Auswahl geeigneter Handmontagetische

Um das gesetzte Ziel zu verfolgen, wird eine Checkliste von ifaa als Beispiel genutzt. Die Checkliste bittet Hilfestellung bei ergonomischer Bewertung von Arbeitsplätzen. In der nachfolgenden Tabelle 6-1 in Anlehnung an (Stowasser S. 2020) werden Arbeitsplatzumgebung, Arbeitsplatz, Arbeitsmittel und Tätigkeitsausführungen grob bewertet. Anschließend werden gewonnene Erkenntnisse im nachfolgenden Kapitel 6.1 *Istzustand des Handmontagearbeitsplatzes*, zur weiteren Analyse bzw. Bearbeitung zusammengefasst.

Tabelle 6-1: Checkliste zur ergonomischen Bewertung (Quelle: eigene Darstellung in Anlehnung an ifaa⁶⁷)

1. Arbeitsplatzumgebung				
Bewertungskriterium		ja	zum teil	nein
Lärm				
Nr.1.1	Liegen Belastungen durch Lärm vor? <ul style="list-style-type: none"> z. B. laute Geräusche, die das Hörvermögen, die Sprachverständigung beeinträchtigen können 			x
Klima				
Nr.1.2	Liegen klimatische Belastungen vor? <ul style="list-style-type: none"> z. B. Hitze oder Kälte 			x
Beleuchtung				
Nr.1.3	Liegen Belastungen durch ungünstige Beleuchtung vor? <ul style="list-style-type: none"> z. B. sehr wenig Tageslicht oder geringe Beleuchtungsstärke 		x	
Nr.1.4	Liegen Belastungen durch direkte oder indirekte Blendung vor?			x
Weitere physikalische Einwirkungen				
Nr.1.6	Wirken Ganzkörper-Vibrationen ein? <ul style="list-style-type: none"> mechanische Schwingungen z. B. durch Fahrzeuge 			x

⁶⁷ Vgl. Stowasser S. ifaa – Institut für angewandte Arbeitswissenschaft e. V. Checkliste zur ergonomischen Bewertung von Tätigkeiten, Arbeitsplätzen, Arbeitsmitteln & Arbeitsumgebung. 2020

Nr.1.7	Wirken Hand-Arm-Vibrationen ein? <ul style="list-style-type: none"> mechanische Schwingungen z. B. durch handgeführte Maschinen oder Handwerkzeuge 			x
Nr.1.8	Wirken Gefahrstoffe ein? <ul style="list-style-type: none"> z. B. Stoffe mit folgenden Eigenschaften: explosionsgefährlich, brandfördernd, etc. 			x
Nr.1.9	Liegen Gefährdungen durch Kontakt mit biologischen Arbeitsstoffen vor? <ul style="list-style-type: none"> z. B. durch Mikroorganismen wie Bakterien, Schimmelpilze, etc. 			x
Nr.1.10	Liegen Hautbelastungen vor? <ul style="list-style-type: none"> z. B. durch Kontakt mit chemischen oder biologischen Arbeitsstoffen, etc. 			x
Nr.1.11	Liegen weitere Einwirkungen vor? <ul style="list-style-type: none"> z. B. infrarote Strahlung, Laserstrahlung, ionisierende Strahlung, etc. 			x
2. Arbeitsplatz				
Bewertungskriterium		ja	zum teil	nein
Körperhaltung				
Nr.2.1	Kann der Mitarbeiter am Arbeitsplatz eine physiologisch gute Körperhaltung einnehmen? <ul style="list-style-type: none"> z. B. kein starkes Beugen des Oberkörpers oder Verdrehen des Rumpfes, Vermeidung extremer Kopfneigung oder -drehung 	x		
Nr.2.2	Ist ein Wechsel zwischen sitzenden und stehenden Haltungen möglich? <ul style="list-style-type: none"> falls arbeitsorganisatorisch und fertigungstechnisch ein Arbeiten im Sitzen möglich ist 			x
Nr.2.3	Sind individuell einstellbare Körperunterstützungen vorhanden? <ul style="list-style-type: none"> z. B. Fuß-, Arm-, Handstütze, Sitzgelegenheiten oder Stehhilfen 			x
Abmessung				

Nr.2.4	Sind die Abmessungen des Arbeitsplatzes im empfohlenen/der Tätigkeit angemessenen Bereich? • z. B. Arbeitshöhe, Arbeitstiefe, Arbeitsbreite, etc.		x	
Nr.2.5	Ist eine Ablage für persönliche Dinge vorhanden?			x
Nr.2.6	Ist die Bewegungsfreiheit des Körpers und der Extremitäten (Arme/Beine) ausreichend?	x		
Nr.2.7	Sind häufig abzulesende Anzeigen und Stellteile nicht über Kopfhöhe angeordnet und möglichst nahe an der Arbeitsstelle angebracht?		x	
Einsehbarkeit				
Nr.2.8	Ist der gesamte Arbeitsprozess gut zu beobachten? z. B. Überblick, Beleuchtung		x	
3. Arbeitsmittel				
Bewertungskriterium		ja	zum teil	nein
Allgemeine Angaben zu Arbeitsmitteln				
Nr.3.1	Sind die Wege zu den Arbeitsmitteln und/oder Werkzeugen auf ein Minimum reduziert?		x	
Nr.3.2	Sind die Ablagen für Werkzeuge/Hilfsmittel definiert?			x
Nr.3.3	Ist die Anordnung der Arbeitsmittel und Bedienteile im günstigen Greifraum? z. B. Erreichbarkeit von Behältern, Werkzeug		x	
Bildschirm				
Nr.3.4	Entspricht der Bildschirm den ergonomischen Anforderungen? • Bildschirmgröße an die Arbeitsaufgabe angepasst Helligkeit und Kontrast einstellbar, frei von störenden Reflexionen		x	
4. Tätigkeitsausführung				
Bewertungskriterium		ja	zum teil	nein
Position				

Nr.4.1	Besteht eine Belastung durch erzwungenes Sitzen?			x
Nr.4.2	Besteht eine Belastung durch dauerhaftes Stehen?	x		
Nr.4.3	Besteht eine Belastung durch Zwangshaltungen? <ul style="list-style-type: none"> • z. B. Bücken, Hocken, Knien, Überkopfarbeit, Liegen 			x

6.1 Istzustand des Handmontagearbeitsplatzes

Nach gründlicher Recherche konnte festgestellt werden, dass die aktuellen Handmontagearbeitsplätze am Institut für Produkt- und Produktionsmanagement verbesserungswürdig sind (vgl. Abb. 6-1). Ein enormer Nachteil ist die nichthöhenverstellbare Arbeitsfläche, sodass die Tische nicht auf die Körpergröße der Student_innen angepasst werden können. Bei diesen Steharbeitsplätzen bedeutet das Arbeiten somit eine größere Belastung, zumal es bei den derzeitigen Handmontageplätzen gar keine Sitzmöglichkeiten gibt. Hätte der Arbeitsbereich Sitzgelegenheiten, könnte man durch höhenregulierbare Stühle diesem Manko entgegenwirken. Fehlende Fächer, Schubladen und Regalbretter stellen ein weiteres Defizit dar, denn nirgendwo kann man geordnet weitere Gegenstände ablegen. Eine fachgerechte Unterbringung der Einzelbauteile bzw. des Werkzeugs ist nicht möglich. Somit fallen durch nichtgriffbereite Hilfsmittel unnötige Handgriffe an. Die Bildschirme lassen sich nicht individuell justieren und die Beleuchtung kann für unterschiedliche Personen und Vorgänge nicht differenziert eingestellt werden. Die Anordnung der einzelnen Arbeitstische ist nicht optimal, d. h. dass durch die nicht durchdachte Positionierung ein Zwischenraum zwischen den Arbeitsflächen entsteht, durch den kleine Teile zur Boden fallen können. Skizzen, Hinweise oder Anleitungen können nicht aufgehängt werden, da es keine Vorrichtung, wie z. B. Haken, Magnettafeln oder Klemmleisten, gibt.

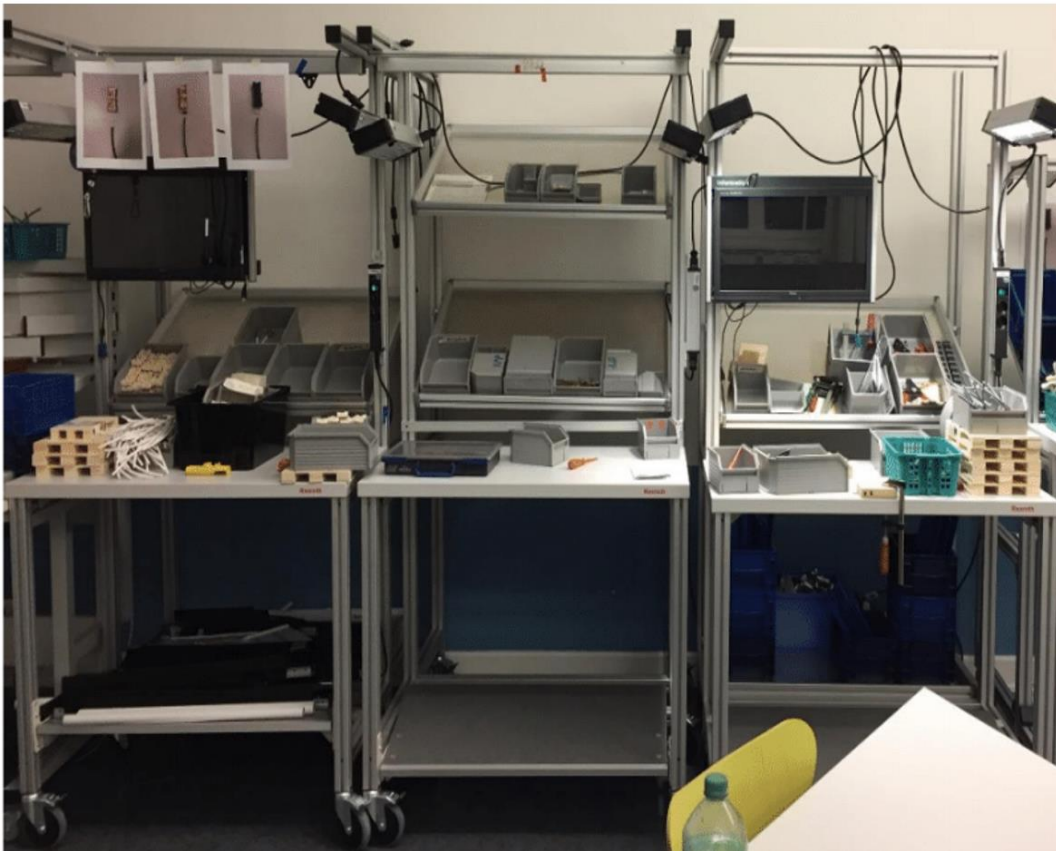


Abbildung 6-1: Aktuelle Handmontagearbeitsplätze (Quelle: eigene Fotografie⁶⁸)

6.2 Sollzustand des Handmontagearbeitsplatzes

Aus den dezidierten Ausführungen zur Ist-Analyse lassen sich eindeutige Forderungen für gesundheitsbewusste Handmontagearbeitsplätze beschreiben. Innerhalb der Anforderungsliste (vgl. Tab. 6-1) wird zwischen Wunsch (W) und Forderung (F) unterschieden und ausgedrückt, dass es unterschiedliche Stellenwerte gibt. Die Kosten für drei neue Arbeitsplätze dürfen einen Maximalwert von 6000 € nicht übersteigen. Auf dieser Grundlage werden vermutlich nicht alle Belange aus der Tabelle berücksichtigt werden können. Die mit ‚W‘ markierten Aspekte sind kein Grund, um bei der Suche nach einer Lösung ein bestimmtes Produkt auszuschließen, denn die Entscheidung für ein ‚W‘ steht im Zusammenhang

⁶⁸ Vgl. Department Maschinenbau und Produktion, Institutslabor für Produkt- und Produktionsmanagement.

mit ganz speziellen Vorgaben. Diese konkreten Anforderungen können sich widersprechen, wenn z. B. eine Bewegungsvermögen am Arbeitstisch gewünscht wird, ein rollender Sitzplatz allerdings für Instabilität sorgt. So wird z. B. der Faktor ‚Mobilität in Form von Rollen‘ (vgl. Tab. 6-2) deshalb als Wunsch definiert, weil er erstrebenswert ist, allerdings nur unter der Prämisse eines hohen Maßes an Robustheit. Es darf kein Kompromiss gemacht werden, sodass bei unzuverlässigen Rollensystemen lieber ein stabiler, stationärer Arbeitstisch gekauft werden sollte.

In die Tabelle (vgl. Tab. 6-2) wurden Elemente aufgenommen, die üblicherweise nicht zum Zubehör eines Handmontagearbeitsplatzes gehören, z. B. Tastatur und Sitzmöglichkeit.

Tabelle 6-2: Anforderungsliste (Quelle: eigene Darstellung)

Arbeitsplatzelement	Forderung/ Wunsch	Beschreibung
Aufbewahrung der Werkzeuge	F	griffbereite Werkzeuge durch ausreichende Fächer
	F	zusätzliche Schubladen für Werkzeuge
Werkstückteile	F	Platzierung von mindestens 15 Werkstückteilen
Beleuchtung	W	individuelle Beleuchtung des Arbeitsplatzes
Tastatur	W	flexibel installierte Tastatur
Monitor	F	flexibel verstellbarer Monitor
	W	Touchdisplay zur einfachen Monitorbedienung
Mobilität	W	Mobilität in Form von Rollen
Arbeitsfläche	F	höhenverstellbare Arbeitsfläche
	W	elektrisch höhenverstellbare Arbeitsfläche

Technologie	W	Steckdosen, USB-Anschlüsse, Internetzugang
Sitzmöglichkeiten	W	Möglichkeit ergonomischer Sitzmöglichkeiten
	W	höhenverstellbare Sitzmöglichkeiten
	W	verstaubare statt fest installierte Sitze
Material	W	Arbeitsfläche aus Aluminium statt Holz oder Hartlaminat
Sicherheit/ Stabilität	F	hohe Sicherheit sowie einfacher Aufbau und problemlose Instandsetzung
	F	Arbeitsfläche mit Tragkraft von 200 kg
	W	Schutz gegen elektrostatische Entladung (ESD-Schutz)
Dokumentenhalterung/ Aufhängemöglichkeiten	W	Aufhängemöglichkeiten für Arbeitsanweisungen oder Zeichnungen

6.3 Relevante Kriterien eines Handmontagearbeitsplatzes

Sechs Kategorien bilden die Grundlage für die optimale Auswahl eines Handmontagearbeitsplatzes: Material, Stabilität/Sicherheit, Funktionalität/Komfort, Ergonomie, Beleuchtung und Kosten (vgl. Abb. 6-2).

In Bezug auf das Material müssen Gesichtspunkte, wie z. B. die Reinigungsaspekte, der elektrostatische Schutz als Sicherheitsfaktor, die Korrosionsbeständigkeit und die Langlebigkeit, in die Waagschale geworfen werden, was letztlich dazu führt, dass die Wahl auf Aluminium fällt.

Unter dem Kriterium der Stabilität und Sicherheit sollen insbesondere die Strapazierfähigkeit und Dicke der Arbeitsplatte sowie die Widerstandsfähigkeit des Gestells geprüft werden.

Bei der funktionalen Betrachtung geht es um den praktischen Komfort, eine schnelle Handhabung und vorteilhafte Umsetzung. Bedeutend sind in diesem Zusammenhang die griffbereiten Hilfsmittel, eine nützliche Elektroleiste, verschiedene Aufbewahrungsfächer, eine notwendige Dokumentenhalterung und die höhenverstellbare Arbeitsfläche. Eine elektrische Justierung bildet einen unverzichtbaren Komfort, der es ermöglicht, statt aufwändiger Handkurbel oder unter Zuhilfenahme eines Inbusschlüssels eine rasche Höhenanpassung vorzunehmen.

Mit dem Fokus auf die Ergonomie wird für die Gesundheit und Sicherheit der Arbeitskräfte Rechnung getragen. Die Verstellbarkeit der Arbeitsplatte ist ein wesentlicher Faktor, der nicht nur für Komfort, bessere Handhabung bei der Arbeitsausführung und Effektivität sorgt, sondern insb. körperlichen und psychischen Belastungen vorbeugt.

Eine Leuchtvorrichtung mit der Möglichkeit zur persönlichen Justierung ist ein weiterer unverzichtbarer Punkt. Die aktuellen Arbeitsplätze verfügen nicht über eine individuell einstellbare Beleuchtung und werden daher als großes Manko angesehen.

Der Kostenfaktor ist stets ein zentraler Gesichtspunkt und ein vorgegebenes Kostenlimit sollte nicht überschritten werden, da andere kostspielige Investitionen existieren.

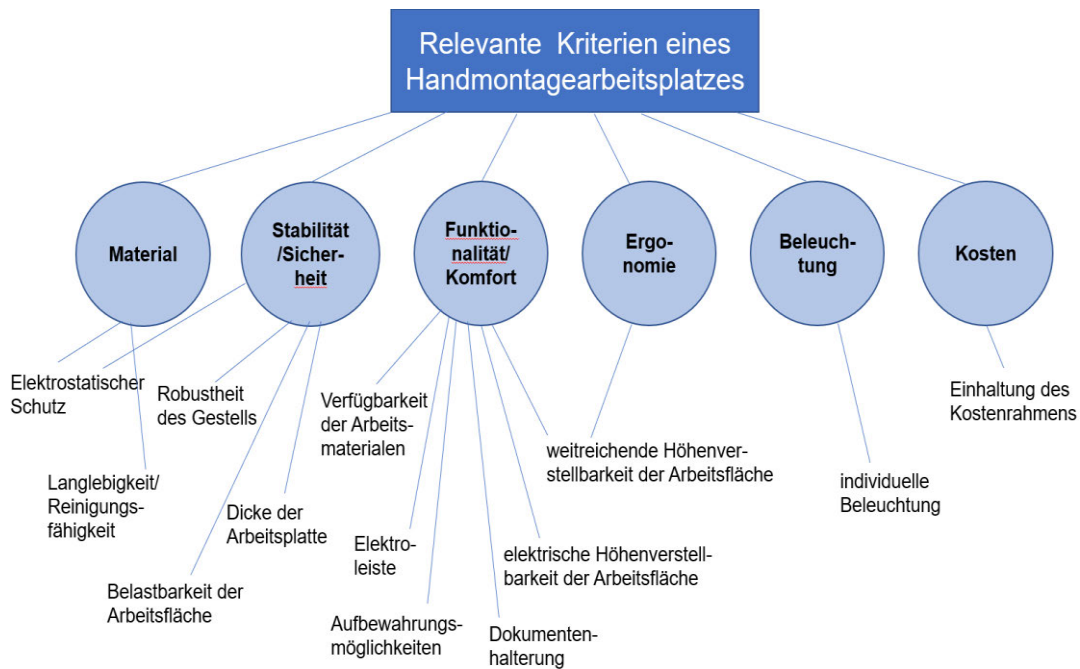


Abbildung 6-2: Relevante Kriterien eines Handmontagearbeitsplatzes (Quelle: eigene Darstellung)

6.4 Alternativen an Handmontagearbeitsplätzen

Dieses Kapitel befasst sich mit der Vorstellung ausgewählter Handmontagearbeitsplätze. Etliche Hersteller_innen offerieren den Interessent_innen mit Hilfe eines Konfigurationsprogramms, einen individuellen Arbeitsplatz zu kreieren. Für die Unternehmen bedeutet das, dass sie die Handarbeitsplätze auf ihre speziellen Bedürfnisse zusammenstellen können.

Die Auswahl für das Institut Produkt- und Produktionsmanagement beschränkt sich auf drei verschiedene Handmontageplätze bei unterschiedlichen Produzenten. Es geht dabei um die jeweilige Standardausrüstung einer Produktreihe. Die anschließende Bewertung und Analyse bezieht sich auf diese Standardmodelle. In dem folgenden Abschnitt werden folgende Handmontagearbeitsplätze von den Hersteller Treston, Geltron und Emporo für die weitere Untersuchung herangezogen.

6.4.1 Arbeitstisch von Treston

Beim Arbeitstisch *WB-811* des Unternehmens Treston (vgl. Abb. 6-3) kann die Arbeitsflächenhöhe mühelos durch einen Elektromotor stufenlos zwischen 70 cm und 110 cm eingestellt werden. Eine laminierte Tischplatte aus Aluminium bietet die beste Voraussetzung für Langlebigkeit und perfekte Reinigung. Die Platzierung der Tische kann nahtlos an einer Wand bzw. an anderen Arbeitstischen erfolgen. Vorteilhaft ist die Eck- und Seitenverlängerung durch ergänzende Platten.

Leider inkludiert das Standardmodell keinen Schutz gegen eine elektrostatische Entladung. Bei der Belastbarkeit unterscheiden sich Kurbeltisch (200 kg), Motortisch (200 kg) und Schraubentisch (250 kg).

Eine Konstruktion aus pulverbeschichtetem Stahl bildet das Untergestell mit praktischen, verstellbaren Fußnoppen. Ca. 2100 € muss der_/_die Käufer_in für diesen Handmontagearbeitsplatz bezahlen.⁶⁹



Abbildung 6-3: WB-811 (Treston)⁷⁰

⁶⁹ Vgl. Profishop: Treston, Arbeitstisch mit Elektromotor 800 x 1100mm WB-811EL, URL: https://www.profishop.de/pg/266294/6badfd7012be893984f6b98a9a5d28109?gclid=EAlalQobChMlteSz743r-wlVTAKLCh0PBQtbEAQYAyABEgKB__D_BwE, letzter Zugriff 08.12.2022.

⁷⁰ Profishop: Treston, Arbeitstisch mit Elektromotor 800 x 1100mm WB-811EL, URL: https://www.profishop.de/pg/266294/6badfd7012be893984f6b98a9a5d28109?gclid=EAlalQobChMlteSz743r-wlVTAKLCh0PBQtbEAQYAyABEgKB__D_BwE, letzter Zugriff 08.12.2022

6.4.2 Arbeitstisch von Geltron

Sicherheit wird beim *Viking ESD Comfort Professionell* des Anbieters Geltron (vgl. Abb. 6-4) großgeschrieben, daher ist der Schutz gegen elektrostatische Entladung im Standard enthalten. Der Montagetisch aus Stahl, einem C-Fuß und ausgleichenden Bodenschrauben verfügt über eine Tragfähigkeit von 200 kg. Die Arbeitsplatte ist 26 mm dick und aus ableitfähigem Hartlaminat. Das Standardmodell bietet eine Stromleiste mit vier Steckdosen. An der gelochten Rückwand können bequem verschiedene Hilfsmittel, Geräte und Werkzeuge aufgehängt werden. Die Arbeitshöhe kann nur manuell durch einen Inbusschlüssel auf eine Höhe zwischen 80 cm und 95 cm eingestellt werden. Eine Aluminiumschiene dient als Behälter mit einer Maximallast von 10 kg. Auf der höhenverstellbaren Hauptregalfläche (Tiefe 30 cm) können Gegenstände bis zu 50 kg gelagert werden. Die Beleuchtung am Arbeitsplatz (60 LED-Elemente) ist durch ein Aluminiumgehäuse geschützt und mit einer Winkeleinstellung bis 60° bedienbar. Zwei Stahlschubladen können mit jeweils 30 kg belastet werden. Bei einem Preis von ca. 1850 € ist ein Extraregalboden inkludiert.⁷¹



Abbildung 6-4: Viking ESD Comfort Professionell (Geltron)⁷²

⁷¹ Vgl. Geltron: Viking ESD Comfort Professionell, URL: https://www.geltron.de/esd-schutz-egb/esd-tische/viking-comfort-esd/viking-esd-comfort-professionell?gclid=EAlaIqobChMI9-6J6pLr-wlVkt3Ch2VpgMIEAsYASABEgKYYPD_BwE 08.12.2022.

⁷² Viking ESD Comfort Professionell, URL: https://www.geltron.de/esd-schutz-egb/esd-tische/viking-comfort-esd/viking-esd-comfort-professionell?gclid=EAlaIqobChMI9-6J6pLr-wlVkt3Ch2VpgMIEAsYASABEgKYYPD_BwE 08.12.2022.

6.4.3 Arbeitstisch von Emporo

Die Firma Emporo bietet mit dem Modell *Alfa Plus* (vgl. Abb. 6-5) einen Montagetisch an, der mit 300 kg Gesamtbelastbarkeit ausgelegt ist. Für den Tisch gibt es spezielle Schrauben, die bei Bodenunebenheiten ausgleichen. Grundsätzlich werden Einzelteile durch Schraub- oder Steckvorgänge verbunden. Aus einer 25 mm dicken, antistatischen Möbelspanplatte besteht die Werkfläche. Zwei hängende Schubladen mit Kugelauszügen kennzeichnen das Modell. Außerdem bietet der Alfa Plus eine Elektroleiste mit acht Steckdosen. Ein standardmäßiger Schutz gegen elektrostatische Entladung ist ebenso ein Vorteil wie die in der Höhe verstellbare Hängelampe mit LED-Leuchtmitteln. Die Höhe der Arbeitsfläche ist nur manuell zwischen 75 cm und 100 cm einstellbar. Im Preis von ca. 1800 € sind enthalten: Standardmodell, zusätzlicher Regalboden, Halterung für Dokumente und Monitor.⁷³



Abbildung 6-5: Alfa Plus (Emporo)⁷⁴

⁷³ Vgl. Emporo: ESD-Arbeitstisch Alfa Plus. URL: <https://www.emporo.de/v/1366910?customerType=true&gclid=EAlaIqo>, letzter Zugriff 09.12.2022.

⁷⁴ Emporo: ESD-Arbeitstisch Alfa Plus. URL: <https://www.emporo.de/v/1366910?customerType=true&gclid=EAlaIqo>, letzter Zugriff 09.12.2022.

6.5 Darstellung der Alternativen mit Hilfe des morphologischen Kastens

Mit Hilfe eines morphologischen Kastens (vgl. Tab. 6-4) lassen sich zur Entscheidung bestimmter Probleme z. B. Gewichtung, Qualität, Funktionen und Komponenten übersichtlich darstellen. Man bedient sich damit eines anschaulichen Instruments zur Lösungsfindung. Einzelne Kriterien werden als Bestandteile notiert und mit ihren Eigenschaften benannt. Nach Vervollständigung der Übersicht werden die Lösungsmöglichkeiten durch verbindende Linien markiert⁷⁵, um die beste Alternative aufzudecken. In diesem Fall haben die Übersicht (vgl. Tab. 6-3) und der morphologische Kasten (vgl. Tab. 6-4) die Aufgabe, die zusammengetragenen Fakten über die Produktmerkmale der Arbeitsplatztische auf einen Blick verständlich zu machen.

Tabelle 6-3: Übersicht über die Produktmerkmale (Quelle: eigene Darstellung)

Faktoren	Ausgestaltungsalternativen		
Elektrostatistische Ladung	Schutz	kein Schutz	
Verstellbarkeit des Tisches	elektrisch	Inbusschlüssel	Handkurbel
Reichweite der Höhenverstellbarkeit	≤20 cm	20-30 cm	≥30 cm
Material der Tischplatte	Hartlaminat	Aluminium	Holz
Elektroleiste	vier Steckdosen	acht Steckdosen	nur durch Erweiterung
Dokumentenhaltung	vorhanden	nur durch Erweiterung	
Individuelle Beleuchtung	möglich	nur durch Erweiterung	
Belastbarkeit des Tisches	200 Kilogramm	250 Kilogramm	300 Kilogramm
Preis	<1.800 Euro	1.800-2.000 Euro	>2.000 Euro

⁷⁵ Vgl. Nagel, M., Mielke, C., Teuber, S.: Methodenhandbuch der Betriebswirtschaft, 2. Auflage, München: UVK Verlag, 2020, S 36-37.

Tabelle 6-4 bewertet die drei Angebote mit ihren Vor- bzw. Nachteilen in Form eines morphologischen Kastens.

- Alternative 1, (blau): WB-811 (Treston)
- Alternative 2, (rot): Viking ESD Comfort Professionell (Geltron)
- Alternative 3, (gelb): Alfa Plus (Emporo)

Tabelle 6-4: Morphologischer Kasten (Quelle: eigene Darstellung)

Bestandteile	Ausgestaltungsalternativen		
Elektrostatische Ladung	Schutz	kein Schutz	
Verstellbarkeit des Tisches	Elektrisch	Inbusschlüssel	Handkurbel
Reichweite der Höhenverstellbarkeit	bis 20 cm	20-30 cm	über 30 cm
Material der Tischplatte	Hartlaminat	Aluminium	Holz
Elektroleiste	mit vier Steckdosen	mit acht Steckdosen	nur durch Erweiterung
Dokumentenhalterung	vorhanden	nur durch Erweiterung	
Individuelle Beleuchtung	möglich	nur durch Erweiterung	
Belastbarkeit des Tisches	200 Kilogramm	250 Kilogramm	300 Kilogramm
Preis	Bis 1800 Euro	1800-2000 Euro	Über 2000 Euro

6.6 Bewertung der drei Handmontagearbeitsplätze

6.6.1 Bewertung auf Grundlage einer Dominanzmatrix

Eine Dominanzmatrix gilt als hervorragendes Instrument, wenn es darum geht, Alternativen zu vergleichen, Prioritäten zu setzen und letztlich eine zufriedenstellende Lösung zu finden. Die Analyse beruht auf einem paarweisen Abgleich der Varianten, wobei das Verhältnis zwischen den Auswahlmöglichkeiten mit drei Ziffern ausgedrückt wird: 2 (=besser als), 1 (=gleich gut wie) und 0 (=schlechter als).⁷⁶ Tabelle 6-5 präsentiert eine Dominanzmatrix mit den sechs Bewertungskriterien Material, Stabilität, Beleuchtung, Funktionalität/Komfort, Ergonomie und Kosten. Es kann sich ergeben, dass sich bei drei Alternativen in sechs Beurteilungsfaktoren und dem Vergleich mit zwei anderen Möglichkeiten am Ende eine Bewertung mit dem zwölffachen Ergebnis „besser als“ ergibt.

Es gilt, sich von vornherein zu entscheiden, in welcher Richtung die Auswahl vorzunehmen ist (senkrecht oder waagrecht). Im vorliegenden Fall findet die Auswahl senkrecht statt.

⁷⁶ Vgl. Ehrlenspiel, K., Meerkamm, H.: Integrierte Produktentwicklung. Denkabläufe, Methodeneinsatz, Zusammenarbeit, 6. Auflage, München: Hans Verlag, 2017, S. 645.

Tabelle 6-5: Dominanzmatrix (Quelle: eigene Darstellung)

Kriterium	Alternativen	Treston	Geltron	Emporo
Material				
Im Vergleich zu ...	Treston	-	0	0
	Geltron	2	-	1
	Emporo	2	1	-
Stabilität				
Im Vergleich zu ...	Treston	-	0	0
	Geltron	2	-	1
	Emporo	2	1	-
Beleuchtung				
Im Vergleich zu ...	Treston	-	2	2
	Geltron	0	-	1
	Emporo	0	1	-
Funktionalität/Komfort				
Im Vergleich zu ...	Treston	-	0	0
	Geltron	2	-	1
	Emporo	2	1	-
Ergonomie				
Im Vergleich zu ...	Treston	-	0	1
	Geltron	2	-	2
	Emporo	1	0	-
Kosten				
Im Vergleich zu ...	Treston	-	2	2
	Geltron	0	-	1
	Emporo	0	1	-
Anzahl der größten Menge		7	2	3
Rang		1	3	2

Nach Abschluss der Analyse ergibt sich für die Auswahl der Handmontagearbeitsplätze das eindeutige Ergebnis, dass der Arbeitstisch von Treston die beste Wahl ist, denn bei sieben von zwölf maximalen Bewertungspunkten schneidet der Montageplatz am besten ab. Damit nimmt der *WB-811* den ersten Rang ein. Die zweitbeste Alternative ist das Angebot *Alpha Plus* von Emporo, das in drei von zwölf Vergleichskomponenten vorteilhafter war. Auf dem letzten Rang befindet

sich der Montageplatz *Viking ESD Comfort Professionell* von Geltron, der nur bei zwei Vergleichen die Einstufung „besser“ erhielt.

6.6.2 Technisch-wirtschaftliche Bewertung (Nutzwertanalyse VDI 2225)

Eine weitere Möglichkeit, die drei Montagearbeitsplätze zu bewerten, kann durch die VDI-Richtlinie 2225 Technisch-wirtschaftliches Konstruieren vorgenommen werden, um wirtschaftliche und technische Vorteile verschiedener Angebote in den Mittelpunkt zu rücken. Die entsprechenden Kriterien werden tabellarisch (vgl. Tab. 6-5) aufgelistet und mit Hilfe einer Werteskala (0-4) eingestuft. Dabei bedeutet die Ziffer 0 ein Unbefriedigend, die 1 heißt ‚gerade noch tragbar‘, mit der Ziffer 2 ist ein Ausreichend gemeint, die 3 deutet auf ‚gut‘ hin und mit der Ziffer 4 zeigt man, dass es sich um einen sehr guten Vorteil handelt. Verbinden kann man die Auswertung mit einer Nutzwertanalyse, die die technisch-wirtschaftlichen Aspekte einzeln erfasst.⁷⁷ Im nachfolgenden Bewertungsvorgang spielen die wirtschaftlichen Faktoren Anschaffungs- und Betriebskosten sowie ökonomische Ertragspotenziale keine bedeutende Rolle. Zum einen differiert der Kaufpreis nicht allzu stark und zum anderen fallen während der Nutzung nur geringe und ähnliche Stromkosten an. Der Aspekt der Vermarktung fällt weg, da es in diesem Fall nicht um einen Verkauf geht.

Die Nutzwertanalyse nach VDI 2225 basiert auf der Vergabe einer numerischen Zuordnung und Bewertung. Es wird den ausgewählten Lösungsalternativen für jeden qualitativen bzw. quantitativen Gesichtspunkt ein Wert zugeteilt, der der vorgegebenen Skala der Nutzwertanalyse entnommen wird. Durch die differierende Relevanz der Variablen muss eine Gewichtung der Kriterien (G) erfolgen⁷⁸, die die Werte 1 bis 3 darstellt. Da bzgl. des Punkts ‚Kosten‘ zwischen dem Arbeitstisch von Geltron und Emporo nur ein minimaler Unterschied von 50 € besteht, wurde dieselbe

⁷⁷ Vgl. Schlattmann, J., Seibel, A.: Aufbau und Organisation von Entwicklungsprojekten, Berlin: Springer Verlag, 2017, S. 103-105.

⁷⁸ Vgl. Fleischer, B.: Methodisches Konstruieren in Ausbildung und Beruf. Praxisorientierte Konstruktionsentwicklung und rechnergestützte Optimierung, Wiesbaden: Springer Verlag, 2019, S. 94.

Bewertung mit 4 notiert. Auch beim Aspekt der ‚Ergonomie‘ ist die Differenz trotz einer größeren Verstellbarkeitsreichweite beim *Alpha Plus* zu *WB-811* zu unbedeutend, um eine unterschiedliche Bewertung vorzunehmen.

Tabelle 6-6: Nutzwertanalyse (Quelle: eigene Darstellung)

Legende: G=Gewichtung, W=Wert

Faktoren	(G)	Ideallösung		Treston		Geltron		Emporo	
	G	W	W*G	W	W*G	W	W*G	W	W*G
Dokumentenhalterung	1	4	4	4	4	2	2	3	3
Material	2	4	8	4	8	3	6	3	6
Aufbewahrung	2	4	8	4	8	3	6	2	4
Komfort	2	4	8	4	8	2	4	3	6
Elektrostatischer Schutz	1	4	4	0	0	4	4	4	4
Belastbarkeit	2	4	8	3	6	2	4	4	8
Stromleiste	3	4	12	0	0	3	9	4	12
Beleuchtung	2	4	8	0	0	3	6	3	6
Mobilität	2	4	8	1	2	1	2	1	2
Stabilität	2	4	8	4	8	3	6	3	6
Ergonomie	3	4	12	4	12	3	9	4	12
Kosten	3	4	12	3	9	4	12	4	12
Gewichtete Summe	-	-	100	-	65	-	70	-	81
Erfüllungsgrad der Ideallösung	100 %		65 %		70 %		81 %		

Durch die Nutzwertanalyse nach VDI 2225 konnte sich der Handmontagearbeitsplatz von Emporo mit 81 Prozent im Vergleich zur Ideallösung an die erste Position schieben.

Obwohl der Arbeitstisch von Treston bzgl. der sechs Kriterien (Dokumentenhalterung, Material, Aufbewahrung, Komfort, Stabilität, Ergonomie) jeweils die höchste Punktzahl mit 4 erzielte, schnitt das Modell insgesamt mit der schlechtesten Beurteilung (65 Prozent) ab. Die Gründe liegen darin, dass in der Standardausführung weder eine Stromleiste noch eine Beleuchtung inkludiert sind und es keinen elektrostatischen Schutz gibt. Zwar kann man diese Ausstattungselemente kostenpflichtig aufrüsten, doch das würde den Kaufpreis für den bereits teuersten Montagetisch von Treston noch erhöhen und die Zusatzkosten könnten den vorgesehenen Kostenrahmen übersteigen.

6.6.3 **Gesamtbewertung**

Aus den beiden vorgenommenen Analysesystemen zeigen sich zwei verschiedene Ergebnisse. Die Dominanzmatrix präferiert das Modell von Treston wohingegen die Nutzwertanalyse nach VDI 2225 den Handmontagearbeitsplatz von Emporo favorisiert. Diese differierenden Schlussfolgerungen beruhen auf der Tatsache, dass die maßgeblichen Pluspunkte des Modells Treston über die sechs Bewertungskriterien in der Dominanzmatrix zustande kommen. Da bei der detaillierteren Nutzwertanalyse dem Aspekt Gewichtung mehr Beachtung geschenkt wird, muss man den zwölf untersuchten Aspekten eine stärkere Aussagekraft attestieren und daher den Montageplatz von Emporo als Lösung ins Auge fassen.

Ein qualitativ hochwertiges, reibungsloses Montagesystem ist die Grundlage für Erfolg und Kostenersparnis. Eine ausgeklügelte

Montageplanung ist daher zugleich bedeutender Schlüsselfaktor und komplexe Herangehensweise für die Konzeptionierung eines prozess- und produktspezifischen Entwurfs, der ebenso die Eruierung der notwendigen Ressourcen und Bestandteile inkludiert. Aufgrund der Komplexität der Montagelinie und um die gewünschten Ergebnisse zu erhalten, ist eine Beratung und gemeinsame Planung mit Expert_innen empfehlenswert.⁷⁹

⁷⁹ Vgl. Lotter, B., Wiendahl, H.-P.: Montage in der industriellen Produktion. Ein Handbuch Ein Handbuch für die Praxis, 2. Aufl., Berlin: Springer Vieweg Verlag; 2012, S. 365.

7 Entwurf eines Laborversuchs zur Bewertung der Handmontagearbeitsplätze mittels MTM-Analyse

MTM (*Methods-Time-Measurement*) hat sich als Analyseform für die Konzeption neuer Arbeitssysteme bewährt und gilt als hervorragende Methode, um existierende Systeme zu optimieren. Die Basis für MTM ist die empirische Angabe der Sollzeiten, die sich auf ausnahmslos alle Grundbewegungen eines_r Arbeiter_in beziehen. Die Bewegungsvorgänge teilen sich in die vier Kategorien ‚Hinlangen‘, ‚Greifen‘, ‚Bringen‘ und ‚Loslassen‘ ein. Damit macht MTM es möglich, umfangreiche Bewegungsabläufe personen- und branchenunabhängig zu erfassen und zu bewerten. Mit Hilfe eines wohldurchdachten Bausteinsystems kann man mit der MTM-Methode von der Kleinserienfertigung über die Massenproduktion und von Büroarbeiten über Montagevorgänge bis hin zu Werkstattprozessen alles akribisch kalkulieren und untersuchen.⁸⁰

7.1 MTM-basierte Methoden

Die Idee hinter dem MTM-Grundverfahren ist, dass durch die Kategorisierung der Teile auf der Grundlage ihrer Eigenschaften und der beabsichtigten Anwendungen ein Modellsystem gebaut werden kann, das den Bedingungen in der realen Welt exakt entspricht. Das MTM-UAS basiert auf der gleichen Idee, wurde aber für den Einsatz in einer komplexen Umgebung modifiziert, indem digitale Techniken und Technologien anstelle realer Gegenstände, wie z. B. mathematische Modelle oder Computersimulationsprogramme, eingesetzt werden. Andere MTM-basierte Ansätze sind z. B.: Motion Time Analysis (MTA), MTM in Einzel- und Kleinserienfertigung (MTM-MEK), Human Work Design (MTM-HWD) oder MTM-Simulationsanalyse (MTMmotion).⁸¹

⁸⁰ Vgl. Webseite: www.logsol.de, URL, [https://www.logsol.de, de/news_de/ergonomische-bewertung-von-arbeitssystemen-mittels-mtm-analyse.html](https://www.logsol.de/de/news_de/ergonomische-bewertung-von-arbeitssystemen-mittels-mtm-analyse.html), letzter Zugriff. 3.10.2022.

⁸¹ Vgl. Burggräf, P., Schuh, G.: *Fabrikplanung, Handbuch Produktion und Management* 4, 2. Aufl. Berlin: Springer Vieweg, 2021, S. 165-167.

7.2 MTM-Grundverfahren

Das MTM-Grundverfahren ist ein etabliertes Instrument der Arbeitsanalyse, das in unterschiedlichen Branchen und Bereichen zum Einsatz kommt. Es dient dazu, die ideale Arbeitszeit für eine bestimmte Aufgabe zu ermitteln. Dabei wird die Zeit, die ein_e geschulte_r und erfahrene_r Operateur_in benötigt, um eine Aufgabe sauber und sorgfältig auszuführen, als Normzeit festgelegt, die als Richtwert für die Planung der tatsächlichen Produktionszeiten herangezogen wird.

In vielen Fällen ist es so, dass die tatsächlichen Produktionszeiten deutlich länger als die Normzeiten sind. Dies liegt daran, dass in der Praxis unvorhergesehene Schwierigkeiten auftreten können, die die Arbeit verzögern.⁸² Auch Fehler und Nacharbeiten können die tatsächlichen Fertigungszeiten verlängern. Die Ursachen für die Zeitüberschreitungen sollten exakt analysiert werden, um geeignete Maßnahmen zu ergreifen, die die Hindernisse in der Zukunft vermeiden.

7.2.1 Möglichkeiten und Grenzen des MTM-Grundverfahrens

Zwar kann das MTM-Grundverfahren vielseitig in etlichen Bereichen angewendet werden, dennoch gibt es einige Grenzen. Dazu gehört z. B., dass das Verfahren nur dann wirklich effektiv ist, wenn es regelmäßig genutzt wird. Bei sporadischem Einsatz können sich Fehler einschleichen und das Verfahren verliert an Wirksamkeit. Des Weiteren ergibt das MTM-Grundverfahren nur dann Sinn, wenn es von Expert_innen durchgeführt wird. Durch eine inkorrekte Ausführung unerfahrener Anwender_innen können Fehler generiert werden, die das Verfahren weniger effektiv machen.⁸³

⁸² Vgl. Britzke, B.: MTM in einer globalisierten Wirtschaft – Arbeitsprozesse systematisch gestalten und optimieren, München: mi-Wirtschaftsbuch Verlag, 2014, S. 38-40.

⁸³ Vgl. Schlick, C., Bruder, R., Luczak, H.: Arbeitswissenschaft. 3. Aufl., Berlin: Springer Verlag, 2010, S. 698-702.

7.2.2 Grundbewegungen im Überblick

Für die Analyse und Verbesserung ergonomischer Arbeitsplätze ist das MTM-Grundverfahren ein bewährtes Instrument. Es unterstützt die Planung der Arbeitsabläufe und die Ermittlung der Standardzeiten für einzelne Arbeitsschritte. Aufgrund seiner einfachen Struktur und seiner intuitiven Bedienbarkeit kann das Verfahren erlernt werden, denn es basiert auf der Erfassung der sog. Grundbewegungen, die bei der Durchführung einer Tätigkeit anfallen. Die grundsätzlichen Bewegungen werden in Abhängigkeit von ihrer Art und ihrem Umfang in verschiedene Bewegungsgrade eingeteilt. Die Bewertung der einzelnen Bewegungen erfolgt anhand des sog. MTM-Punktesystems, das neben der Art der Bewegung auch die Dauer und Intensität sowie die Anzahl der Wiederholungen berücksichtigt. Die folgende Zusammenfassung (vgl. Tab. 7-1) gibt einen Überblick über die verschiedenen Bewegungsgrade, u. z. in Form der Bewertungsgruppe, Art der Bewegung sowie Dauer, Intensität und Anzahl der Wiederholungen.⁸⁴

Tabelle 7-1: Bewertungsgruppe | Art der Bewegung | Dauer/Intensität/Anzahl der Wiederholungen⁸⁵

A leichte, monotone Bewegung mit geringer Kraftanstrengung 1-5 Sekunden/geringe Kraftanstrengung/1-2 Wiederholungen
B mittlere, monotone Bewegung mit mittlerer Kraftanstrengung 5-15 Sekunden/mittlere Kraftanstrengung/3-5 Wiederholungen
C schwere, monotone Bewegung mit hoher Kraftanstrengung 15-60 Sekunden/hohe Kraftanstrengung/6-10 Wiederholungen
D sehr schwere, monotone oder abwechslungsreiche Bewegung mit sehr hoher Kraftanstrengung mehr als 60 Sekunden/sehr hohe Kraftanstrengung/mehr als 10 Wiederholungen

⁸⁴ Vgl. ebd., S. 698-702.

⁸⁵ Vgl. Luczak, H.: Arbeitswissenschaft. 2. Aufl., Berlin: Springer Verlag, 1998, S. 14.

Die wichtigsten Anwendungsgebiete des MTM-Grundverfahrens sind die Ermittlung der Standardzeiten für Fertigungsprozesse, die Optimierung der Arbeitsabläufe und die Gestaltung ergonomischer Arbeitsplätze.

Drei Hauptkomponenten zeichnet das Verfahren aus, u. z. Zeitmessung, Bewegungsanalyse und Gestaltungsgrundsätze.

Die Zeitmessung erfolgt unter Einsatz von Stoppuhren, während die Bewegungsanalyse die Untersuchung der Bewegungsabläufe mit Hilfe einer standardisierten Methodik umfasst. Die Gestaltungsgrundsätze sind allgemeine Richtlinien für den Aufbau ergonomischer Arbeitsplätze.

Die wichtigsten Bewegungen im MTM-Grundverfahren sind:

- Greifbewegung: Die Greifbewegung ist eine elementare Grundbewegung. Sie umfasst alle erforderlichen Bewegungen, um ein Objekt zu greifen und zu bewegen.
- Positionierbewegung: Die Positionierbewegung ist eine sehr wichtige Bewegung. Sie fasst alle Bewegungen zusammen, die ein Objekt in eine bestimmte, exakte Position bringt.
- Montagebewegung: Unter einer Montagebewegung versteht man Bewegungsvorgänge, die zwei oder mehr Objekte miteinander verbinden.⁸⁶

7.2.3 MTM beim Handmontagearbeitsplatz

Die Bewertung der Handarbeit im Industriebetrieb ist mit einer Vielzahl an Vorteilen verbunden, darunter Produktivitäts- und Qualitätssteigerungen. Manuelle Montagearbeiten werden in einer automatisierten oder teilautomatisierten Arbeitsumgebung mit zunehmender Massenindividualisierung immer wichtiger. Fertigungs- und Montageaufträge können je nach Konfiguration eines Produkts zeitlich

⁸⁶ Vgl. Schlick, C., Bruder, R., Luczak, H.: Arbeitswissenschaft. 3. Aufl., Berlin: Springer Verlag, 2010, S. 698-702.

variieren, daher konzentriert sich die aktuelle Forschung auf die dezentrale Produktion. Eine dezentrale Fertigung erfordert allerdings nicht nur eine sorgfältige Planung, sondern ebenso eine detaillierte Analyse manueller Montagetätigkeiten, wie bspw. das Gehen und die Mensch-Roboter-Interaktion. Außerdem fehlt eine solche Hilfestellung für die manuelle Arbeitsplanung, daher setzt MTM weiterhin auf konventionelle Kartontechnik (*Cardboard Engineering*), bei der mittels Kartonagenschachteln Arbeitsplätze modelliert, Abläufe simuliert und Prozesse analysiert werden können.^{87 88}

7.3 Konzept des praxisorientierten Teils

Die Erkenntnisse aus den vorangegangenen Kapiteln werden genutzt, um den Entwurf für einen Laborversuch zu erstellen. Der Schwerpunkt dieses Konzepts liegt auf dem MTM-Grundverfahren als dem grundlegendsten und am verbreitetsten MTM-System sowie dem MTM-UAS als vielseitigem Werkzeug der neuen Generation. Die Aufgabenstellung besteht in der objektiven Bewertung des Methods Time Measurement (MTM-Grundverfahren) und des Universal Analysis System (MTM-UAS) beim Zusammenbau von Legobauteilen im Rahmen der Gestaltung von Laborexperimenten für Studierende. Es geht um die konzeptionelle Entwicklung eines praktischen Laborexperiments und die Umsetzung bzw. Untersuchung des MTM-Grundverfahrens vs. MTM-UAS mit Legobaelementen. Das Konzept für den Laborversuch sollte möglichst einfach gehalten werden, damit es für jede_n Teilnehmer_in ohne vorherige Ausbildung geeignet ist, da MTM im Grunde für die Arbeitsplatzbewertung für erfahrene Mitarbeiter_innen gedacht ist.

⁸⁷ Vgl. Burggräf, P., Schuh, G.: Fabrikplanung, Handbuch Produktion und Management 4, 2. Aufl. Berlin: Springer Vieweg, 2021, S. 165-223.

⁸⁸ Vgl. Fries, H.-P.: Betriebswirtschaftslehre des Industriebetriebes, München: Oldenbourg Wissenschaftsverlag, 2018, S. 89-95.

7.3.1 Konzeptualisierung

Die praktische Labordurchführung kann in drei Hauptabschnitte gegliedert werden, die den verschiedenen Bereichen der Taxonomie von Bloom entsprechen (vgl. Abb. 7-1). Diese Taxonomie kategorisiert Lernziele als Wissen, Verständnis, Anwendung, Analyse, Synthese und Bewertung.⁸⁹

Aufbauend auf den Lernzielen der Taxonomie lässt sich ein Laborkonzept in fünf Etappen gliedern:

- Beobachtung der Legomontage
- Aufbau der Montage
- Optimierung des Arbeitsplatzes durch MTM-Grundverfahren und MTM-UAS
- Durchführung der Montage am optimierten Arbeitsplatz
- Montagedurchführung am ausgebauten Arbeitsplatz in einer anderen Gruppe

Das rundenbasierte Verfahren (rundenbasiert = abwechselnd bzw. nacheinander planen und ausführen) hat den Vorteil, dass einerseits die Komplexität und andererseits das Verständnis kontinuierlich zunehmen. In der ersten Runde sehen sich die Teilnehmer_innen ein Video des Zusammenbaus des Legogetriebes an und schlagen danach erste Änderungsempfehlungen vor. In der zweiten Stufe üben die Teilnehmer_innen den Zusammenbau, indem sie das Legogetriebe an einem realen Arbeitsplatz bauen. Durch die Änderungsempfehlungen können Teilnehmer_innen bereits erste Erkenntnisse gewinnen. Während die Konzepte der ersten beiden Runden intuitiv sind, nutzt die dritte Runde das MTM-Grundverfahren und MTM-UAS, um den Arbeitsplatz zu optimieren. Die Teilnehmer_innen erhalten nach der dritten Runde eine umfassende Erkenntnis aus dem aktuellen Arbeitsbereich. In der anschließenden Reflexionsphase kommunizieren die Teilnehmer_innen ihre Erkenntnisse. Die Studierenden bewerten ihre eigenen Antworten und

⁸⁹ Vgl. Purgander, J., Lohse, J., Hinckeldeyn, J.: Optimierung der Auslastung eines Matrix-Montage-Systems durch Konzeptionierung und Implementierung eines Genetischen Algorithmus für Maschinenbelegungsplanung, in: Simulation in Produktion und Logistik, Cuvillier, 2021, S. 257–266.

erhalten ein Gefühl für bessere oder schlechtere Lösungen, indem sie die persönlichen Verbesserungsvorschläge mit denen anderer Teilnehmergruppen vergleichen. Erstens soll die Genauigkeit der beiden Methoden anhand der Legoteile verglichen werden und zweitens wird die Geschwindigkeit und Zuverlässigkeit analysiert.

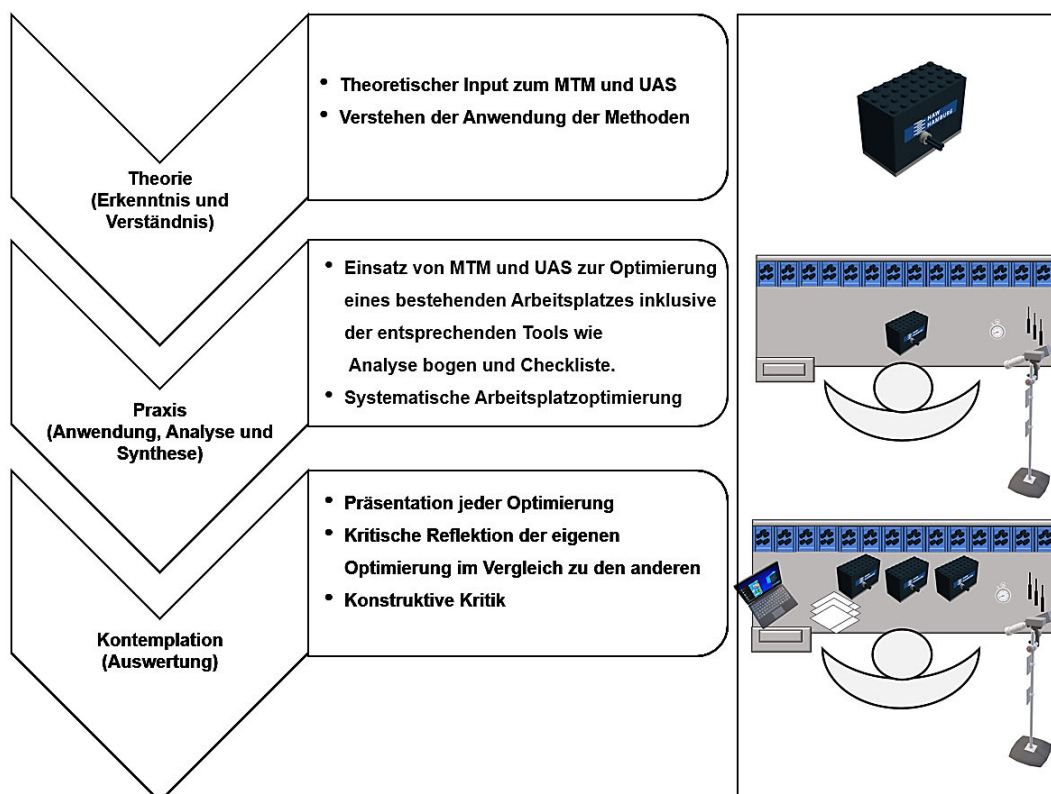


Abbildung 7-1: Ablauf der Montagegestaltung (Eigene Darstellung nach Bloom'sche Taxonomie)

- Den Teilnehmer_innen wird zu Beginn eine PowerPoint-Datei mit Textanweisungen zur Aufgabenstellung und mit der Abfolge der Prozessschritte vorgestellt.
- Diese Herausforderung hat eine Zeitbeschränkung von zwei Minuten, basierend auf der Montagezeit eines 13-teiligen Legogetriebes.
- Die Studierenden werden angewiesen, die Übung in ihrem eigenen Tempo durchzuführen. Die Durchführung der eigentlichen Übung soll auf Video aufgenommen werden.

- Anschließend werden die Bewegungen aller Teilnehmer_innen mittels Videomaterial mit den zugehörigen MTM-Codes transkribiert.
- An der Transkription arbeiten zwei Personen unabhängig voneinander.
- Darüber hinaus wird zusätzlich die Zeit bis zur Auftragserfüllung aller Benutzer_innen gemessen, um eine Zeitstudie durchführen zu können. Die vom MTM-Grundverfahren, MTM-UAS und vom Chronometer erhaltenen Timings werden gemäß den MTM-Codes verglichen.

Für die Durchführung eines praktischen Laborversuchs und die Auswertung der Ergebnisse stehen folgende Dokumente zur Verfügung:

- Stückliste der Legobausteine (vgl. Anh. 1)
- Montagebauplan (vgl. Anh. 2)
- weitere Dokumente (MTM-Tabelle, Datenkarten (vgl. Anh. 3-6))

Eine konkrete Aussage, welches der Verfahren für die Bewertung der Montagearbeitsplätze am geeignetsten ist, bleibt zunächst offen. Dennoch besteht die Möglichkeit, eine Idee zu äußern, indem man die Vorteile und Nachteile des jeweiligen Verfahrens miteinander vergleicht (vgl. Kap. 7.3.2).

7.3.2 MTM-Grundverfahren vs. MTM-UAS in Bezug auf die Bauteile

Das MTM-Grundverfahren ist ein sehr allgemeines Modell, das sich gut für die Erfassung von Zeitdaten eignet, während MTM-UAS ein spezielles Modell ist, das für die Aufnahme der Arbeitsstationen und deren Auslastung konzipiert wurde.

Dieses Kapitel stellt die Vor- und Nachteile beider Modelle gegenüber und erklärt, welches Modell in welcher Situation am besten geeignet ist.

Vorteile des MTM-Grundverfahrens

- sehr allgemein gehalten
- einfach zu verstehen
- gute Eignung zur Erfassung der Zeitdaten in verschiedenen Situationen
- sehr flexibel

- leicht an die Bedürfnisse jeder Organisation anpassbar
- exakte Zeitdaten für die Planung und Kontrolle der Produktionsabläufe
- sehr genaues Verfahren

Nachteile des MTM-Grundverfahrens

- relativ aufwändig in der Anwendung
- erforderliche Einarbeitungszeit
- keine Informationen über die Auslastung der Arbeitsstationen

Vorteile von MTM-UAS

- geeignet für die Erfassung der Arbeitsstationen
- informative Hinweise zur Auslastung und Leistungsfähigkeit der Arbeitsstationen
- exaktere Informationen als das MTM-Grundverfahren
- relativ einfach anwendbar
- flexibleres Verfahren
- keine besondere Einarbeitungszeit erforderlich

Nachteile von MTM-UAS

- anspruchsvoller als das MTM-Grundverfahren
- nicht für alle Zeitmessungssituationen geeignet
- keine Informationen über die Gesamtproduktivität der Organisation

Das MTM-Grundverfahren ist ein sehr genaues Verfahren, da es auf einer präzisen Abmessung der Bauteile basiert, damit eine Funktionstüchtigkeit gegeben ist. Hingegen ist das MTM-UAS ein flexibles Verfahren, da es keiner haargenauen Ausgangssituationen bedarf. Wenn die Abmessungen der Bauteile nicht so akkurat sein müssen, ist es einfacher, Fehler zu korrigieren. Für die Bewertung komplexerer

Bauteile ist das MTM-Grundverfahren besser geeignet, da es präzise ist, während das MTM-UAS einfacher zu handhaben ist und sich besser für die Bewertung einfacher Bauteile eignet.^{90 91}

⁹⁰ Vgl. Britzke, B.: MTM in einer globalisierten Wirtschaft – Arbeitsprozesse systematisch gestalten und optimieren, München: mi-Wirtschaftsbuch Verlag, 2014, S.24-31.

⁹¹ Vgl. Schlick, C., Bruder, R., Luczak, H.: Arbeitswissenschaft. 3. Aufl., Berlin: Springer Verlag, 2010, S. 698-702.

8 Fazit

Die Diskrepanz zwischen dem Istzustand (vgl. Kap. 6.1) der derzeitigen Handmontagearbeitsplätze im Institut für Produkt- und Produktionsmanagements und dem Sollzustand (vgl. Kap. 6.2) einer perfekten ergonomischen Arbeitsplatzumgebung wurde in dieser Arbeit ausführlich beschrieben.

Nichthöhenverstellbare Arbeitsflächen, keine höhenregulierbaren Stühle, fehlende Sitzmöglichkeiten bei Steharbeitsplätzen, ein Mangel an Ablagefächern, Regalbrettern und Schubladen für Bauteile und Hilfsmittel, fest installierte Bildschirme, keine differenzierte Beleuchtung, mangelnde Hängevorrichtungen und ungenaue Positionierung der Arbeitstische mit Zwischenräumen geben ein deutliches Bild über die aktuelle Arbeitssituation der Mitarbeiter_innen wieder.

Neben konkreten Forderungen nach besseren ergonomischen Arbeitsbedingungen wurden tabellarisch ebenso Wünsche formuliert (vgl. Tab. 6-2) und grundlegende Kriterien zu Handmontageplätzen, wie z. B. Stabilität, Sicherheit, Komfort, Kosten, Materialbeschaffenheit, beschrieben (vgl. Abb. 6-2).

Drei passable Montagetische wurden aus dem Gros der Marktangebote ausgewählt. Die Übersicht über relevante Faktoren (vgl. Tab. 6-3) verhalf zur Klärung und Gegenüberstellung wichtiger Anforderungen. Anhand des morphologischen Kastens (vgl. Tab. 6-4) wurde durch eine farbige Darstellung eine erste Einschätzung deutlich.

Die zielgerichtete Bewertung der sechs Kriterien durch die Dominanzmatrix (vgl. Tab. 6-5) mit dem paarweisen Vergleich trug dazu bei, Alternativen zu verdeutlichen und Prioritäten zu setzen. Als Ergebnis konnte sich der *WB-811* der Firma Treston einen deutlichen Vorsprung vor dem *Alfa Plus* des Anbieters Emporo und dem *Viking ESD Comfort Professionell* von Geltron verschaffen. Der *WB-811* von Treston hebt sich durch eine Tischplatte aus Aluminium ab, die eine einwandfreie Reinigung und Langlebigkeit gewährleistet. An den Seiten und Ecken können Arbeitsplatten mühelos

ergänzt werden. Ein Elektromotor lässt die Arbeitsfläche stufenlos verstellen und die Tische können nahtlos aneinandergereiht werden. Das Untergestell aus pulverbeschichtetem Stahl hat verstellbare Fußnoppen.

Da die detaillierte Nutzwertanalyse nach der VDI-Richtlinie 2225 durch eine qualitative und quantitative Gewichtung eine größere Verlässlichkeit kreiert, wurden den zwölf Gesichtspunkten ein Wert der Skala 0-4 und ein Gewichtungsfaktor zugeteilt (vgl. Tab. 6-6). Das Ergebnis differiert deutlich zur Alternative aus der Dominanzmatrix, denn anhand der Nutzwertanalyse wird dem *Alfa Plus* von Emporo die beste Eignung attestiert.

Diese unterschiedlichen Lösungen haben ihren Grund darin, dass bei einem Vergleich der Standardausführungen der *Alfa Plus* von Emporo deutlich besser abschneidet, während man beim *WB-811* von *Treston* wichtige Komponenten, wie z. B. Stromleiste, Beleuchtung, elektrostatischer Schutz, zusätzlich erwerben und anbringen müsste, was sich mit der Kaufpreismarge nicht vereinbaren lässt.

9 Ausblick

Nachdem die Bedeutung und die Auswirkungen ergonomischer Arbeitsplätze für die Arbeitenden ausführlich behandelt wurden, schließt die Masterarbeit mit einem appellierenden Ausblick. Die Gedanken richten sich an die Personen und Institutionen, die das Thema *Ergonomie am Arbeitsplatz* konsequenter und ernsthafter unterstützen könnten.

In den folgenden Bereichen gäbe es dringenden Handlungsbedarf bzw. müssten die Verantwortlichen in die Pflicht genommen werden, sinnvolle und nachhaltige Veränderungen zu bewirken:

- Wünschenswert wäre es, dass die Arbeitnehmer_innen viel besser informiert wären und ihre Arbeitsbereiche auf alle erforderlichen Komponenten eines ergonomischen Arbeitsplatzes eigenständig kontrollieren könnten. Dazu bedürfte es umfassender Informationen, z. B. in Form von Broschüren, die den Arbeitenden zugänglich gemacht werden müssten.
- Der Betriebs- bzw. Personalrat eines Unternehmens oder einer Institution könnte Aufklärungsarbeit leisten, Arbeitsplätze unter die Lupe nehmen und die Angestellten auf mangelhafte Bedingungen aufmerksam machen. Selbstverständlich wäre es hernach Pflicht des Betriebs- oder Personalrats, entsprechende Maßnahmen bei der Unternehmensleitung einzufordern.
- In Unternehmen könnten verbindliche Bewegungspausen zur Gesunderhaltung der Mitarbeiter_innen eingeführt werden. Dafür müsste die Geschäftsleitung Sorge tragen.
- Es gäbe auch die Möglichkeit, dass vonseiten der jeweiligen Gewerkschaft das Thema *Ergonomie* viel stärker in den Fokus gerückt würde.
- Denkbar wäre auch, dass die Krankenkassen regelmäßige Kontrollen in Firmen und Organisationen durchführten und prüften, ob die Arbeitsplätze allen ergonomischen Anforderungen entsprechen. Schließlich trägt jede gesundheitsfördernde Maßnahme

zur Entlastung der Krankenkassenbeiträge bei und wirkt sich positiv auf das gesellschaftliche Allgemeinwohl aus.

- Würden von Staats wegen entsprechende verbindliche Arbeitsgesetze erlassen, gäbe es eine verbrieft rechtliche Grundlage, um Arbeitnehmer_innen in Bezug auf Gesundheit und Sicherheit besser zu schützen. Arbeitgeber_innen müssten über ein betriebliches Gesundheitsmanagement gesetzlich verpflichtet werden, ergonomische Arbeitsplätze im Unternehmen einzuführen.
- Ebenso ist vorstellbar, dass Unternehmen und Institute für die Verbesserung der Arbeitsbedingungen unter ergonomischer Sicht staatliche Subventionen für bessere Möbel z. B. erhalten.
- Des Weiteren gibt es die Möglichkeit, dass der Staat die Entwicklung und Forschung sog. Exoskelette für den betrieblichen Einsatz fördert. Exoskelette sind am Körper getragene Assistenzsysteme, die mechanisch auf den Körper einwirken und Körperhaltungen sowie Körperkräfte unterstützen können. Zum gegenwärtigen Zeitpunkt haben Exoskelette eine Marktreife erreicht, die einen Gebrauch in der Industrie und im Handwerk, aber auch in anderen Branchen, wie z. B. in der Pflege oder in der Landwirtschaft, grundsätzlich ermöglichen.⁹²

Bleibt zum Schluss festzuhalten, dass die für jeden Berufstätigen gesunderhaltende Ergonomie am Arbeitsplatz dringend einen oder mehrere Fürsprecher_innen braucht, um zukünftig ernst genommen zu werden.

⁹² Vgl. Webseite: www.bghm.de: URL. <https://www.bghm.de/arbeitsschuetzer/fach-themen/ergonomie-und-arbeitsgestaltung/exoskelette-fuer-den-betrieblichen-einsatz>, letzter Zugriff 02.12.2022.

10 Literaturverzeichnis

- Andreas Seidler, Euler Ulrike, Stephan Letzel, Dennis Nowak. *Gesunde Gestaltung von Büroarbeitsplätzen*. Landesberg am Lech: ecomed Medizin Verlag, 2015.
- Bernhard, Fleischer. *Methodisches Konstruieren in Ausbildung und Beruf. Praxisorientierte Konstruktionsentwicklung und rechnergestützte Optimierung*. Wiesbaden: Springer, 2019.
- Britzke, Bernd. *MTM in einer globalisierten Wirtschaft, Arbeitsprozesse systematisch gestalten und optimieren*. 2014: Verlag: mi-Wirtschaftsbuch, kein Datum.
- Bruno Lotter, Hans-Peter Wiendahl. *Montage in der industriellen Produktion, Ein Handbuch für die Praxis*. Bd. 2. Berlin: Springer Vieweg, 2012.
- Christopher Schlick, Ralph Bruder, Holger Luczak. *Arbeitswissenschaft*. Bd. 4. Berlin: Springer Vieweg, 2018.
- Dickmann, Philipp. *Schlanker Materialfluss, mit Lean Production, Kanban*. Bd. 3. Berlin: Springer Vieweg, 2015.
- Ehrlenspiel Klaus, Meerkamm Harald. *Integrierte Produktentwicklung. Denkläufe, Methodeneinsatz, Zusammenarbeit*. Bd. 6. München: Hanser, 2017.
- Ergonomie - Genereller Ansatz, Prinzipien und Konzepte (ISO 26800:2011), und Deutsche Fassung EN ISO 26800:2011. <https://www.din.de>. kein Datum.
<https://www.din.de/de/meta/suche/62730!search?query=DIN+EN+ISO+26800%3A2011+DE&submit-btn=Submit> (Zugriff am 4. 8 2022).
- Fries, Hans-Peter. *Betriebswirtschaftslehre des Industriebetriebes*. München: Oldenbourg Wissenschaftsverlag, 2018.
- Gefährdungsbeurteilung., ver.di-Online-Handlungshilfe zur ver.di-
[gefaehrdungsbeurteilung.de](https://www.verdi.de/online-gefaehrdungsbeurteilung.de). 2013 - 2022 ver.di-Online-

Handlungshilfe zur Gefährdungsbeurteilung. www.verdi-gefaehrdungsbeurteilung.de/page.php?view=&lang=1&si=6389cbe55b27a&k1=main&k2=aktiveinsetzen&k3=&k4= (Zugriff am 2. 8 2022).

Harmann, Ervin. *Optimale Beleuchtung am Arbeitsplatz*. Kiehl: Ludwigshafen, 1977.

Hettinger, Theodor, Gerhard Kaminsky, und Hugo Schmale. *Ergonomie am Arbeitsplatz : Daten zur menschengerechten Gestaltung der Arbeit*. Bde. 2., überarb. u. erw. Aufl. Ludwigshafen (Rhein) : Kiehl, 1980 ; 2., überarb. u. erw. Aufl.

Jana Purgander, Julius Lohse, Johannes Hinckeldeyn,. *Optimierung der Auslastung eines MatrixMontage-Systems durch Konzeptionierung und Implementierung eines Genetischen Algorithmus*. Göttingen: Cuvillier, 2021.

Jens Hupfeld, Sören Brodersen, Regina Herdegen. „Arbeitsbedingte räumliche Mobilität.“ Herausgeber: BKK Bundesverband, Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung (DGUV), Verband der Ersatzkassen e. V. (vdek) AOK-Bundesverband. *iga. Report 25*, Oktober 2013: 56.

Lauenroth Kim, Schreiber Fabian, Schreiber Felix. *Maschinen- und Anlagenbau im digitalen Zeitalter. Requirements Engineering als systematische Gestaltungskompetenz in der Fertigungsindustrie*. Berlin: Beuth, 2016.

Luczak, Holger. *Arbeitswissenschaft*. Bd. 2 . Berlin: Springer, 1998.

Martin Schmauder, Birgit Spanner-Ulmer. *Ergonomie Grundlagen zur Interaktion von Mensch, Technik und Organisation*. Bd. 2 Auflage. München: Carl-Hanser, 2022.

Nagel Michael, Mielke Christian, Teuber Stephan. *Methodenhandbuch der Betriebswirtschaft*. München: UVK, 2022.

Peter Burggräf, Günther Schuh. *Fabrikplanung : Handbuch Produktion und Management 4*. Bd. 2. Berlin: Springer Vieweg, 2021.

- Roland Pangert, Jörg Tannenhauer. *Ergonomie bei der Arbeit : Stehen - Sitzen - Heben*. Heidelberg: Hüthig Jehle Rehm, 2012.
- Rudow, Bernd. *Die gesunde Arbeit. Arbeitsgestaltung, Arbeitsorganisation und Personalführung*. Bd. 2. Berlin: De Gruyter, 2011.
- Sascha, Stowasse. „Checkliste zur ergonomischen Bewertung von Tätigkeiten, Arbeitsplätzen, Arbeitsmitteln & Arbeitsumgebung.“ Herausgeber: ifaa – Institut für angewandte Arbeitswissenschaft e. V. 2020: 44.
- Schlattmann Josef, Seibel Arthur. *Aufbau und Organisation von Entwicklungsprojekten*,. Berlin: Springer, 2017.
- Sebastian Schund, Walter Mayhofer, Patrick Rupprecht. „Zeitschrift für Arbeitswissenschaft 72(3).“ *Möglichkeiten der Gestaltung individualisierbarer Montagearbeitsplätze vor dem Hintergrund aktueller technologischer Entwicklungen*, Dezember 2018.
- Steffen Kubitscheck, Johannes-H. Kirchner. *Kleines Handbuch der praktischen Arbeitsgestaltung*. München: Carl Hanser, 2013.
- Wolfgang Lange, Armin Windel. *Kleine Ergonomische Datensammlung*. Bd. 16. Köln: TÜV Media GmbH, 2017.
- www.bghm.de. . . <https://www.bghm.de/arbeitsschuetzer/fach-themen/ergonomie-und-arbeitsgestaltung/exoskelette-fuer-den-betrieblichen-einsatz> (Zugriff am 4. 12 2022).
- www.emporo.de *ESD-Arbeitstisch Alfa Plus*. kein Datum. https://www.emporo.de/v/1366910?customerType=true&gclid=EAlaIQobChMI-_mBo5_r-wIVSed3Ch0FCQ2qEAQYBSABEgJONvD_BwE (Zugriff am 9. 12 2022).
- [www.ergonomie-am-arbeitsplatz.de](https://ergonomie-am-arbeitsplatz.de). . . <https://ergonomie-am-arbeitsplatz.de/buerokrkrankheiten/> (Zugriff am 2. 12 2022).
- www.ergonomie-katalog.com. kein Datum. <https://www.ergonomie-katalog.com/ratgeber/glossar/ergonomie.php> (Zugriff am 2. 8 2022).

www.geltron.de/ Viking ESD Comfort Professionell. kein Datum.
https://www.geltron.de/esd-schutz-egb/esd-tische/viking-comfort-esd/viking-esd-comfort-professionell?gclid=EAlalQobChMI9-6J6pLr-wlVkft3Ch2VpgMIEAsYASABEgKYYPD_BwE (Zugriff am 8. 12 2022).

www.logsol.de. . . . https://www.logsol.de/de/news_de/ergonomische-bewertung-von-arbeitssystemen-mittels-mtm-analyse.html (Zugriff am 4. 12 2022).

www.profishop.de/ Profishop/Treston Arbeitstisch mit Elektromotor 800 x 1100mm WB-811EL. kein Datum.
https://www.profishop.de/pg/266294/6badfd7012be893984f6b98a9a5d28109?gclid=EAlalQobChMIteSz743r-wlVTAKLCh0PBQtbEAQYAyABEgKB__D_BwE (Zugriff am 08. 12 2022).

www.shop.saniburg.de. . . . <https://shop.saniburg.de/Bauerfeind-Hygieneartikel-SofTec-Dorso-Orthese-zur-Aufrichtung-und-erhoehten-Stabilisierung-der-Wirbelsaeule> (Zugriff am 4. 12 2022).

www.treston.de/ WB Arbeitstisch. kein Datum.
<https://www.treston.de/arbeitsstische-und-werkbaenke/wb-arbeitstisch> (Zugriff am 8. 12 2022).

Anhang

Anhang 1

Tabelle: Stückliste der Legobausteine

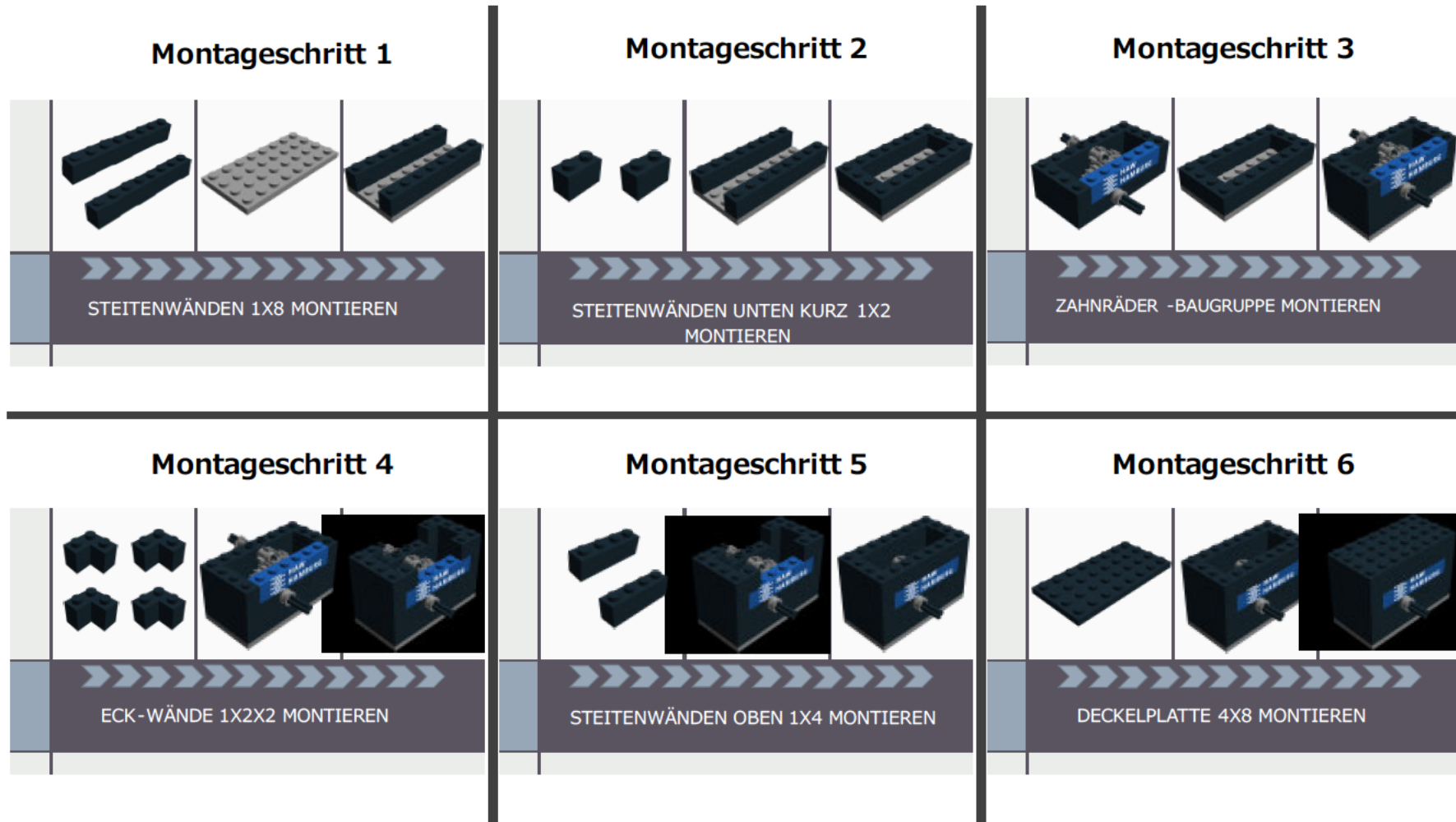
Quelle: HAW Hamburg – Department Maschinenbau und Produktion

Laufende Nummer	Bauteilbezeichnung	Bauteil	Stückzahl
1A	Bodenplatte 4x8		1
2B	Seitenwände unten lang 1x8		2
3C	Seitenwände unten kurz 1x2		2
4D	Zahnräder Gesamtbaugruppe		1
5E	Eckwände oben 1x2x2		4
6F	Seitenwände oben 1x4		2
7G	Deckelplatte 4x8		1

Anhang 2

Montageanleitung: Illustration der sechs Schritte zum Zusammenbau des Legogetriebes

Quelle: HAW Hamburg – Department Maschinenbau und Produktion



Anhang 3

Datenkarte MTM-1

Quelle: MTM ASSOCIATION e. V. <https://mtm.org/downloads>

MTM ASSOCIATION e. V.
Elbchaussee 352, 22609 Hamburg
Telefon: +49 40 822779-0
Telefax: +49 40 822779-79
contact@mtm.org

MTM-1®
Datenkarte

Ohne gründliche Ausbildung können der Gebrauch dieser MTM-Normzeitwertkarte und jede andere Anwendung von MTM zu falschen Resultaten führen

Die Normzeitwerte dieser Karte entsprechen einer Leistung von 100 % nach LMS	Zeiteinheiten		
	TMU	Sekunden	Minuten
	1	0,036	0,0006
	27,8	1	1
	1.666,7		
	100.000		

Gleichzeitige Bewegungen

	Trennen D	Fügen P	Greifen G	Bringen M	Hinlängen R
Hinlängen R	1E, 2S, 2D	1S, 2S, 2D	1A, 2S, 2D	1A, 2S, 2D	1A, 2S, 2D
Bringen M	1E, 2S, 2D	1S, 2S, 2D	1A, 2S, 2D	1A, 2S, 2D	1A, 2S, 2D
Greifen G	1E, 2S, 2D	1S, 2S, 2D	1A, 2S, 2D	1A, 2S, 2D	1A, 2S, 2D
Fügen P	1E, 2S, 2D	1S, 2S, 2D	1A, 2S, 2D	1A, 2S, 2D	1A, 2S, 2D
Trennen D	1E, 2S, 2D	1S, 2S, 2D	1A, 2S, 2D	1A, 2S, 2D	1A, 2S, 2D

Möglichkeiten der gleichzeitigen Ausführung:
■ = leicht
■ = mit Übung
■ = schwierig, Bewegungen nacheinander analysieren
W: innerhalb des normalen Blickfeldes
O: außerhalb des normalen Blickfeldes
E: einfach zu handhaben
D: schwierig zu handhaben

Grundbewegungen, die in dieser Tabelle nicht aufgeführt sind:
T Drehen: Normalerweise leicht mit allen Grundbewegungen, außer, wenn das Drehen kontrolliert ist oder mit einem Trennen vorkommt
AP Drücken: Jeden Fall untersuchen
P3 Fügen: Immer schwierig
D3 Trennen: Normalerweise schwierig
RL Loslassen: Immer leicht
D Trennen: jede Passungsklasse kann schwierig sein, wenn Übung bzw. Vorsicht erforderlich ist wegen Verletzungs-/Beschädigungsgefahr

Blickfunktionen	
Kode	TMU
ET	15,2 x T/D max. 20,0
EF	7,3

Beschreibung
Blickverschieben (Eye Travel)
 T = Abstand zwischen den Blickpunkten
 D = Abstand der Augen von der Verbindungslinie der Blickpunkte
Prüfen (Eye Focus)

Drehen – I (Turn)

Kode	Kraftaufwand/Gewicht (daN/kg)	Normzeitwerte in TMU für Drehwinkel										
		30°	45°	60°	75°	90°	105°	120°	135°	150°	165°	180°
T-S klein:	≤ 1	2,8	3,5	4,1	4,8	5,4	6,1	6,8	7,4	8,1	8,7	9,4
T-M mittel:	> 1 bis ≤ 5	4,4	5,5	6,5	7,5	8,5	9,6	10,6	11,6	12,7	13,7	14,8
T-L groß:	> 5 bis ≤ 16	8,4	10,5	12,3	14,4	16,2	18,3	20,4	22,2	24,3	26,1	28,2

Körper-, Bein- und Fußbewegungen		
Kode	TMU	Beschreibung der Bewegungen
FM	8,5	Fußbewegung Drehachse: Knöchel
FMP	19,1	Fußbewegung mit starkem Druck
LM-	7,1 0,5	Beinbewegung Drehachse: Knie- oder Hüftgelenk in beliebige Richtung
SS-C1	17,0 0,2	Seitenschritt: seitliche Verschiebung der Körperachse Hinlängen oder Bringen analysieren
SS-C2	34,1 0,4	Fall I: Der Seitenschritt ist beendet, wenn das bewegte Bein wieder auf dem Boden steht. Fall II: Das nachgezogene Bein muss den Boden wieder berühren, bevor die folgende Bewegung ausgeführt werden kann.
TBC1	18,6	Körperdrehung nach links oder rechts um 45° bis 90°
TBC2	37,2	Fall I: Die Körperdrehung ist beendet, wenn das bewegte Bein wieder auf dem Boden steht. Fall II: Das nachgezogene Bein muss den Boden wieder berühren, bevor die folgende Bewegung ausgeführt werden kann.
B, S, KOK AB, AS, AKOK	29,0 31,9	Beugen, Bücken oder Knieen auf ein Knie Aufrichten vom Beugen, Bücken, Knieen auf ein Knie
KBK	69,4	Knieen auf beide Knie
AKBK	76,7	Aufrichten vom Knieen auf beiden Knieen
SIT	34,7	Setzen
STD	43,4	Aufstehen
W - P	15,0	pro Schritt
W - PO	17,0	pro Schritt behindert und /oder mit Last > 23 kg

Original MTM-Karte 101 A von 1955 – Urheberrechte bei der U.S. MTM Association for Standards and Research
 Urheberrechtlich geschützt – Nachdruck verboten – Copyright © 1955 ... © 2008
 Eingetragen in die Urheberrolle des Deutschen Patentamtes unter Nr. 59

Hinlängen - R (Reach)

Bewegungs- länge in cm	Normzeitwerte in TMU					Beschreibung der Fälle	
	R-A	R-B	R-C R-D	R-E	mR-A mR-B R-Am R-Bm		
bis 2	2,0	2,0	2,0	2,0	1,6	1,6	0,4
4	3,4	3,4	5,1	3,2	3,0	2,4	1,0
6	4,5	4,5	6,5	4,4	3,9	3,1	1,4
8	5,5	5,5	7,5	5,5	4,6	3,7	1,8
10	6,1	6,3	8,4	6,8	4,9	4,3	2,0
12	6,4	7,4	9,1	7,3	5,2	4,8	2,6
14	6,8	8,2	9,7	7,8	5,5	5,4	2,8
16	7,1	8,8	10,3	8,2	5,8	5,9	2,9
18	7,5	9,4	10,8	8,7	6,1	6,5	2,9
20	7,8	10,0	11,4	9,2	6,5	7,1	2,9
22	8,1	10,5	11,9	9,7	6,8	7,7	2,8
24	8,5	11,1	12,5	10,2	7,1	8,2	2,9
26	8,8	11,7	13,0	10,7	7,4	8,8	2,9
28	9,2	12,2	13,6	11,2	7,7	9,4	2,8
30	9,5	12,8	14,1	11,7	8,0	9,9	2,9
35	10,4	14,2	15,5	12,9	8,8	11,4	2,8
40	11,3	15,6	16,8	14,1	9,6	12,8	2,8
45	12,1	17,0	18,2	15,3	10,4	14,2	2,8
50	13,0	18,4	19,6	16,5	11,2	15,7	2,7
55	13,9	19,8	20,9	17,8	12,0	17,1	2,7
60	14,7	21,2	22,3	19,0	12,8	18,5	2,7
65	15,6	22,6	23,6	20,2	13,5	19,9	2,7
70	16,5	24,1	25,0	21,4	14,3	21,4	2,7
75	17,3	25,5	26,4	22,6	15,1	22,8	2,7
80	18,2	26,9	27,7	23,9	15,9	24,2	2,7

Greifen - G (Grasp)

Kode	TMU	Beschreibung der Fälle
G1A	2,0	Zufassungsgriff: Greifen eines leicht zu fassenden, allein liegenden Gegenstandes.
G1B	3,5	Ankantgriff: Greifen eines sehr kleinen Gegenstandes oder eines Gegenstandes, der flach auf einer Ebene liegt.
G1C1	7,3	$\emptyset > 12 \text{ bis } \leq 25 \text{ mm}$
G1C2	8,7	$\emptyset \geq 6 \text{ bis } \leq 12 \text{ mm}$
G1C3	10,8	$\emptyset < 6 \text{ mm}$
G2	5,6	Nachgreifen: Verlegen des Kontrollpunktes an einen Gegenstand, ohne die Kontrolle über diesen zu verlieren.
G3	5,6	Übergabegriff: Eine Hand übernimmt die Kontrolle über einen Gegenstand, während die andere Hand diese aufgibt.
G4A	7,3	$> 25 \times 25 \times 25 \text{ mm}$
G4B	9,1	$\geq 6 \times 6 \times 3 \text{ bis } \leq 25 \times 25 \times 25 \text{ mm}$
G4C	12,9	$< 6 \times 6 \times 3 \text{ mm}$
G5	0,0	Berührungsgriff: Durch Berührung genügend Kontrolle über einen Gegenstand erhalten, so dass die nachfolgende Grundbewegung ausgeführt werden kann.

Loslassen - RL (Release)

Kode	TMU	Beschreibung
RL1	2,0	Durch Öffnen der Finger
RL2	0,0	Durch Aufheben des Kontaktes

Bringen - M (Move)

Bewegungs- länge in cm	Normzeitwerte in TMU					Mit Kraftaufwand/Gewicht stat. Konst. Dynam. in daN/kg SC in TMU Faktor	Beschreibung der Fälle
	M-A	M-B	M-C	mM-B M-Bm	m-Wert für B		
bis 2	2,0	2,0	2,0	2,0	1,7	0,3	
4	3,1	4,0	4,5	2,8	1,2	1	
6	4,1	5,0	5,8	3,1	1,9	2	A Einen Gegenstand zur anderen Hand oder gegen einen Anschlag bringen.
8	5,1	5,9	6,9	3,7	2,2	4	
10	6,0	6,8	7,9	4,3	2,5	8	
12	6,9	7,7	8,8	4,9	2,8	10	
14	7,7	8,5	9,8	5,4	3,1	6	
16	8,3	9,2	10,5	6,0	3,2	8	
18	9,0	9,8	11,1	6,5	3,3	10	
20	9,6	10,5	11,7	7,1	3,4	12	
22	10,2	11,2	12,4	7,6	3,6	14	
24	10,8	11,8	13,0	8,2	3,6	16	
26	11,5	12,3	13,7	8,7	3,6	18	
28	12,1	12,8	14,4	9,3	3,5	20	
30	12,7	13,3	15,1	9,8	3,5	22	
35	14,3	14,5	16,8	11,2	3,3	24	
40	15,8	15,6	18,5	12,6	3,0	26	
45	17,4	16,8	20,1	14,0	2,8	28	
50	19,0	18,0	21,8	15,4	2,6	30	
55	20,5	19,2	23,5	16,8	2,4	32	
60	22,1	20,4	25,2	18,2	2,2	34	
65	23,6	21,6	26,9	19,5	2,1	36	
70	25,2	22,8	28,6	20,9	1,9	38	
75	26,7	24,0	30,3	22,3	1,7	40	
80	28,3	25,2	32,0	23,7	1,5	42	

Fügen - P (Position)

Kode	Passung	Passungsklasse		Symmetrie- fall	Handhabung
		Einfügen	Anfügetoleranz		
P1	lose	Kein Druck notwendig	$> \pm 1,5 \text{ bis } \leq 6,0 \text{ mm}$	S	E 5,6 D 11,2
P2	eng	Leichter Druck notwendig	$> \pm 0,4 \text{ bis } \leq 1,5 \text{ mm}$	SS	E 9,1 D 14,7
P3	fest	Starker Druck notwendig	$> 0 \text{ bis } \leq 0,4 \text{ mm}$	NS	E 10,4 D 16,0

Drücken - AP (Apply Pressure)

Kode	TMU	Beschreibung	Komponenten	Kode	TMU	Beschreibung
APA	10,6	Ohne Nachgreifen	AF+DM+RLF	AF	3,4	Kraftaufbau
APB	16,2	Mit Nachgreifen	G2+APA	DM	4,2	Minimale Festhaltezeit
				RLF	3,0	Kraftabbau


Trennen - D (Disengage)

Kode	Passung	Beschreibung	E	D
D1	lose	Sehr kleine Kraft - geringer Rückschlag (bis ca. 2,5 cm)	4,0	5,7
D2	eng	Mittlere Kraft - leichter Rückschlag (bis ca. 12 cm)	7,5	11,8
D3	fest	Große Kraft - starker Rückschlag (bis ca. 30 cm)	22,9	34,7

Anhang 4

Datenkarte MTM-UAS

Quelle: MTM ASSOCIATION e. V. <https://mtm.org/downloads>

MTM ASSOCIATION e. V.			
MTM-UAS Grundvorgänge			
Zeiteinheiten			
TMU	Sekunden	Minuten	Stunden
1	0,036	0,0006	0,00001
27,8	1		
1 666,7		1	
100 000			1
Der Gebrauch dieser Tabellenwerte führt ohne gründliche Ausbildung in MTM-1 und MTM-UAS zu falschen Ergebnissen.			
© MTM ASSOCIATION e. V., 1978 Urheberrechtlich geschützt! - Nachdruck verboten!			

Anhang 5

Datenkarten MTM-UAS

Quelle: MTM ASSOCIATION e. V. <https://mtm.org/downloads>

Bewegungslänge in cm	≤ 20	> 20 bis ≤ 50	> 50 bis ≤ 80
Entfernungsbereich	1	2	3

Aufnehmen und Platzieren		Kode	1	2	3	
			TMU			
≤ 1 kg	Fall des Aufnehmens	Fall des Platzierens				
	leicht	ungefähr	AA	20	35	50
		lose	AB	30	45	60
		eng	AC	40	55	70
	schwierig	ungefähr	AD	20	45	60
		lose	AE	30	55	70
		eng	AF	40	65	80
	Hand voll	ungefähr	AG	40	65	80
	> 1 kg bis ≤ 8 kg	ungefähr	AH	25	45	55
		lose	AJ	40	65	75
eng		AK	50	75	85	
> 8 kg bis ≤ 22 kg	ungefähr	AL	80	105	115	
	lose	AM	95	120	130	
	eng	AN	120	145	160	

Platzieren		Kode	1	2	3
			TMU		
	ungefähr	PA	10	20	25
	lose	PB	20	30	35
	eng	PC	30	40	45

Bewegungslänge in cm	≤ 20	> 20 bis ≤ 50	> 50 bis ≤ 80
Entfernungsbereich	1	2	3

Hilfsmittel handhaben		Kode	1	2	3
			TMU		
ungefähr	HA	25	45	65	
lose	HB	40	60	75	
eng	HC	50	70	85	

Betätigen		Kode	1	2	3
einfach	BA	10	25	40	
zusammengesetzt	BB	30	45	60	

Bewegungszyklen		Kode	1	2	3
eine Bewegung	ZA	5	15	20	
Bewegungsfolge	ZB	10	30	40	
Umsetzen und eine Bewegung	ZC	30	45	55	
Festmachen oder Lösen		ZD	20		

Körperbewegungen		Kode	TMU
Gehen / m	KA	25	
Beugen, Bücken, Knien (incl. Aufrichten)	KB	60	
Setzen und Aufstehen	KC	110	

Visuelle Kontrolle		VA	15
--------------------	--	----	----



Hochschule für Angewandte Wissenschaften Hamburg
Hamburg University of Applied Sciences

Erklärung zur selbstständigen Bearbeitung einer Abschlussarbeit

Gemäß der Allgemeinen Prüfungs- und Studienordnung ist zusammen mit der Abschlussarbeit eine schriftliche Erklärung abzugeben, in der der Studierende bestätigt, dass die Abschlussarbeit „– bei einer Gruppenarbeit die entsprechend gekennzeichneten Teile der Arbeit [(§ 18 Abs. 1 APSO-TI-BM bzw. § 21 Abs. 1 APSO-INGI)] – ohne fremde Hilfe selbstständig verfasst und nur die angegebenen Quellen und Hilfsmittel benutzt wurden. Wörtlich oder dem Sinn nach aus anderen Werken entnommene Stellen sind unter Angabe der Quellen kenntlich zu machen.“

Quelle: § 16 Abs. 5 APSO-TI-BM bzw. § 15 Abs. 6 APSO-INGI

Dieses Blatt, mit der folgenden Erklärung, ist nach Fertigstellung der Abschlussarbeit durch den Studierenden auszufüllen und jeweils mit Originalunterschrift als letztes Blatt in das Prüfungsexemplar der Abschlussarbeit einzubinden.

Eine unrichtig abgegebene Erklärung kann -auch nachträglich- zur Ungültigkeit des Studienabschlusses führen.

<u>Erklärung zur selbstständigen Bearbeitung der Arbeit</u>		
Hiermit versichere ich,		
Name:	<input type="text"/>	
Vorname:	<input type="text"/>	
dass ich die vorliegende Masterarbeit <input type="checkbox"/> bzw. bei einer Gruppenarbeit die entsprechend gekennzeichneten Teile der Arbeit – mit dem Thema:		
Erarbeitung eines Konzepts zur ergonomischen Arbeitsplatzgestaltung für das Labor des Produktionsmanagements und Konzeptionierung von Laborversuchen unter Berücksichtigung der Arbeitswissenschaft		
ohne fremde Hilfe selbstständig verfasst und nur die angegebenen Quellen und Hilfsmittel benutzt habe. Wörtlich oder dem Sinn nach aus anderen Werken entnommene Stellen sind unter Angabe der Quellen kenntlich gemacht.		
<i>- die folgende Aussage ist bei Gruppenarbeiten auszufüllen und entfällt bei Einzelarbeiten -</i>		
Die Kennzeichnung der von mir erstellten und verantworteten Teile der <input type="text"/> -bitte auswählen- ist erfolgt durch:		
<input type="text"/>		
<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Ort	Datum	Unterschrift im Original