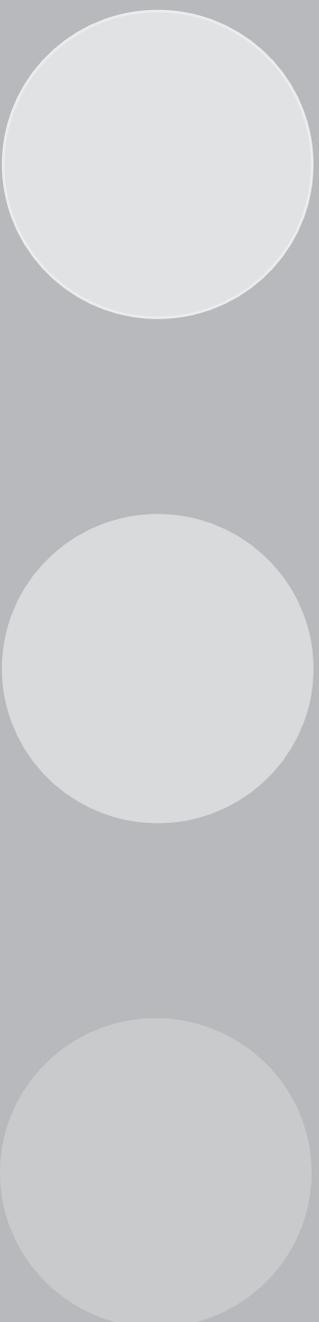


3/2015

## IFA Report



**Praktikabilität, Wirksamkeit und Weiterentwicklung des DGUV Grundsatzes „G 46“ unter besonderer Berücksichtigung des Aspektes „Rückenschmerzen“**

– Abschlussbericht zum Forschungsvorhaben zum G 46 (FP 293) –





Verfasst von: Rebecca Winkler, Christian Schikowsky, Jessica Lang, Elke Ochsmann, Thomas Kraus  
Institut für Arbeitsmedizin und Sozialmedizin (IASA),  
Uniklinik Rheinisch-Westfälisch Technische Hochschule Aachen

Jana Bechmann, Christian Böser, Rolf Ellegast  
Institut für Arbeitsschutz der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung (IFA), Sankt Augustin

Herausgeber: Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung (DGUV)  
Glinkastraße 40  
10117 Berlin  
Germany  
Telefon: +49 30 288 7638 00  
Fax: +49 30 288 76 38 08  
Internet: [www.dguv.de](http://www.dguv.de)  
E-Mail: [info@dguv.de](mailto:info@dguv.de)  
– Mai 2015 –

Publikationsdatenbank: [www.dguv.de/publikationen](http://www.dguv.de/publikationen)

ISBN: 978-3-86423-142-1

ISSN: 2190-7994

## Kurzfassung

### Praktikabilität, Wirksamkeit und Weiterentwicklung des DGUV Grundsatzes „G 46“ unter besonderer Berücksichtigung des Aspektes „Rückenschmerzen“

Rückenschmerzen sind ein großes gesundheitliches und volkswirtschaftliches Problem. Mit dem DGUV Grundsatz 46 (G 46) liegt ein Instrument vor, das sekundärpräventiv Rückenschmerzen vorbeugen soll. Die vorliegende Studie hatte zum Ziel, die Wirksamkeit und Praktikabilität des G 46 – als einem von Fachleuten generierten Instrument – nach den Kriterien der evidenzbasierten Medizin zu überprüfen und potenzielle Verbesserungsmöglichkeiten sowie Handlungsanweisungen zur Stärkung des Verfahrens in der praktischen Umsetzung aufzuzeigen.

Der G 46 wurde an einem Kollektiv von 410 Zerspanungsmechanikern und Zerspanungsmechanikerinnen aus elf Metall verarbeitenden Firmen umfassend durchgeführt. Neben der reinen G-46-Anamnese erfolgte eine vollständige körperliche Untersuchung aller Teilnehmenden nach der fokus-Methode® durch geschultes betriebsärztliches Personal. Weiterhin wurde eine differenzierte Gefährdungsbeurteilung der einzelnen kategorisierten Arbeitstätigkeiten nach physischen und psychosozialen Belastungen durchgeführt. Die physische Gefährdungseinschätzung basierte maßgeblich auf dem Messsystem CUELA (Computer-Unterstützte Erfassung und Langzeitanalyse von Belastungen des Muskel-Skelett-Systems), die psychosoziale Gefährdungsbeurteilung auf dem Instrument zur stressbezogenen Tätigkeitsanalyse. Darüber hinaus wurden die Ärztinnen und Ärzte sowie die Beschäftigten zur praktischen Durchführung des G 46 befragt.

Insgesamt zeigte die Analyse der physischen Belastungsfaktoren, dass die untersuchten Beschäftigten in der vorliegenden Kohorte durchschnittlich relativ geringen Belastungen des Muskel-Skelett-Systems ausgesetzt sind (Ausnahme: Rumpfvorneigungen). Die hohe Prävalenz von Beschwerden und funktionellen Auffälligkeiten unterstreicht dabei unabhängig von deren Verursachung den Bedarf an geeigneten Präventionsinstrumenten. Im Rahmen der Studie konnten Ergänzungen zur Erfassung psychischer Fehlbelastungen sowie eine Präzisierung der Auswahlkriterien für Rumpfbeugehaltungen erarbeitet werden. Hinweise auf U-förmige Dosis-Effekt-Beziehungen für verschiedene Belastungen liefern Anhaltspunkte für die individuelle Beratung im Rahmen der arbeitsmedizinischen Vorsorge. Die Ergebnisse der Studie zeigen, dass die Untersuchungsinhalte und auch das G-46-Stufenschema in der Anwendung sinnvoll und praktikabel sind.

## Abstract

### Practicability, effectiveness and further development of the DGUV principle „G 46“ with special reference to back-ache

Back-ache is a major problem for health and the economy. The DGUV principle 46 (G 46) is intended a secondary prevention tool for back-ache. The purpose of the present study was to check the effectiveness and practicability of G 46 – a tool generated by experts – according to the criteria of evidence-based medicine and to identify potential scope for improvement and instructions for consolidating the method in its practical implementation.

G 46 was comprehensively applied to a group of 410 metal-cutting machine operators in eleven metalworking firms. In addition to the entirely G 46-based investigation of medical history, all participants underwent a complete physical examination using the Focus Method® by trained industrial medical practitioners. Furthermore, a differentiated risk assessment of the various categorised work activities was performed in terms of physical and psychosocial workloads. The physical risk assessment was based essentially on the CUELA measuring system (German acronym for „computer-based measurement and long-term analysis of loading of the musculoskeletal system“), and

the psychosocial risk assessment on the tool for mental-stress-related activity analysis. In addition, the doctors and employees were questioned about the practical implementation of G 46.

Overall, the analysis of the physical load factors showed that the investigated employees in the present cohort were exposed on average to relatively little loading of the musculoskeletal system (with the exception of forward inclination of the trunk). The high prevalence of complaints and functional anomalies, regardless of their causes, underlines the need for suitable prevention tools. In the course of this study, it was possible to obtain additional information for the recording of mental strain and a more precise definition of the selection criteria for flexed trunk positions. Indications of U-shaped dose-response relationships for various loads serve as a basis for individual consultations in the context of preventive health care at work. The results of the study show that the subject matter of the examination and the step-by-step G 46 approach are useful and practicable in their application.

## Résumé

### **Praticabilité, efficacité et optimisation du Principe « G 46 » de la DGUV, en tenant particulièrement compte de l'aspect du « mal de dos »**

Le mal de dos représente un problème de santé grave, qui a des répercussions macroéconomiques. Avec le Principe 46 de la DGUV (G 46), on dispose d'un instrument de prévention secondaire dont le but est de prévenir le mal de dos. L'objet de la présente étude était d'évaluer l'efficacité et la praticabilité du G 46 – en tant qu'instrument conçu par des professionnels – en se basant sur les critères de la médecine factuelle, et de mettre en évidence les améliorations possibles et des règles à appliquer pour optimiser la procédure dans son application pratique.

Le G 46 a été pratiqué de manière exhaustive sur un collectif de 410 mécaniciens d'usinage, hommes et femmes, appartenant à onze entreprises de métallurgie. Outre l'anamnèse proprement dite selon le G 46, tous les participants ont été soumis à un examen corporel complet selon la « méthode fokus® », examen effectué par du personnel qualifié de médecine du travail. On a par ailleurs procédé à une évaluation différenciée des risques pour les différentes catégories d'activités, en faisant la distinction entre sollicitations physiques et psychosociales. L'évaluation des risques physiques se basait principalement sur le système de mesure CUELA (saisie et analyse à long terme assistées par ordinateur de sollicitations du système musculo-squelettique), tandis que l'évaluation des risques psychosociaux se basait sur l'instrument destiné à l'analyse des activités du point de vue du stress. De plus, les médecins et salariés ont été invités à répondre à un questionnaire portant sur le déroulement pratique du G 46.

D'une manière générale, l'analyse des facteurs de sollicitation physique a révélé que les salariés faisant l'objet de l'étude dans la cohorte concernée sont, en moyenne, exposés à des sollicitations relativement faibles du système musculo-squelettique (exception : les inclinaisons du tronc vers l'avant). La forte prévalence de troubles et d'anomalies fonctionnelles – quelle qu'en soit la cause – souligne alors la nécessité d'instruments de prévention adéquats. L'étude a permis d'optimiser les instruments destinés à la saisie de sollicitations psychiques excessives, et de préciser les critères de sélection pour les postures d'inclinaison du tronc. Des indications sur des relations dose-effet matérialisées par une courbe en forme de U pour différentes sollicitations fournissent des pistes de solution pour un conseil individuel dans le cadre des mesures de prévention offertes par la médecine du travail. Il ressort des résultats de l'étude que, pour leur application, les contenus des investigations, tout comme le schéma graduel du G 46, sont judicieux et praticables.

## Resumen

### **Practicabilidad, efectividad y perfeccionamiento del principio de la DGUV «G 46» teniendo en cuenta especialmente el aspecto «dolores de espalda»**

Los dolores de espalda constituyen un grave problema de salud con repercusiones para la economía. El principio 46 de la DGUV (G 46) constituye un instrumento para prevenir de manera secundaria los dolores de espalda. El presente estudio tenía por objeto verificar la eficacia y la practicabilidad del G 46 en tanto que instrumento generado por especialistas, aplicando los criterios de la medicina basada en la evidencia e indicar posibles mejoras así como indicaciones de aplicación que refuercen el procedimiento en su implementación práctica.

El G 46 se aplicó de manera exhaustiva en un colectivo de 410 mecánicos y mecánicas de virutaje de once empresas metalúrgicas. Además de la anamnesis específica del G-46, se realizó una exploración física completa de todos los participantes según el método fokus® aplicado por el personal sanitario de las empresas respectivas. Asimismo se efectuó una evaluación de riesgo diferenciada en función de cada una de las actividades laborales categorizadas según las cargas físicas y psicosociales. La evaluación física del riesgo se basó principalmente en el sistema de medición CUELA (registro computerizado y análisis a largo plazo de las cargas músculoesqueléticas, en sus siglas alemanas), mientras que para la evaluación de riesgos psicosociales se aplicó el instrumento para el análisis de actividades relacionadas con el estrés. Asimismo se realizó una encuesta sobre la aplicación práctica del G 46 entre los doctores y las doctoras así como entre los empleados.

En general, el análisis de los factores de carga física mostró que los empleados examinados en la presente cohorte mostraban una media de cargas relativamente baja para el sistema músculoesquelético (excepción: las inclinaciones del torso hacia delante). La elevada prevalencia de molestias e indicios funcionales subraya, independientemente de su causa, la necesidad de aplicar instrumentos de prevención adecuados. En el marco de este estudio se incorporaron datos adicionales sobre las cargas psíquicas nocivas y se precisaron los criterios de selección para las posturas de inclinación del torso. Los indicios de una evolución en «U» de las relaciones dosis/efecto respecto a diversas cargas proporcionan pautas para el asesoramiento individualizado en el marco de la prevención para la salud en el trabajo. Los resultados del estudio muestran que los contenidos de la investigación y el esquema de gradación del G 46 resultan lógicos y practicables en cuanto a su aplicación.

# Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Problemstellung</b> .....	<b>11</b>
<b>2</b>	<b>Forschungszweck und -ziel</b> .....	<b>13</b>
<b>3</b>	<b>Vorgehensweise</b> .....	<b>15</b>
3.1	Arbeits- und Zeitabläufe .....	15
3.1.1	Geplanter Arbeits- und Zeitablauf.....	15
3.1.2	Tatsächlicher Arbeits- und Zeitablauf.....	16
3.2	Zuordnung der Arbeiten zu den Kooperationspartnern .....	17
<b>4</b>	<b>Methoden und Ergebnisse</b> .....	<b>19</b>
4.1	Soziodemografische und persönliche Faktoren des Kollektivs.....	19
4.1.1	Methode .....	19
4.1.2	Deskriptive Auswertung .....	19
4.2	Physische Belastung .....	23
4.2.1	Methode .....	23
4.2.2	Deskriptive Auswertung der physischen Belastungen .....	28
4.3	Psychosoziale Belastung.....	33
4.3.1	Methoden der psychosozialen Gefährdungsanalyse .....	33
4.3.2	Deskriptive Auswertung der psychosozialen Risikofaktoren .....	36
4.4	Medizinische Endpunkte: Rücken.....	40
4.4.1	Methode .....	40
4.4.2	Deskriptive Auswertung .....	41
4.5	Ergebnisse zu den Zusammenhängen.....	45
4.5.1	Zusammenhänge mit physischen Belastungen .....	45
4.5.2	Zusammenhänge mit psychosozialen Risikofaktoren .....	50
4.6	Kurzes psychisches Standardtool für den G 46.....	54
4.7	Praktikabilität des G 46 .....	54
4.8	Rückschlüsse für die Verordnung für arbeitsmedizinische Vorsoege (ArbMedVV) .....	56
<b>5</b>	<b>Veröffentlichungen</b> .....	<b>57</b>
5.1	Eingeladene Vorträge .....	57
5.2	Zeitschriften- und Tagungsbeiträge.....	57
<b>6</b>	<b>Bewertung der Ergebnisse</b> .....	<b>59</b>
6.1	Relevanz für Forschungszweck und -ziel .....	59
6.2	Schlussfolgerungen .....	59
6.3	Relevanz für die gesetzliche Unfallversicherung.....	60
	<b>Literaturverzeichnis</b> .....	<b>61</b>
	<b>Anhang</b> .....	<b>65</b>



## Danksagung

Im Namen der Antragstellerinnen und Projektmitarbeiter möchte ich mich an dieser Stelle für die konstruktive Unterstützung durch den Forschungsbegleitkreis bedanken, namentlich bei Dipl.- Psych. *Sonja Berger*, Dr. *Christoph Hecker*, Prof. Dr. *Bernd Hartmann*, Priv.-Doz. Dr. *Matthias Jäger*, Dr. *Gerald Knaus*, Dr. *Falk Liebers*, Prof. Dr. *Peter Morfeld*, Dipl.-Ing. *Klaus Ponto*, Priv.-Doz. Dr. *Michael Spallek* und Dr. *Jürgen Milde*, der leider nach schwerer Krankheit verstorben ist.

Wir bedanken uns auch bei allen untersuchenden Ärzten, den beteiligten Unternehmen sowie insbesondere bei den Beschäftigten in den Unternehmen, die an den umfangreichen Befragungen und Untersuchungen teilgenommen haben.

Univ.-Prof. Dr. med. *Thomas Kraus*



# 1 Problemstellung

Erkrankungen des Muskel-Skelett-Systems (MSE) sind in der Arbeitswelt ein bedeutendes Gesundheitsproblem und führen zu erheblichen Kosten für Betriebe, Krankenkassen, Sozialversicherungsträger und die Volkswirtschaft insgesamt. In der Berufskrankheitenverordnung sind derzeit insgesamt zehn Erkrankungen des Muskel-Skelett-Systems erfasst. Die Prävention muskuloskelettaler Erkrankungen stellt daher – gerade in der arbeitsmedizinischen Vorsorge – eine große Herausforderung dar.

Mit dem Ziel, funktionelle Störungen am Bewegungsapparat erkennen und rechtzeitige Gegenmaßnahmen ergreifen zu können, verabschiedete der Ausschuss Arbeitsmedizin im Jahr 2005 ein Vorsorgekonzept bestehend aus dem Berufsgenossenschaftlichen Grundsatz G 46 [1] und einer Handlungshilfe zur Gefährdungsbeurteilung [2].

Ein Leitsymptom vieler Erkrankungen des Muskel-Skelett-Systems, die im Bereich der Wirbelsäule auftreten, sind Rückenschmerzen. Sie stellen ein besonderes Problem dar, was u. a. daran liegt, dass nur ca. 10 bis 15 % der Rückenschmerzen auf einer greifbaren anatomischen Veränderung basieren [3] und damit einer gezielten, direkten medizinischen/rehabilitativen Therapie zugänglich sind.

Rückenschmerzen wurden in der Literatur bereits mit dem Vorliegen von physischen, z. B. manuelle Lastenhandhabungen und Zwangshaltungen [4] oder Ganzkörpervibration [5], sowie psychischen Faktoren, z. B. hohe Arbeitsanforderungen [6], am Arbeitsplatz in Zusammenhang gebracht. Dabei existieren jedoch – in Bezug auf die physischen Expositionen und angesichts der wahrscheinlich multikausalen Genese von Rückenschmerzen – bis jetzt nur wenige berufliche Expositionsschwellenwerte, die mit dem Auftreten von Rückenschmerzen in Zusammenhang gebracht werden können. Darüber hinaus ist die Verursachung von Beschwerden des Muskel-Skelett-Systems durch psychische Faktoren derzeit im Vorsorgekonzept des G 46 noch nicht ausreichend berücksichtigt. Der Bedarf wurde aber vom Arbeitskreis „Belastungen des Muskel-Skelett-Systems“ erkannt und soll auf der Basis von Vorüberlegungen im Rahmen der Studie hinzugefügt werden. Angestrebt wird hier eine Erweiterung der Anamnese des G 46 durch Entwicklung und Prüfung eines für die betriebsärztliche Tätigkeit geeigneten Instruments zur Erhebung von Hinweisen auf psychische Belastungen am Arbeitsplatz.

Die Einzigartigkeit des Vorsorgekonzepts des G 46 macht es aufgrund eines fehlenden validierten Vergleichsmaßstabs schwierig, seine Wirksamkeit in der betriebsärztlichen Praxis zu beurteilen. Zudem bestehen Einschränkungen durch die Rahmenbedingungen der betriebsärztlichen Tätigkeit (demografischer Wandel, alternde Belegschaften), die Vorkenntnisse der Betriebsärztinnen und Betriebsärzte und den zögerlichen Wandel von der reinen Abwendung versicherungsrelevanter Gefährdungen hin zur Erhaltung von Beschäftigungsfähigkeit.

Da Rückenschmerzen innerhalb der MSE eine zentrale Rolle einnehmen, bietet es sich für die vorliegende Studie an, das Thema zunächst auf diesen Aspekt einzuzugrenzen.

Die höchsten krankheitsbedingten Fehlzeiten weisen Berufsgruppen mit hohen körperlichen und psychischen Arbeitsbelastungen auf [7]. Die durch die frühere Berufsgenossenschaft Metall Nord Süd (BGM; heute Berufsgenossenschaft Holz und Metall) in der vorliegenden Studie vorgesehenen Versuchspersonen aus der Berufsgruppe der Zerspanungsmechanikerinnen und Zerspanungsmechaniker erfahren bei ihren Arbeitstätigkeiten körperliche Belastungen, die sich insbesondere durch Heben und Halten sowie Rumpfbeugehaltungen charakterisieren lassen. Es handelt sich dabei zudem um eine weit verbreitete Tätigkeit, die keine numerischen Probleme bei der Rekrutierung erwarten ließ.



## 2 Forschungszweck und -ziel

Das übergeordnete Ziel des hier vorgestellten Forschungsvorhabens ist die Beantwortung der Frage, ob der G 46 eine sinnvolle und praktikable Vorsorgeuntersuchung bei den unterschiedlichsten beruflichen Belastungen des Bewegungsapparates ist und somit als praktikables und wirksames Instrument in der arbeitsmedizinischen Vorsorge eingesetzt werden kann, um gefährdende Belastungen am Arbeitsplatz, Berufskrankheiten und ganz allgemein arbeitsbedingte MSE, z. B. ICD-10 M45-M54, F45.4, vorbeugend anzugehen. Hierfür sollen Erkenntnisse über die Vorhersagekraft des G 46 abgeleitet werden. Die Ergebnisse der medizinischen Untersuchungen im Rahmen des G 46 werden dabei mit Daten aus physischen Gefährdungsbeurteilungen – unter der Federführung des Instituts für Arbeitsschutz der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung (IFA) – zusammengeführt und ausgewertet.

Daneben ist in dem Projekt der Einsatz eines Screening-Moduls (objektiv und subjektiv) zur Erfassung psychischer Belastungen am Arbeitsplatz für die G-46-Anamnese als Teil des Forschungsvorhabens vorgesehen. Die Datenerhebung in der Querschnittsanalyse soll Ansatzpunkte für sinnvolle Interventionen an relevanten Arbeitsplätzen aufzeigen, deren Wirksamkeit in einigen Jahren in einer Längsschnittuntersuchung überprüft werden könnte.



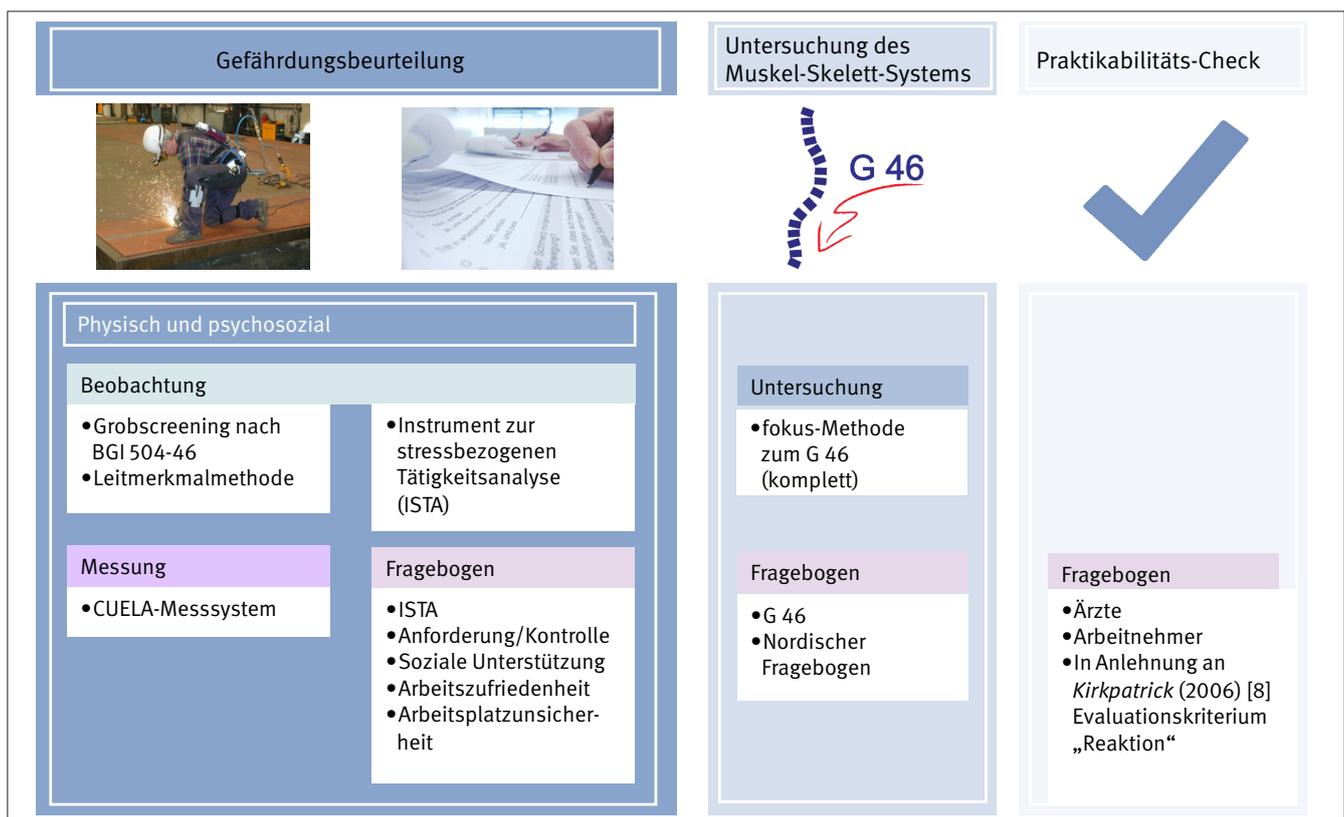
# 3 Vorgehensweise

## 3.1 Arbeits- und Zeitabläufe

Die Studie wurde zwischen November 2010 und Oktober 2012 in elf Metall verarbeitenden Betrieben in Deutschland, die zu den versicherten Betrieben der früheren Berufsgenossenschaft Metall Nord Süd (BGM, jetzt: Berufsgenossenschaft Holz und Metall, BGHM) gehören, durchgeführt. Die Betriebe wurden durch die BGHM akquiriert: Bei einem ersten Treffen in den Betrieben, zwischen März 2010 und März 2012, wurde das Management der Betriebe über das Ziel des Forschungsprojektes und den Ablauf der Studie informiert. In den darauf folgenden Monaten wurden die Beschäftigten in den Betrieben informiert und zur Teilnahme gebeten. Zur Durchführung der Studie wurden in den Betrieben geeignete Räume für die ärztliche Untersuchung und die Befragung ausgesucht und Untersuchungstermine festgelegt. Die Untersuchungen fanden jeweils an mehreren aufeinanderfolgenden Tagen statt. An diesen Tagen

fürten geschulte Arbeitsmedizinerinnen und Arbeitsmediziner eine standardisierte Anamnese und körperliche Untersuchung der teilnehmenden Beschäftigten während der Arbeitszeit durch. Direkt vor bzw. nach ihrer Schicht fand die weitere Befragung der Beschäftigten vor Ort im Betrieb in Gruppen unter Anwesenheit einer geschulten Psychologin statt. Die Befragung umfasste sowohl validierte Skalen für die subjektiven Angaben der psychosozialen Gefährdungsbeurteilung als auch für subjektive Beschwerden im Muskel-Skelett-Bereich. An den gleichen Tagen der Befragung und der ärztlichen Untersuchung fand auch die weitergehende objektive psychosoziale Gefährdungsanalyse mittels Beobachtung durch die Psychologin statt. Unabhängig von den körperlichen Untersuchungsterminen führte das IFA an anderen Tagen die physische Gefährdungsbeurteilung durch. Die einzelnen Studienbereiche sind in Abbildung 1 dargestellt. Die einzelnen Instrumente werden in den folgenden Kapiteln beschrieben.

Abbildung 1: Arbeitsbereiche des Projekts



### 3.1.1 Geplanter Arbeits- und Zeitablauf

Abbildung 2 zeigt den ursprünglich geplanten Zeitplan des Forschungsprojektes. Dieser sollte sich in drei Meilensteine aufteilen:

#### 1. Meilenstein:

Der erste Meilenstein sollte mit Abschluss der Vorbereitungsphase Ende Februar 2010 erreicht worden sein. Dies umfasste

vor allem die bis zu diesem Zeitpunkt abzuschließende Auswahl der Betriebe, orientierende Arbeitsplatzbegehungen und Gefährdungsbeurteilungen an den relevanten Arbeitsplätzen sowie die Auswahl des Instrumentariums für die physische und psychologische Gefährdungsbeurteilung. Weiterhin war im initialen Forschungsdesign eine Schulung der zuständigen Beschäftigten des Präventionsdienstes der Berufsgenossenschaft mit dem ausgewählten Instrumentarium vorgesehen und schließlich sollten zu diesem Termin auch bereits die zuständigen BAD-Ärztinnen und -Ärzte, die das Projekt in den entsprechenden

### 3 Vorgehensweise

Betrieben durchführen sollten, bekannt und in der fokus-Methode geschult sein. Idealerweise hätten Ende Februar 2010 zudem die Terminpläne für die Untersuchungen der Beschäftigten vorliegen sollen.

#### 2. Meilenstein:

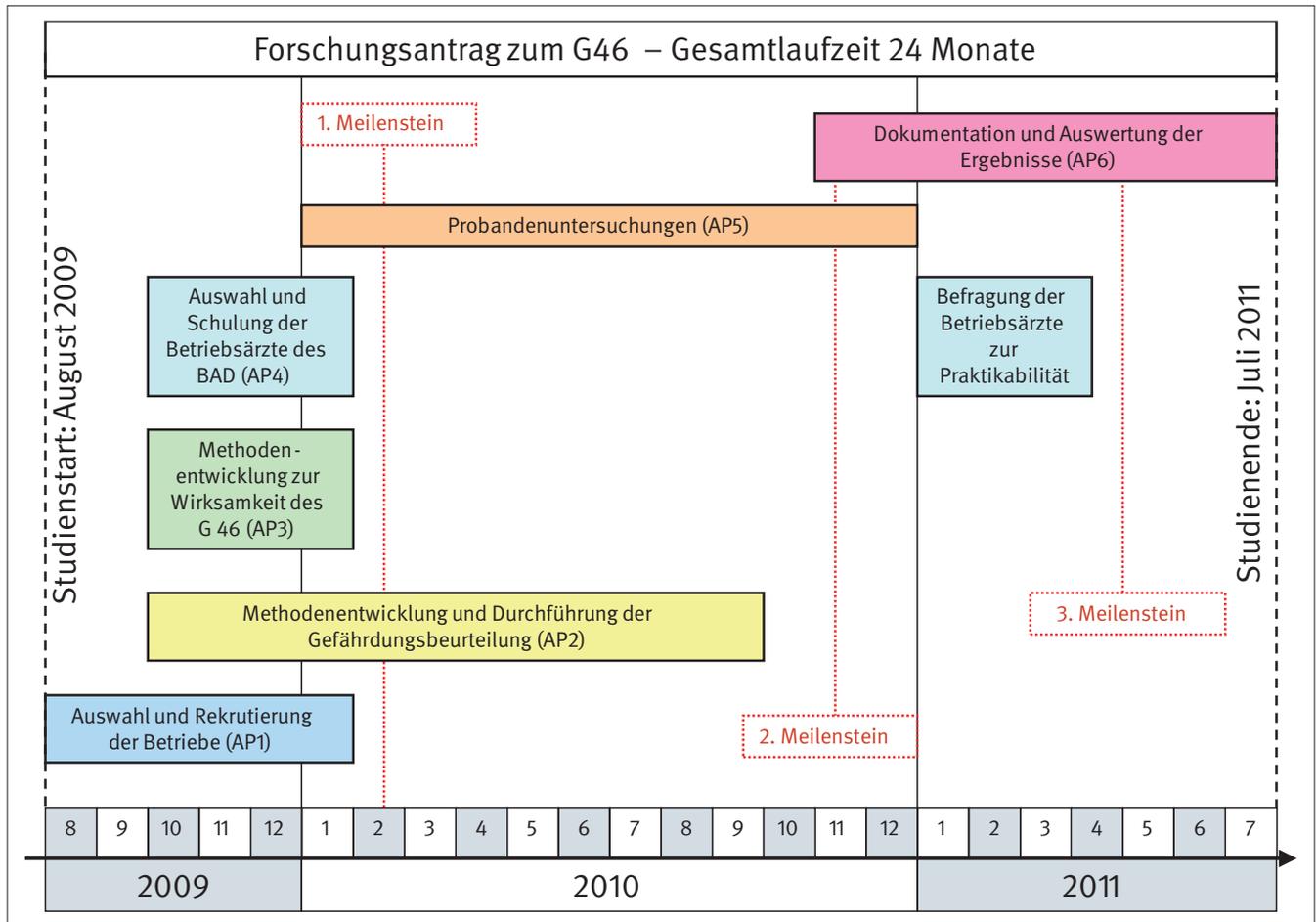
Bis November 2010 sollten die Messungen im Rahmen der Gefährdungsbeurteilung abgeschlossen sein, außerdem sollten alle Beschäftigten untersucht worden sein. Hieraus sollten erste

Resümees gezogen und das weitere Vorgehen sowie die weitere Auswertungsstrategie festgelegt werden.

#### 3. Meilenstein:

Bis April 2011 wurden erste Auswertungsergebnisse in Aussicht gestellt, die im Rahmen von Expertentreffen hätten diskutiert werden können. Hier wären erste Ansätze für Handlungsanleitungen abzuleiten gewesen.

Abbildung 2:  
Geplanter Zeitverlauf und zeitlicher Zusammenhang der Arbeitspakete (AP)

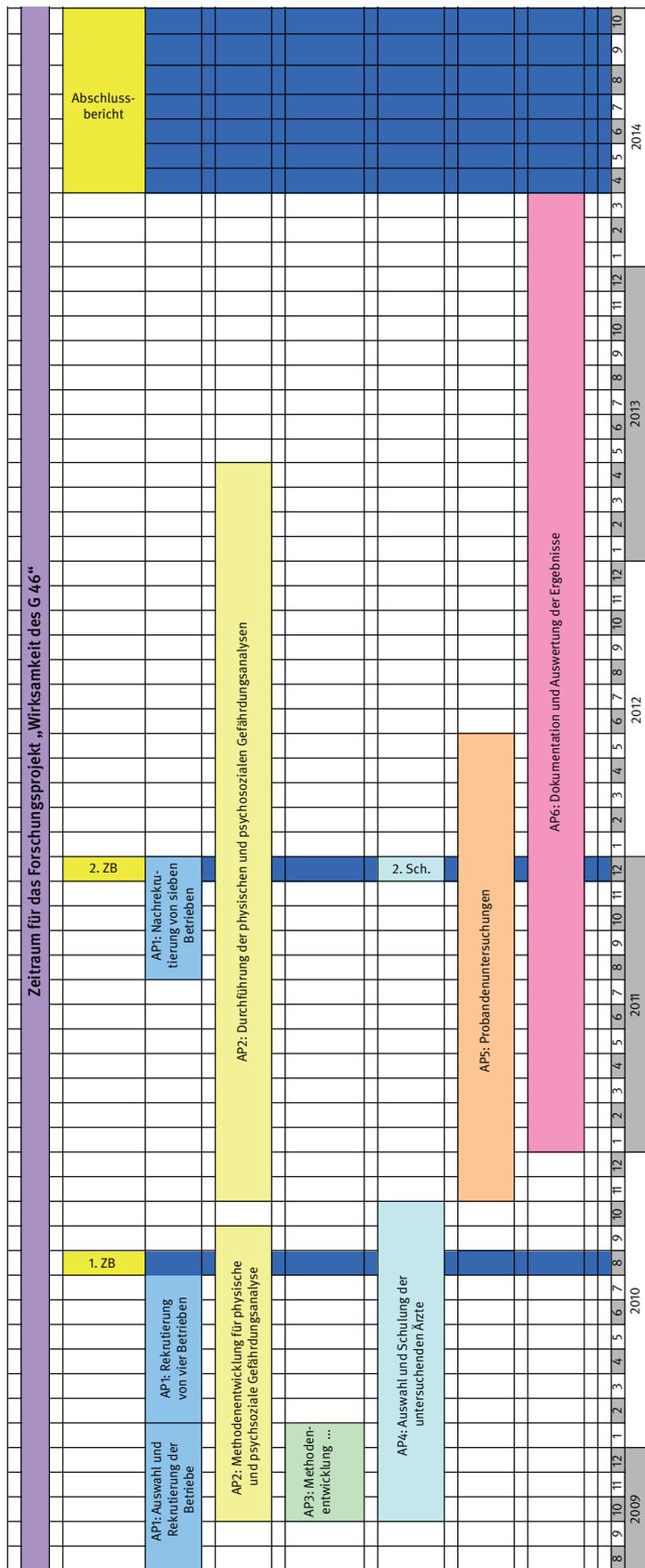


#### 3.1.2 Tatsächlicher Arbeits- und Zeitablauf

Der geplante Zeitplan hat sich aufgrund von Problemen bei der Rekrutierung teilnehmender Firmen und ärztlichen Personals sowie einer größeren Anzahl an teilnehmenden Betrieben ver-

zögert. Aus diesem Grund wurden mehrere Verlängerungen des Projekts beantragt (1. August 2011 bis 30. Oktober 2013). Den Verlängerungen wurde zugestimmt. Den tatsächlichen Zeitplan zeigt Abbildung 3.

Abbildung 3:  
Tatsächlicher Zeitverlauf und zeitlicher Zusammenhang der Arbeitspakete



ZB = Zwischenbericht; 2. Sch. = 2. Schulung  
 AP3: Methodenentwicklung zur Untersuchung des G 46 (Wirksamkeit und Praktikabilität)

#### 3.2. Zuordnung der Arbeiten zu den Kooperationspartnern

Während der Projektbearbeitung oblagen folgende Aufgaben dem Institut für Arbeitsmedizin und Sozialmedizin, Uniklinik der Rheinisch-Westfälischen Technischen Hochschule Aachen:

- Vorstellung des Projekts in Betrieben,
- Planung der Schulungen für Ärzte und Ärztinnen sowie Psychologen und Psychologinnen,
- Koordination der Untersuchungen in den Betrieben,
- Ausarbeitung und teilweise Durchführung der fokus-Untersuchungen,
- Ausarbeitung und Durchführung der psychosozialen Gefährdungsanalyse,
- Auswertung der medizinischen Daten und psychosozialen Belastungen,
- Rückmeldung der vorliegenden Rückenbeschwerden und -beeinträchtigungen sowie der psychosozialen Belastungen in den teilnehmenden Betrieben,
- Zusammenführung aller Daten,
- deskriptive Analyse der muskuloskelettalen Beanspruchung und psychosozialen Belastung.

Zu den Aufgaben des IFA gehörten

- Vorstellung des Projekts in Betrieben,
- Ausarbeitung und Durchführung der physischen Gefährdungsanalyse,
- Auswertung der physischen Belastungen,
- Rückmeldung der physischen Belastungen in den teilnehmenden Betrieben,
- Erstellung der Methodendarstellung und deskriptiven Analyse der physischen Belastungen für den Abschlussbericht,
- Mitwirkung bei der Interpretation der Studienergebnisse.

## 4 Methoden und Ergebnisse

### 4.1 Soziodemografische und persönliche Faktoren des Kollektivs

#### 4.1.1 Methode

Es wurden sowohl soziodemografische Daten als auch Informationen der Berufsanamnese und der möglichen Belastungen aus dem privaten Bereich erfasst. Hierbei beruhte die Auswahl der erfassten Faktoren auf beschriebenen Einflussgrößen in der Fachliteratur und dem in der Praxis üblichen Vorgehen.

Zur Erfassung der soziodemografischen Angaben wurde eine Skala aus dem Befragungsinstrument der psychosozialen Gefährdungsanalyse verwendet. Diese Skala wurde ergänzt, um Fragen zu potenziellen Belastungen aus dem privaten Bereich mit zu erfassen, da diese Belastungen einen zusätzlichen Einfluss auf Probleme im Muskel-Skelett-System ausüben könnten. Die Teilnehmenden beantworteten diese Fragen persönlich in Form eines Fragebogens vor bzw. nach ihrer Arbeitsschicht. Auf diese Weise wurden folgende Faktoren erfasst:

1. Geschlecht,
2. Alter,
3. Leben mit oder ohne Partner,
4. Anzahl der Kinder,
5. Größe (wurde während der ärztlichen Untersuchung gemessen),
6. Gewicht (wurde während der ärztlichen Untersuchung gemessen),
7. Body Mass Index (berechnet aus gemessener Größe und Gewicht),

8. Schulabschluss,
9. Berufsausbildung,
10. Dauer der Berufstätigkeit,
11. Betriebszugehörigkeit,
12. Dauer der jetzigen Tätigkeit,
13. Arbeitsplatzwechsel aufgrund von gesundheitlichen Problemen,
14. Arbeitszeit,
15. Medikamentenkonsum,
16. Rauchverhalten,
17. Sport
18. schwere Gartenarbeit und Hausbau,
19. Bedrohung durch Insolvenz.

Die demografischen Angaben werden in diesem Report für das Gesamtkollektiv dargestellt. Die Angaben getrennt nach Arbeitsplatzgruppen finden sich zur weiteren Information im Anhang (siehe Seite 65).

#### 4.1.2 Deskriptive Auswertung

An der Querschnittuntersuchung nahmen 410 Beschäftigte aus elf Metall verarbeitenden Betrieben teil. Tabelle 1 zeigt die prozentuale Verteilung aus den einzelnen Betrieben.

Tabelle 1:  
Teilnehmende aus elf Unternehmen

Unternehmen	Anzahl Teilnehmende	%
1	27	6,6
2	39	9,5
3	83	20,2
4	42	10,2
5	45	11,0
6	39	9,5
7	28	6,8
8	44	10,7
9	16	3,9
10	21	5,1
11	26	6,3
Gesamt	410	100,0

#### 4 Methoden und Ergebnisse

Die Arbeitsplätze lassen sich anhand der Tätigkeit in sieben Arbeitsplatzgruppen unterteilen (Tabelle 2). Dabei treten die eigentlich zerspanenden Tätigkeiten in drei Arbeitsplatzgruppen auf – Einmaschinenbedienung (CNC), Mehrmaschinenbedienung (CNC) und manuelle Maschinen. Etwa 70 % der Teilnehmenden arbeiten an diesen für Zerspanungsmechaniker

und Zerspanungsmechanikerinnen typischen Arbeitsplätzen. Arbeitsplätze, die sich nicht eindeutig einteilen lassen, werden in der achten Gruppe „Sonstige“ zusammengefasst. Diese Einteilung in relativ homogene Arbeitsplatzgruppen wird in der weiteren deskriptiven Beschreibung und Auswertung verwendet.

Tabelle 2:  
Beschreibung der Arbeitsplatzgruppen

Arbeitsplatzgruppe		Beschreibung	Anzahl (N)	Prozent (%)
Nr.	Bezeichnung			
1	Einmaschinenbedienung (CNC)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Arbeit an einer CNC-gesteuerten Maschine</li> <li>• Einzelteilfertigung oder Kleinserienfertigung an CNC-Maschinen</li> <li>• Arbeitsaufgabe kann Einrichten der Maschine sowie Programmier-tätigkeiten umfassen</li> </ul>	94	22,9
2	Mehrmaschinenbedienung (CNC)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Parallele Bedienung von mindestens zwei CNC-gesteuerten Maschinen</li> <li>• Serienfertigung mit hohen Stückzahlen</li> <li>• Umrüstvorgänge ≤ 1x pro Tag</li> <li>• Arbeitsaufgabe umfasst selten Programmier-tätigkeit und Einrichten der Maschinen</li> </ul>	150	36,6
3	manuelle Maschine	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Einzelteilfertigung oder Kleinserienfertigung anhand technischer Zeichnungen</li> <li>• Teilweise NC-unterstützte Maschinen</li> <li>• Gruppe umfasst manuelle Drehmaschinen, Fräsmaschinen und Schleifmaschinen, Bohrmaschine</li> </ul>	45	11,0
4	Montage	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Manuelle Montage alleine oder zu mehreren</li> <li>• Lastenhandhabung und Stückzahl sehr unterschiedlich</li> </ul>	51	12,4
5	Kontrolle	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Qualitätskontrolle der Produkte</li> <li>• Kontrolltätigkeiten verschiedenster Art, teilweise kombiniert mit Verpackung und Versand</li> <li>• meist hohe Stückzahlen und repetitive Tätigkeiten</li> </ul>	15	3,7
6	Härterei	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Bestückung der Maschine allein oder zu zweit</li> <li>• teilweise erschwerte Arbeitsbedingungen durch hohe Raumtemperatur</li> </ul>	12	2,9
7	organisatorische Tätigkeit	<ul style="list-style-type: none"> <li>• selten Maschinenbedienung</li> <li>• organisatorische oder logistische Arbeitsaufgaben</li> <li>• Zur Gruppe gehören u.a.: Schichtführer, Meister, Werkzeug- und Materialausgabe, Lager</li> </ul>	23	5,6
8	Sonstige	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Probanden, denen keine Arbeitsplatzgruppe zugeordnet werden konnte</li> <li>• Arbeitsplätze, an denen nur ein Proband an der Studie teilgenommen hat</li> <li>• Zur Gruppe gehören u. a.: Probierpresse, Wuchten, Lenkspindel-aufbereitung, Verpackung, Handschleifen, Nutmaschinen</li> </ul>	19	4,6
		Keine Information zum Arbeitsplatz	1	0,2
Gesamt			410	100,0

#### Erfasste Einflussgrößen

##### Soziodemografische Angaben

Bei der Berufsgruppe der Zerspanungsmechaniker handelt es sich um einen typischen Männerberuf. Dies spiegelt sich auch im untersuchten Kollektiv wider: 91,0 % der Teilnehmenden sind

männlich (Tabelle 3). Im Durchschnitt sind die teilnehmenden Beschäftigten 39,06 Jahre alt; 74,5 % leben in einer festen Partnerschaft. Des Weiteren wurde die Anzahl der Kinder zur Beschreibung der familiären Situation erfragt (Tabelle 4). Die Minderheit (18 %) hat keine Kinder, während die anderen bis zu acht Kinder angeben.

Tabelle 3:  
Geschlecht der Teilnehmenden (N = Anzahl der Teilnehmenden gesamt)

N	Männer	Frauen
410	91,0 %	9,0 %

Tabelle 4:  
Soziodemographische Angaben; N = Anzahl, M = Mittelwert, SD = Standardabweichung, Min = Minimum, Max = Maximum

Parameter	N	M	SD	Min	Max
Alter in Jahren	405	39,1	10,8	18	61
Kinder	303	1,5	1,2	0	8

#### Konstitutionelle Faktoren

Die körperlichen Voraussetzungen der Beschäftigten sind recht unterschiedlich (Tabelle 5). So variiert ihre Größe zwischen 1,55 und 2,00 m (M = 1,77 m) und ihr Gewicht zwischen 49 und

146 kg (M = 84,15 kg). Daraus resultiert der Body-Mass-Index (BMI), der von 17,32 bis 42,20 streut (M = 26,71). Nach den Richtlinien der Weltgesundheitsorganisation (1998) [9] für Erwachsene (18 Jahre und älter) sind 18,4 % als adipös einzuschätzen.

Tabelle 5:  
Konstitutionelle Faktoren; N = Anzahl, M = Mittelwert, SD = Standardabweichung, Min = Minimum, Max = Maximum

Parameter	N	M	SD	Min	Max
Größe in cm	410	177,4	7,7	155	200
Gewicht in kg	408	84,2	14,2	49	146
BMI in kg/m <sup>2</sup>	408	26,7	4,1	17,3	42,2

#### Bildung und berufliche Rahmenbedingungen

Die meisten Befragten haben einen Hauptschul- (44,1 %) oder Realschulabschluss (48,0 %). 351 (85,6 %) haben eine abgeschlossene Lehre, lediglich acht (2,0 %) haben keinen Berufsabschluss (Tabellen 6 und 7).

Die Dauer der Berufstätigkeit und auch Betriebszugehörigkeit (Tabelle 8) variiert von weniger als drei Monaten bis zu mehr als 40 Jahren; der Median liegt bei 20 bis 30 Jahren. 63,4 % der Teilnehmenden sind mehr als zehn Jahre im jetzigen Betrieb. Die Beschäftigungsdauer an einem Arbeitsplatz ist geringer (Median: 5 bis 10 Jahre), wobei es dennoch einen Teilnehmer (0,2 %) gibt, der mehr als 40 Jahre an ein und demselben Arbeitsplatz arbeitet. 22 Personen (5,4 %) geben an, dass sie in der Vergangenheit ihren Arbeitsplatz aus gesundheitlichen Gründen wechseln mussten.

In den teilnehmenden Unternehmen haben die Beschäftigten unterschiedliche Regelarbeitszeiten (Tabelle 9). Diese reichen von 35 bis zu 40 Stunden pro Woche, wobei ein kleiner Anteil (5,1 %) der Befragten in Teilzeit arbeitet und deshalb weniger Wochenarbeitsstunden berufstätig ist. Laut Angaben der Teilnehmenden variiert die tatsächliche Arbeitszeit inklusive Überstunden zwischen 18 und 60 Stunden pro Woche. Im Durchschnitt geben die Beschäftigten an, 39,3 Stunden pro Woche zu arbeiten.

Tabelle 6:  
Schulabschluss

Art des Schulabschlusses	Anzahl Teilnehmende in %
Hauptschule ohne Abschluss	1,7
Hauptschule mit Abschluss	44,1
Realschule	48,0
Abitur/Fachabitur	4,4
Fachhochschulabschluss	1,2
Universitätsabschluss	0,5
Anzahl der Teilnehmenden insgesamt	406

Tabelle 7:  
Berufsausbildung

Art der Berufsausbildung	Prozent
kein Abschluss	2,0
abgeschlossene Lehre	86,9
Meisterprüfung oder Abschluss einer Fachschule	10,1
Diplom, Magister o. Ä.	1,0
Anzahl der Teilnehmenden insgesamt	404

#### 4 Methoden und Ergebnisse

Tabelle 8:  
Berufstätigkeit (Zeitdauerangaben in %); N = Anzahl der Teilnehmer insgesamt

	Dauer der Berufstätigkeit (N = 408)	Dauer der Betriebszugehörigkeit (N = 407)	Dauer der Beschäftigung am jetzigen Arbeitsplatz (N = 408)
< 3 Monate	0,5	0,7	3,2
3 bis 6 Monate	0,2	0,5	3,7
6 Monate bis 1 Jahr	0,7	1,7	5,2
1 bis 2 Jahre	0,7	2,2	11,1
2 bis 5 Jahre	4,7	12,3	23,7
5 bis 10 Jahre	13,5	18,7	20,7
10 bis 15 Jahre	10,3	15,2	12,1
15 bis 20 Jahre	12,7	11,8	7,9
20 bis 30 Jahre	29,2	23,1	9,1
30 bis 40 Jahre	22,5	12,3	3,0
> 40 Jahre	4,9	1,5	0,2

Tabelle 9:  
Arbeitszeit (subjektive Angabe: reguläre Arbeitszeit und Überstunden); N = Anzahl, M = Mittelwert, SD = Standardabweichung, Min = Minimum, Max = Maximum

	N	M	SD	Min	Max
Arbeitszeit in h	400	39,3	4,7	18	60

#### Einflussfaktoren im privaten Bereich

Bei 12,4 % der Befragten liegt regelmäßiger Medikamentenkonsum vor. Ein weiterer häufig genannter gesundheitsrelevanter Faktor ist das Rauchen (Tabelle 10). Insgesamt 41,2 % der Teilnehmer sind Nichtraucher; 39,1 % der Stichprobe sind aktive Raucher.

Tabelle 10:  
Rauchen

Raucherstatus	Anteil der Teilnehmenden in %
Raucher	39,1
Ehemaliger Raucher	19,7
Nichtraucher	41,2
Anzahl der Teilnehmer insgesamt	404

Sport betreiben 69,5 % regelmäßig und von diesen mehr als die Hälfte mindestens einmal pro Woche (Tabellen 11 und 12). Die Dauer der sportlichen Aktivität variiert zwischen 0,5 bis zu 21,0 Stunden pro Woche.

Tabelle 12:  
Stunden Sport pro Woche; N = Anzahl, M = Mittelwert, SD = Standardabweichung, Min = Minimum, Max = Maximum

	N	M	SD	Min	Max
Wochenstunden Sport	272	4,50 h	3,54 h	0,50 h	21,00 h

In ihrer Freizeit üben 39,2 % der Befragten schwere Gartenarbeit oder Bautätigkeit aus, was als möglicher konkurrierender Risikofaktor für Beschwerden im Bereich des Muskel-Skelett-Systems gewertet werden muss. Auch die Bedrohung durch private Insolvenz wurde in anderen Analysen als möglicher konkurrierender Risikofaktor für Muskel-Skelett-Beschwerden identifiziert [10] (Tabelle 13). In der vorliegenden Stichprobe geben 4,1 % an, von privater Insolvenz betroffen zu sein. Bei dieser Frage ist auffällig, dass 11,5 % diese Frage nicht beantwortet haben, was in dieser Befragung einen relativ hohen Anteil ausmacht – angesichts des sozialen Stigmas, das mit der Frage assoziiert ist, aber nicht verwundert.

Tabelle 11:  
Sport

Häufigkeit der sportlichen Aktivität	Anteil der Teilnehmenden in %
nie	30,5
ja, mehrmals pro Woche	35,7
ja, einmal pro Woche	15,3
ja, mehrmals im Monat	11,6
ja, einmal pro Monat	4,4
ja, weniger als einmal pro Monat	2,5
Anzahl der Teilnehmer insgesamt	406

Tabelle 13:  
Gefährdungen im privaten Bereich

	Anzahl der Teilnehmer insgesamt	Ja
Schwere Gartenarbeit oder Hausbau	406	39,2 %
Bedrohung durch Insolvenz	363	4,1 %

## 4.2 Physische Belastung

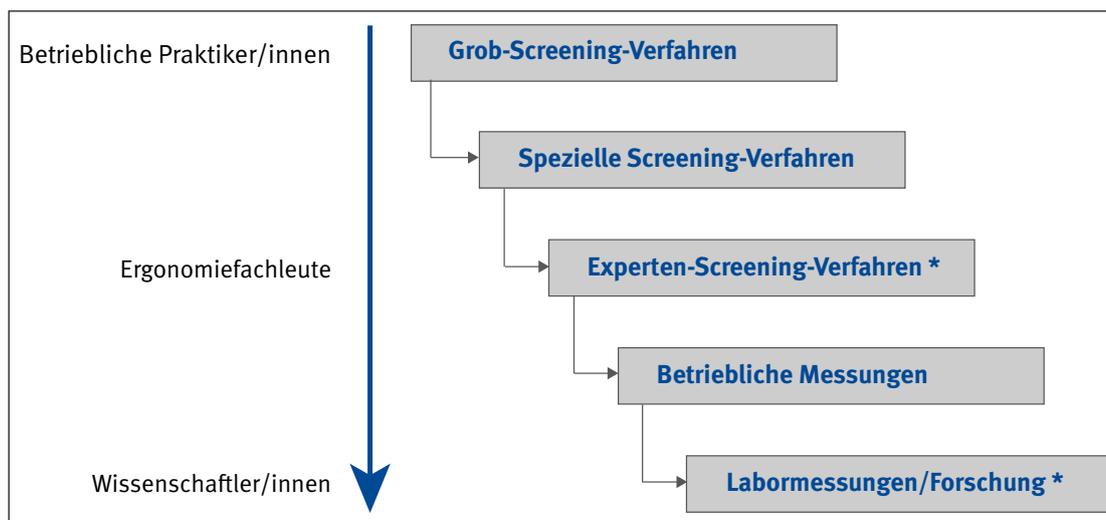
### 4.2.1 Methode

Zur Beurteilung der physischen Belastungen an den untersuchten Arbeitsplätzen wurde das in der Arbeitswissenschaft etablierte stufenweise Vorgehen verfolgt [11]. In der ersten Stufe des Grob-Screenings (Abbildung 4) wurde die zum G 46 gehörende Checkliste „Orientierende Beurteilung der Gefährdung und Auswahl des zu untersuchenden Personenkreises bei Belastungen des Muskel- und Skelettsystems“ aus Anhang 1 der BGI/GUV-I 504-46 [2] (heute: DGUV Information 250-453) eingesetzt. Sofern eine der Orientierungsfragen (die Frage zur Vibrationsbelastung wurde nicht berücksichtigt) dieser Checkliste mit „Ja“ beantwortet wurde, fanden vertiefende Gefährdungsbeurteilungsmethoden Anwendung. Folgende Methoden wurden als spezielle Screening-Verfahren eingesetzt:

- die Leitmerkmalmethoden (LMM) der Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin (BAuA) [12 bis 14] und des Länderausschusses für Arbeitsschutz und Sicherheitstechnik (LASI),
- die Handlungsanleitung bei andauernder Steharbeit (LV 50) des LASI [15] und
- das Rapid Upper Limb Assessment (RULA) [16].

Sie werden nachfolgend erläutert. Die objektiv genaueste und auch umfassendste Methode zur Beurteilung der physischen Belastungen ist die betriebliche Messung der Körperhaltungen. Die für diese Studie durchgeführten Körperhaltungsmessungen wurden mit dem CUELA-System [17] durchgeführt (siehe Abschnitt „Das CUELA-Messsystem“, Seite 25f).

Abbildung 4:  
Stufenweises Vorgehen der physischen Belastungsanalyse; \*: in diesem Projekt nicht durchgeführt



### Versuchspersonen

Die physische Belastungsanalyse erfolgte nicht im Gesamtkollektiv, sondern – wie in der Praxis – an ausgewählten, repräsentativen Arbeitsplätzen. Das Kollektiv der physischen Belastungsanalyse umfasste 78 Personen, fünf Frauen (3 %) und 73 Männer (97 %), mit denen 85 Messungen durchgeführt wurden. Insgesamt 79 Messungen flossen in die Auswertung ein. Das durchschnittliche Alter betrug 40 Jahre bei einer Standardabweichung (SD) von 12,2 Jahren. Bei einer mittleren Körpergröße von 1,78 m (SD: 0,1 m) und einem mittleren Körpergewicht von 84,1 kg (SD: 13,4 kg) ergibt sich für das Kollektiv ein durchschnittlicher BMI von 26,6 kg/m<sup>2</sup> (SD: 3,5 kg/m<sup>2</sup>). Das entspricht dem BMI-Mittelwert des Gesamtkollektivs. Diese Stichprobe entspricht damit

in der Geschlechterverteilung, im Alter und im BMI im Wesentlichen dem Gesamtkollektiv der 410 Zerspanungsmechaniker und -mechanikerinnen.

### Arbeitsplatzgruppen

Zur Auswertung der ermittelten physischen Belastungen wurden die untersuchten Arbeitsplätze klassifiziert und verschiedenen Arbeitsplatzgruppen (APG 1 bis APG 8) zugeordnet (Tabelle 14). In Tabelle 14 ist die Anzahl der mit dem CUELA-System untersuchten Personen pro Arbeitsplatzgruppe aufgeführt. Bis auf die APG 1 entsprechen die prozentualen Anteile der typischen ersten drei Arbeitsplatzgruppen den Anteilen der Untersuchten im Gesamtkollektiv.

## 4 Methoden und Ergebnisse

Tabelle 14:  
Arbeitsplatzgruppen

Arbeitsplatzgruppe (APG)	Anzahl der Teilnehmenden gemessen	Anzahl der Teilnehmenden gesamt
APG 1: Einmaschinenbedienung (CNC)	11	94
APG 2: Mehrmaschinenbedienung (CNC)	28	150
APG 3: manuelle Maschinenbedienung	12	45
APG 4: Montage	10	51
APG 5: Kontrolle	4	15
APG 6: Härterei	3	12
APG 7: organisatorische Tätigkeiten	3	23
APG 8: Sonstige	8	19

### Screening-Verfahren

#### Checkliste BGI 504-46

Durch die Checkliste der Handlungsanleitung für die arbeitsmedizinische Vorsorge nach dem Berufsgenossenschaftlichen Grundsatz G 46 [18] werden Maßnahmen der arbeitsmedizinischen Vorsorge im Rahmen der Gefährdungsbeurteilung bei Belastungen des Muskel-Skelett-Systems ermittelt. Die von der Checkliste betrachteten Belastungsarten sind den Gruppen Lastenhandhabung, erzwungene Körperhaltungen, Arbeit mit erhöhter Kraftanstrengung und/oder Krafterwirkung sowie repetitive Tätigkeiten mit hohen Handhabungsfrequenzen zugeordnet. Für jede Belastungsart ist einzuschätzen, ob eine erhöhte Belastung vorliegt.

#### Leitmerkmalmethoden

Mit den Leitmerkmalmethoden (LMM) kann man vorhandene Arbeitsbelastungen ohne ergonomische Spezialkenntnisse

Tabelle 15:  
Beurteilungstabelle aus der LMM manuelle Arbeitsprozesse [19]

Risikobereich	Punktwert	Beschreibung
1	< 10	Geringe Belastung, Gesundheitsgefährdung durch körperliche Überbeanspruchung ist unwahrscheinlich.
2	10 bis < 25	Mittlere Belastung, eine körperliche Überbeanspruchung ist bei vermindert belastbaren Personen möglich. Für diesen Personenkreis sind Gestaltungsmaßnahmen sinnvoll.
3	25 bis < 50	Erhöhte Belastung, körperliche Überbeanspruchung ist auch für normal belastbare Personen möglich. Gestaltungsmaßnahmen sind zu prüfen.
4	≥ 50	Hohe Belastung, körperliche Überbeanspruchung ist wahrscheinlich. Gestaltungsmaßnahmen sind erforderlich.

#### Rapid Upper Limb Assessment (RULA)

Das RULA-Verfahren wird zur Beurteilung von Arbeitsplätzen eingesetzt, die mit Belastungen und daraus resultierenden Funktionseinschränkungen der oberen Extremitäten in Verbindung gebracht werden [20]. Als Ergebnis liefert die Beobachtungsmethode eine Aussage über die Notwendigkeit weiterer Untersuchungen und ergonomischer Veränderungen am Arbeitsplatz (Tabelle 16). Dazu werden zunächst die Arm- und

subjektiv ermitteln. Anhand wertneutraler Beschreibungen von Tätigkeitsmerkmalen sollen relevante Gefährdungen aufgedeckt und Hinweise auf Gestaltungsengpässe gegeben werden [19].

Aufbau, Anwendung und Ergebnisdarstellung der drei LMM [12 bis 14] sind weitestgehend identisch. Sie beurteilen die Arbeitsbedingungen bei den Tätigkeiten Heben, Halten und Tragen, Ziehen und Schieben sowie bei manuellen Arbeitsprozessen. Dazu werden Wichtungen für die Zeit, die Körperhaltung, die Ausführungsbedingungen sowie für methodenspezifische Tätigkeiten bestimmt, die mathematisch verknüpft und zu einem Punktwert zusammengefasst werden. Zur Bewertung des Gesamtrisikos einer Überbeanspruchung wird der ermittelte Punktwert einer Bewertungstabelle (Tabelle 15) entsprechend einem Risikobereich zugeordnet, wobei die Übergänge zwischen diesen Bereichen ausdrücklich fließend sind. Die Bewertungstabellen der drei Leitmerkmalmethoden sind einheitlich gestaltet und unterscheiden sich nur minimal.

Handgelenkhaltungen sowie die Haltung von Hals, Oberkörper und Beinen anhand von Piktogrammen erfasst und zu Haltungswerten zusammengefasst. Diese Haltungswerte werden vor der abschließenden Bewertung jeweils um Punkte für Muskelarbeit und Kraft ergänzt. Mit den beiden Gesamtwerten für Arm- und Handgelenks- sowie Hals-, Oberkörper- und Beinhaltung wird die Gesamtpunktzahl einer Tabelle entnommen. Vom Gesamtpunktwert ist das Vorgehen für den begutachteten Arbeitsplatz abgeleitet [16; 20].

Tabelle 16:  
RULA-Ergebnistabelle [20]

Gesamtpunktwert	abgeleitetes Vorgehen
1 bis 2	akzeptable Verhältnisse, keine Notwendigkeit weiterer Maßnahmen
3 bis 4	in naher Zukunft weitere Maßnahmen einleiten
5 bis 6	in Kürze weitere Maßnahmen einleiten
7	sofort weitere Maßnahmen einleiten

#### Das CUELA-Messsystem

Der schematische Aufbau des CUELA-Basissystems (CUELA: Computer-unterstützte Erfassung und Langzeit-Analyse von Belastungen des Muskel-Skelett-Systems) ist in Abbildung 5 dargestellt. Die Erfassung von Körper-/Gelenkbewegungen erfolgt hierbei mithilfe von Bewegungssensoren (Goniometer und 3D-Inertialsensoren), die auf der Kleidung der Person angebracht werden.

Alle Messdaten werden im CUELA-Datenspeicher, einem tragbaren Mikrocontrollersystem mit 168 Analogkanälen, mit einer Abtastfrequenz von 50 Hz digitalisiert und auf handelsüblichen Compact-Flash-Karten abgespeichert. Ein sehr geringer Energieverbrauch, zusammen mit dem Einsatz kompakter Lithium-Ionen-Akkus ermöglicht einen mehrstündigen Betrieb des Systems im Feld, auch an nicht stationären Arbeitsplätzen. Der CUELA-Datenspeicher verfügt darüber hinaus über einen Online-Aufzeichnungsmodus, bei dem die Messdaten über eine Bluetooth-Verbindung direkt an einen Computer weitergeleitet und in Echtzeit visualisiert werden können. Dadurch lassen sich zu Beginn einer Messung die Funktionsfähigkeit der Sensoren und deren Anbringung in einfacher Weise überprüfen.

Das Gesamtgewicht des Messsystems, dessen Anbringung am Arbeitsplatz ca. 20 bis 30 Minuten dauert, beträgt je nach Ausführung zwischen 2 und 3 kg. Es bestehen individuelle, auf Körperumfang und -größe bezogene Einstellmöglichkeiten. Nach dem Messungsstart können die mit dem System ausgerüsteten Beschäftigten ihrer gewohnten Tätigkeit nachgehen.

Die synchrone Erfassung von Bodenreaktionskräften erfolgt mit Fußdruckmesssohlen, die jeweils aus 24 Hydrozellen mit piezoresistiver Drucksensorik bestehen. Aus den Bodenreaktionskräften lassen sich über ein biomechanisches Menschmodell gehandhabte Lastgewichte auch während dynamischer Bewegungen bestimmen [17; 21].

Die Messungen werden zusätzlich durch Videoaufnahmen dokumentiert. Durch eine einfache Synchronisation des Videofilms mit den Messdaten ist somit eine spätere Zuordnung der Belastungsmesswerte zu den entsprechenden Arbeitssituationen möglich.

Im Anschluss an eine Messung können die Messdaten mit der CUELA-Software WIDAAN (Winkeldatenanalyse) eingelesen und dargestellt werden. Mit dieser Software ist es möglich, sich zu jedem beliebigen Zeitpunkt der Messung Körperhaltungen anhand einer dreidimensionalen Computerfigur und eine frei wählbare Kombination der Messdaten durch zeitabhängige Graphen anzeigen zu lassen. Aus dem simultan zu diesen Daten ablaufenden Video lassen sich die zugehörigen Arbeitssituationen mit einem Blick erfassen (Abbildung 6).

Im Nachgang der Messung ist es möglich, ausgewählte Tätigkeiten oder Situationen zu markieren, um bestimmte Arbeitssituationen hervorzuheben und auszuwerten. Die CUELA-Software erstellt automatisch eine Auswahl von statistischen Auswertungen, um einen schnellen Überblick über extreme und statische, lang andauernde Körperhaltungen zu erhalten.

Abbildung 5:  
Prinzipieller Aufbau des CUELA-Messsystems

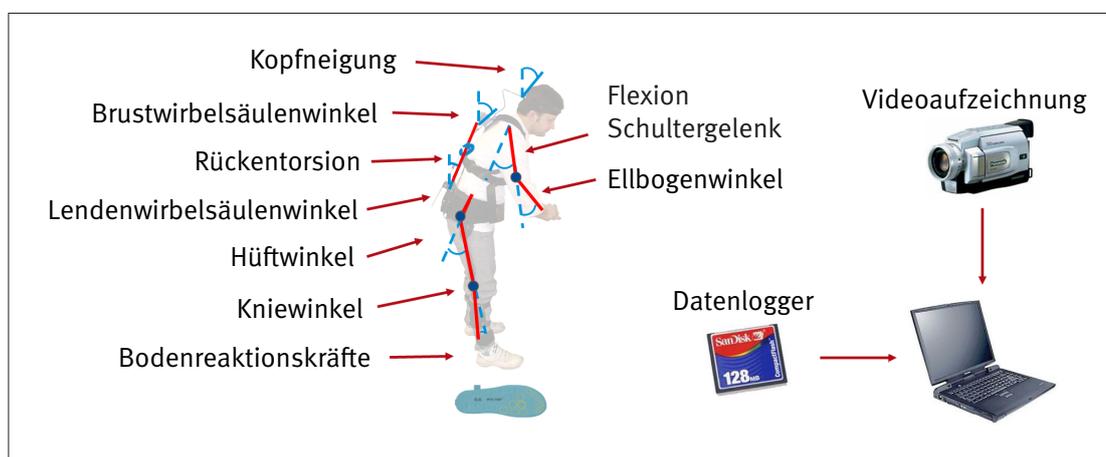
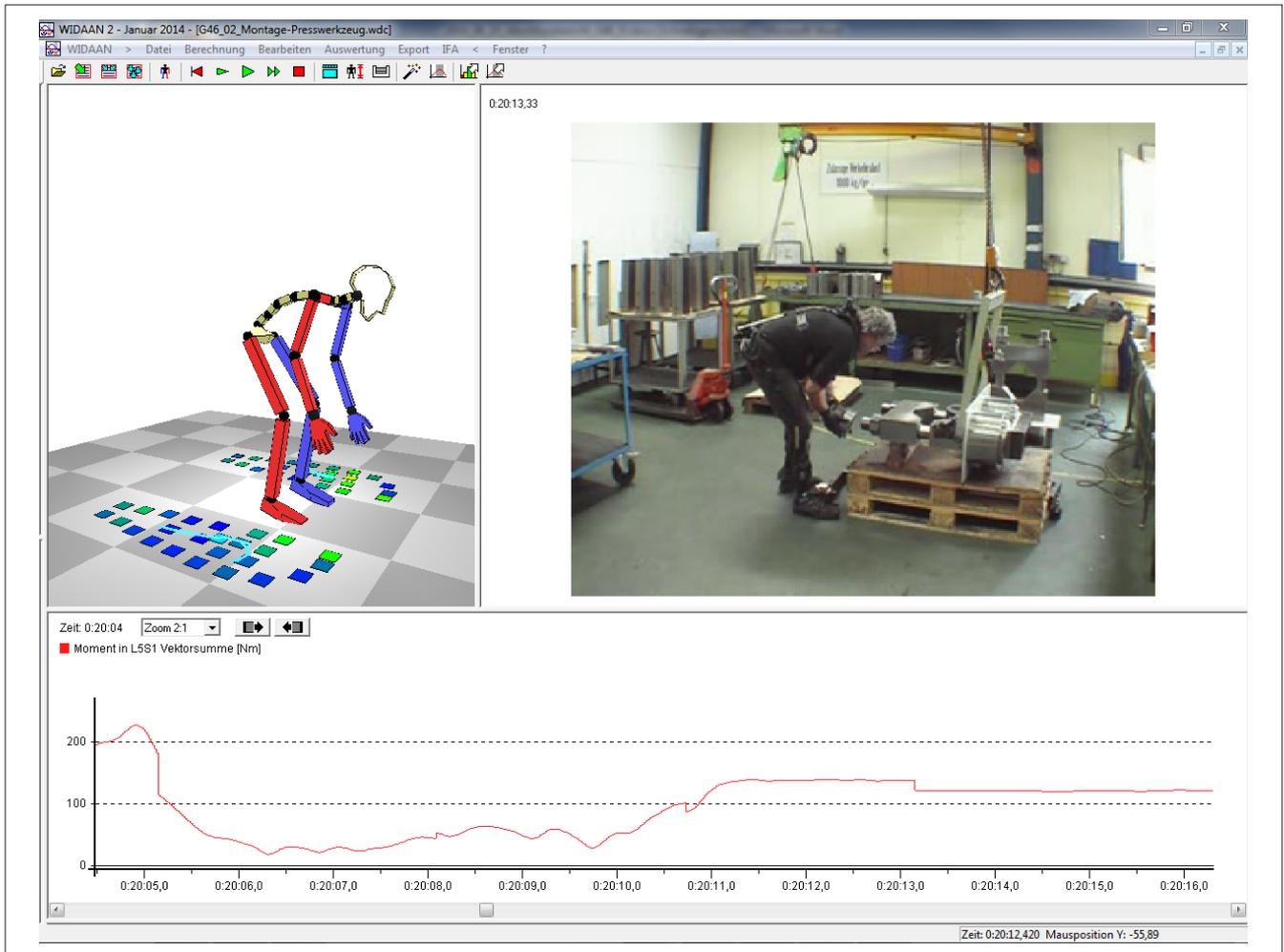


Abbildung 6:  
Darstellung der Messdaten mit der CUELA-Software WIDAAN



### Darstellung der Lastenhandhabungen

Für die deskriptive Darstellung der Lastenhandhabungen wurde eine Einteilung in vier Lastgewichtsbereiche vorgenommen: Lastenhandhabung unter 10 kg entspricht dem Lastgewichtsbereich 1, Lasten zwischen 10 und 15 kg sowie 15 bis 20 kg werden in die Lastgewichtsbereiche 2 und 3 klassifiziert. Lastenhandhabungen > 20 kg werden dem Lastgewichtsbereich 4 zugeordnet.

Die Angaben zur Lastenhandhabung sind neben dem gehandhabten Gewicht abhängig von der Häufigkeit. Wie bei den

Haltungsangaben werden die Belastungen pro 8 h in Prozent je Wertebereich angegeben mit der Annahme, dass während der Pausenzeit von 30 min keine Lastenhandhabung stattfindet.

Ebenso wie die Berechnungen der Rumpfhaltungen werden auch die Lastenhandhabungen kumulativ pro Arbeitsschicht betrachtet. Bei der Kalkulation werden jedoch alle Wertebereiche verwendet. Der Wertebereich < 10 kg wird in 0 bis 5 kg und 5 bis 10 kg geteilt. Die Dosis ergibt sich ebenfalls aus den Mittelwerten der Wertebereiche und den dazugehörigen Zeitdauern (Einheit: kg · s).

$$L_{\text{mittel}} = \text{Mittelwert (0 bis 5 kg)} \cdot t_{0-5\text{kg}} [\text{s}] + \text{Mittelwert (5 bis 10 kg)} \cdot t_{5-10\text{kg}} [\text{s}] + \text{Mittelwert (10 bis 15 kg)} \cdot t_{10-15\text{kg}} [\text{s}] + \text{Mittelwert (15 bis 20 kg)} \cdot t_{15-20\text{kg}} [\text{s}] + \text{Mittelwert (größer 20 kg)} \cdot t_{>20\text{kg}} [\text{s}] \quad (1)$$

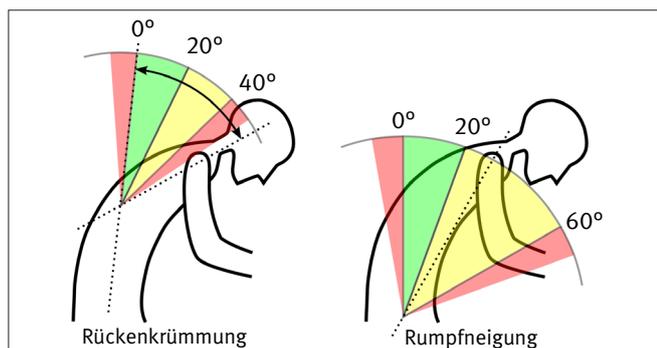
Abschließend wird die Dosis auf 7,5 h und somit abzüglich 30 min Pausenzeit ausgehend von der Messdauer hochgerechnet.

### Beurteilung der Körperhaltungen mit CUELA

Das CUELA-System ermöglicht die Messung und Aufzeichnung von Körperhaltungen und Gelenkwinkeln über längere Zeiträume. Die statistische Auswertung der Daten gibt Aufschlüsse

über Absolutwerte von Körperhaltungen sowie deren zeitliche Verteilung und erlaubt die Identifikation von Tätigkeiten mit belastenden Körperhaltungen. In Anlehnung an die Normen ISO 11226 und DIN EN 1005-4 [22; 23] gelten z. B. Rückenkrümmungen und Rumpfeigungen von 0 bis 20° als akzeptabel, 20 bis 40° als bedingt akzeptabel (bei niederfrequenten Wiederholungen, < 2/min) und Winkel > 40° (Rückenkrümmung) bzw. 60° (Rumpfeigung) als inakzeptabel (Abbildung 7).

Abbildung 7:  
Winkelklassen der Rückenkrümmung und Rumpfneigung nach ISO 11226



Für seitliche Rumpfneigungen und -verdrehungen (Torsionen) gelten Werte von 10° oder weniger als akzeptabel, höhere Werte sind frequenzabhängig fallweise akzeptabel (< 2/min) oder nicht akzeptabel.

Die angegebenen Winkel leiten sich von der Neutral-Null-Methode ab. Bei dieser Methode werden alle Gelenkbewegungen von einer einheitlich definierten Null-Stellung aus gemessen. Diese Neutral-Null-Stellung entspricht der Gelenkstellung, die ein gesunder Mensch im aufrechten Stand mit hängenden

Armen, nach vorne gehaltenen Daumen und parallel stehenden Füßen sowie gerade nach vorne gewendetem Blick einnimmt. Von der Neutral-Null-Stellung aus sind üblicherweise in einer Ebene Bewegungen in beide Richtungen möglich. Die entgegengesetzten Bewegungsrichtungen werden durch positive und negative Vorzeichen markiert. Entsprechend dem Bewegungsausmaß der einzelnen Gelenke und der Referenzen wird der Bewegungsumfang in einen neutralen, mittelgradigen und endgradigen Winkelbereich eingeteilt. Haltungen oder Bewegungen mit einer Auslenkung in den mittelgradigen oder endgradigen Winkelbereich sind als stärker belastend zu bewerten.

Die Darstellung der eingenommenen Körperhaltungen der unteren Extremitäten erfolgt in Anlehnung an die finnische OWAS-Methode (OWAS: Ovako Working Posture Analysing System). Hierbei werden u. a. die Körperhaltungen oder -bewegungen in Gehen, Stehen, Knien und Sitzen klassifiziert [24].

Des Weiteren werden eingenommene Körperhaltungen des Oberkörpers und der oberen Extremitäten betrachtet. Hierfür wurden die Rumpfvorneigung, Rumpfseitneigung und Rückentorsion an den verschiedenen Arbeitsplätzen analysiert. Die Klassifizierung der Risikobereiche wurde aus DIN EN 1005 [23; 25] übernommen (Tabelle 17).

Tabelle 17:  
Einteilung und Klassifikation

Risikobereich	Klassifikation (DIN EN 1005)	Wertebereich Rumpfvorneigung in °	Wertebereich Rumpfseitneigung und Rückentorsion in °
1	Grün	-5 bis < 20	-10 bis < 10
2	Gelb	20 bis < 40	-10 bis < -20
3	Orange	40 bis < 60	10 bis < 20
4	Rot	≥ 60	≤ -20 und ≥ 20

Alle Angaben werden prozentual pro 8 h Arbeitsschicht betrachtet, die Pausenzeit von 30 min wird als Risikobereich 1 angenommen. Die Ergebnisse der unteren Extremitäten geben Aufschluss über den Bewegungsgrad pro Schicht am jeweiligen Arbeitsplatz sowie eventuell eingenommene Zwangshaltungen durch kniende Tätigkeiten. Die Auswertungen der Rumpfhaltungen ermöglichen eine deskriptive Darstellung darüber, wie viel Zeit pro Arbeitsschicht der Beschäftigte aufrecht arbeiten kann und wie lange er sich in den verschiedenen Wertebereichen der Vorneigung, Seitneigung und Torsion befindet. Bei den Angaben der Körperhaltungen der unteren Extremitäten wurde für die

Pausenzeit entsprechend den Angaben der Versuchspersonen eine sitzende Haltung angenommen.

Zusätzlich zu den prozentualen Angaben werden für die Rumpfhaltungen kumulative Dosen pro Arbeitsschicht bestimmt. Hierbei werden ebenfalls die an DIN EN 1005 gleichen angelegten Wertebereiche verwendet. Für alle Rechnungen wird kumulativ der Mittelwert des Wertebereichs je Zeitdauer ermittelt. Die berechneten Dosen werden in ° · s angegeben.

Für die Rumpfvorneigung ergibt sich folgende Formel:

$$R1_{\text{mittel}} = \text{Mittelwert (20 bis 40°)} \cdot t_{20-40^\circ} [\text{s}] + \text{Mittelwert (40 bis 60°)} \cdot t_{40-60^\circ} [\text{s}] + \text{Mittelwert (60 bis 90°)} \cdot t_{60-90^\circ} [\text{s}] + \text{Mittelwert (größer 90°)} \cdot t_{>90^\circ} [\text{s}] \quad (2)$$

Dabei bezeichnen Mittelwert (Winkelbereich) den mittleren Rumpfwinkel des Winkelbereichs und  $t_{\text{Winkelbereich}}$  die zugehörige Dauer der eingenommenen Rumpfhaltungen.

Die Berechnung für die Rumpfseitneigung und die Rückentorsion ist durch die gleichen Wertebereiche identisch und lautet:

$$R2/R3_{\text{mittel}} = |\text{Mittelwert (kleiner -20°)}| \cdot t_{<-20^\circ} [\text{s}] + |\text{Mittelwert (-20 bis -10°)}| \cdot t_{-20\text{bis}-10^\circ} [\text{s}] + \text{Mittelwert (10 bis 20°)} \cdot t_{10-20^\circ} [\text{s}] + \text{Mittelwert (größer 20°)} \cdot t_{>20^\circ} [\text{s}] \quad (3)$$

Bei den Berechnungen werden die neutralen und aufrechten Körperhaltungen nicht berücksichtigt. Dies betrifft für die Rumpfvorneigung den Wertebereich -5 bis < 20°, bei der Rumpf-

seitneigung und Rückentorsion den Wertebereich -10 bis 10°. Für die Hochrechnung auf eine Arbeitsschicht wird für die Pausenzeit eine aufrechte Körperhaltung angenommen.

Berechnung von Kennwerten der Wirbelsäulenbelastung

Anhand der CUELA-Messdaten ist eine zeitkontinuierliche Berechnung der Belastungsdrehmomente an der untersten Bandscheibe L5/S1 möglich. Dieser Belastungsindikator berücksichtigt sowohl ungünstige Oberkörperhaltungen als auch gehandhabte Lastgewichte, jedoch keine hieraus resultierenden Muskelkräfte. Eine Bewertung der Höhe der Drehmomente erfolgte in Anlehnung an *Tichauer* [26; 27].

Drehmomente unter 40 Nm werden hier der Risikogruppe 1 und damit einer geringen Belastung zugeordnet. Erhöhte Belastun-

$$M_{\text{mittel}} = \text{Mittelwert (40 Nm - 85 Nm)} \cdot t_{40 \text{ Nm} - 85 \text{ Nm}} [\text{h}] + \text{Mittelwert (85 Nm - 135 Nm)} \cdot t_{85 \text{ Nm} - 135 \text{ Nm}} [\text{h}] + \text{Mittelwert } (\geq 135 \text{ Nm}) \cdot t_{\geq 135 \text{ Nm}} [\text{h}] \quad (4)$$

Tabelle 18: Einteilung und Klassifikation für Belastungsdrehmomente [26]

Risikobereich	Wertebereich in Nm
1	< 40
2	40 bis < 85
3	85 bis < 135
4	≥ 135

Auf der Grundlage dieser Formel ergibt sich eine Dosis für die Belastung der wirkenden Drehmomente in Nm h für die Zeit der durchgeführten CUELA-Messung. Diese Daten werden wieder

$$\bullet \text{ Tagesdosis} = \sqrt{\frac{\sum_{i=0}^n F_i^2 \cdot t_i}{8 \text{ h}} \cdot 8 \text{ h} + \frac{F_{K1}^2 \cdot t_{45^\circ-75^\circ}}{8 \text{ h}} \cdot 8 \text{ h} + \frac{F_{K2}^2 \cdot t_{>75^\circ}}{8 \text{ h}} \cdot 8 \text{ h}}$$

- $F_i \geq 2 \text{ kN}$ ,  $t_i$ : zugehörige Intervalllängen,  $n$ : Anzahl von Intervallen mit  $F_i \geq 2 \text{ kN}$  (5)
- Annahme  $F_{K1} = 1,7 \text{ kN}$  für Rumpfvorneigung zwischen 45 und 75° und  $F_{K2} = 1,9 \text{ kN}$  für Rumpfvorneigungen größer 75°

Im Vergleich zu den kumulativen Dosisberechnungen der Rumpfhaltungen, Lastenhandhabung sowie der Drehmomente wird bei den Kompressionskräften mit den kontinuierlichen Messdaten gerechnet und nicht mit Mittelwerten der Wertebereiche. Als Einheit ergibt sich aus den Berechnungen kNh. Identisch mit den anderen Berechnungen wird die 30-minütige Pause als belastungsfreie Zeit angenommen.

4.2.2 Deskriptive Auswertung der physischen Belastungen

Die nachfolgenden Ergebnisse basieren auf den im Rahmen dieser Messungen angewandten Screening-Verfahren (Schichtaufnahmen) und den CUELA-Messungen. Dabei werden die Ergebnisse der Screening-Verfahren (Checkliste, LMM, RULA)

gen werden in den Risikobereichen 2 und 3 eingeteilt, mit 40 bis 85 Nm sowie 85 bis 135 Nm. Werte größer 135 Nm werden als hohe Belastungen an der unteren Bandscheibe L5/S1 angesehen. Bei der deskriptiven Darstellung der Ergebnisse wurde wieder für die Pausenzeit ein Wert im Risikobereich 1 angenommen.

Ähnlich der Berechnung der Rumpfhaltungen werden Werte im Risikobereich 1 unter 40 Nm nicht für die kumulativ lineare Hochrechnung verwendet. Pro Wertebereich (Tabelle 18) wird ein Mittelwert berechnet und mit der aufgetretenen Zeit multipliziert.

unter Berücksichtigung der Pausenzeit auf eine Acht-Stunden Schicht hochgerechnet.

Aus den Belastungsdrehmomenten und einer in der CUELA-Software integrierten biomechanischen Abschätzung der hieraus resultierenden Muskelkräfte erfolgt eine Abschätzung der auf die lumbosakrale Bandscheibe wirkenden Kompressionskräfte. Zur Berechnung eines kumulativen Maßes der während einer Arbeitsschicht auf die Bandscheibe wirkenden Kompressionskräfte wurde das in der Deutschen Wirbelsäulenstudie definierte Dosismodell 5 als Grundmodell eingesetzt [28]. Dieses Dosismodell zeichnet sich durch eine quadratische Wichtung der Druckkräfte und die Berücksichtigung aller Druckkräfte ab 2 kN und Rumpfvorneigungen ab 45° aus. Ferner enthält es keine Tagesdosischwelle.

deskriptiv dargestellt, während die Messwerte des CUELA-Systems sowie die daraus abgeleiteten Messgrößen sowohl deskriptiv als auch kumulativ dargestellt werden. Dazu wurde jeweils eine Grafik pro Messgröße mit zwei unterschiedlichen Ordinatenachsen erstellt. Insgesamt liegen diesen Ergebnissen 79 Datensätze zugrunde.

4.2.2.1 Screening-Verfahren

Checkliste BGI 504-46

Die Auswertung der Checkliste BGI 504-46 ergibt, dass die Belastungsarten Heben und Halten sowie Rumpfbeuge am häufigsten auftraten (Tabelle 19).

Tabelle 19:  
Ergebnisse der Checkliste BGI 504-46 (N = 79)

Belastungsart	erhöhte Belastung	
	absolut	relativ in %
Heben und Halten	22	27,9
Ziehen, Schieben	2	2,5
Erzwungenes Sitzen	1	1,3
Dauerhaftes Stehen	11	13,9
Rumpfbeuge	22	27,9
Hocken, Knien, Fersensitz, Kriechgang, Liegen	1	1,3
Arme über Schulterniveau	10	12,7
Schwer zugängliche Arbeitsstellen	1	1,3
Einsatz des Hand-Arm-Systems als Werkzeug	7	8,9
Kraft-/Druckeinwirkung bei der Bedienung von Arbeitsmitteln	15	19,0
Repetitive Tätigkeiten	10	12,7

Es wurde bei jeweils 22 (27,9 %) der 79 insgesamt ausgewerteten Checklisten eine erhöhte Belastung für diese Belastungsarten festgestellt. Die nächsthäufigsten Belastungen waren die Kraft-/Druckeinwirkungen bei der Bedienung von Arbeitsmitteln an 15 Arbeitsplätzen (19,0 %) gefolgt von dauerhaftem Stehen an elf Arbeitsplätzen (13,9 %). Für Tätigkeiten, bei denen die Arme über Schulterniveau gehalten wurden, sowie für repetitive Tätigkeiten wurde durch die Checkliste eine erhöhte Belastung an jeweils zehn Arbeitsplätzen (12,7 %) festgestellt. Kaum erhöhte Belastungen wurden hingegen für erzwungenes Sitzen, Hocken, Knien, Fersensitz, Kriechgang, Liegen und schwer zugängliche Arbeitsstellen, jeweils nur an einem Arbeitsplatz (1,3 %), sowie Ziehen, Schieben, an zwei Arbeitsplätzen, beobachtet.

#### Leitmerkmalmethoden

Basierend auf den Ergebnissen der Checkliste BGI 504-46 wurden die Leitmerkmalmethode zur Beurteilung von Heben, Halten, Tragen, die Leitmerkmalmethode zur Beurteilung von Ziehen, Schieben und die Leitmerkmalmethode zur Erfassung von Belastungen bei manuellen Arbeitsprozessen [12 bis 14] angewandt.

Tabelle 20:  
Ergebnisse der Leitmerkmalmethode zur Beurteilung von Heben, Halten, Tragen (N = 22). Die relativen Häufigkeiten beziehen sich auf alle Erhebungen (N = 79)

Punktwert	Beschreibung	Häufigkeit	
		absolut	relativ in %
< 10	Geringe Belastung, Gesundheitsgefährdung durch körperliche Überbeanspruchung ist unwahrscheinlich.	1	1,3
10 bis < 25	Erhöhte Belastung, eine körperliche Überbeanspruchung ist bei vermindert belastbaren Personen möglich. Für diesen Personenkreis sind Gestaltungsmaßnahmen sinnvoll.	8	10,1
25 bis < 50	Wesentlich erhöhte Belastung, körperliche Überbeanspruchung ist auch für normal belastbare Personen möglich. Gestaltungsmaßnahmen sind angezeigt.	13	16,5
≥ 50	Hohe Belastung, körperliche Überbeanspruchung ist wahrscheinlich. Gestaltungsmaßnahmen sind erforderlich.	0	0,0

Die Leitmerkmalmethode zur Beurteilung von Heben, Halten, Tragen kam an 22 Arbeitsplätzen zum Einsatz und lieferte in mehr als der Hälfte der Fälle einen Punktwert im Bereich zwischen 25 und 50 Punkten (Tabelle 20). Bis auf einen Arbeitsplatz, an dem der Punktwert bei < 10 lag, lieferte die Methode für die restlichen Arbeitsplätze einen Punktwert zwischen 10 und 25.

Die Belastungsart Ziehen, Schieben kam nur an zwei der untersuchten Arbeitsplätze vor (Tabelle 21). Die für diese beiden Arbeitsplätze angewandte Leitmerkmalmethode zur Beurteilung von Ziehen, Schieben lieferte zwei völlig verschiedene Ergebnisse. So wurde auf der einen Seite ein Punktwert von weniger als 10 und auf der anderen Seite ein Punktwert von mehr als 50 beobachtet.

In Tabelle 22 sind die Häufigkeiten der beobachteten Punktwerte bei den Arbeitsplätzen, an denen die Leitmerkmalmethode „Manuelle Arbeitsprozesse“ angewandt wurde, dargestellt. Absolut wurden hier zwei Arbeitsplätze im Punktebereich 10 bis 25 Punkte, sieben Arbeitsplätze im Punktebereich 25 bis 50 Punkte und nur ein Arbeitsplatz im Punktebereich > 50 Punkte erfasst.

## 4 Methoden und Ergebnisse

Tabelle 21:

Leitmerkmalmethode zur Beurteilung von Ziehen, Schieben (N = 2); die relativen Häufigkeiten beziehen sich auf alle Erhebungen (N = 79)

Punktwert	Beschreibung	Häufigkeit	
		absolut	relativ in %
< 10	Geringe Belastung, Gesundheitsgefährdung durch körperliche Überbeanspruchung ist unwahrscheinlich.	1	1,3
10 bis < 25	Erhöhte Belastung, eine körperliche Überbeanspruchung ist bei vermindert belastbaren Personen möglich. Für diesen Personenkreis sind Gestaltungsmaßnahmen sinnvoll.	0	0,0
25 bis < 50	Wesentlich erhöhte Belastung, körperliche Überbeanspruchung ist auch für normal belastbare Personen möglich. Gestaltungsmaßnahmen sind angezeigt.	0	0,0
≥ 50	Hohe Belastung, körperliche Überbeanspruchung ist wahrscheinlich. Gestaltungsmaßnahmen sind erforderlich.	1	1,3

Tabelle 22:

Leitmerkmalmethode zur Erfassung von Belastungen bei manuellen Arbeitsprozessen (N = 10); die relativen Häufigkeiten beziehen sich auf alle Erhebungen (N = 79)

Punktwert	Beschreibung	Häufigkeit	
		absolut	relativ in %
< 10	Geringe Belastung, Gesundheitsgefährdung durch körperliche Überbeanspruchung ist unwahrscheinlich.	0	0,0
10 bis < 25	Mittlere Belastung, eine körperliche Überbeanspruchung ist bei vermindert belastbaren Personen möglich. Für diesen Personenkreis sind Gestaltungsmaßnahmen sinnvoll.	2	2,5
25 bis < 50	Erhöhte Belastung, körperliche Überbeanspruchung ist auch für normal belastbare Personen möglich. Gestaltungsmaßnahmen sind zu prüfen.	7	8,9
≥ 50	Hohe Belastung, körperliche Überbeanspruchung ist wahrscheinlich. Gestaltungsmaßnahmen sind erforderlich.	1	1,3

### Rapid Upper Limb Assessment (RULA)

Ebenso wie die Anwendung der Leitmerkmalmethoden hängt auch die des RULA von den Ergebnissen der Checkliste

BGI 504-46 ab und wurde für die zehn Arbeitsplätze angewandt, an denen eine erhöhte Belastung bei repetitiven Tätigkeiten festgestellt wurde. Tabelle 23 zeigt die Ergebnisse.

Tabelle 23:

Ergebnisse RULA (N = 10); die relativen Häufigkeiten beziehen sich auf alle Erhebungen (N = 79)

Gesamtpunktzahl	Bewertung	Häufigkeit	
		absolut	relativ in %
1 bis 2	akzeptabel	0	0,0
3 bis 4	in naher Zukunft weitere Maßnahmen einleiten	4	5,1
5 bis 6	in Kürze weitere Maßnahmen einleiten	5	6,3
7	sofort weitere Maßnahmen einleiten	1	1,3

### 4.2.2.2 CUELA-Messungen: Körperhaltungen

In Abbildung 8 sind die prozentualen Verteilungen der mittleren Körperhaltungen ( $\pm$  Standardabweichung) für alle untersuchten Arbeitsplatzgruppen APG 1 bis APG 8 pro Arbeitsschicht dargestellt. Unabhängig von der Arbeitsplatzgruppe ist der Anteil „Stehen“ immer der höchste, wobei die zugehörige Standardabweichung stark unterschiedlich ist. Es gibt also Arbeitsplätze, an denen die Arbeiter mehr Bewegungsmöglichkeiten haben als im Mittel der Gruppe. Den geringsten Bewegungsumfang haben die Arbeiter an Arbeitsplätzen der APG 1 und APG 3, Ein-

maschinenbedienung (CNC) sowie manuelle Maschinenbedienung. Im Bereich Kontrolle, APG 5, ist der Unterschied zwischen den Arbeitsplätzen am größten. Der Anteil Sitzen ist an diesen Arbeitsplätzen mit fast 30 % der höchste in dieser Studie festgestellte.

APG 4, Montage, ist bei der Betrachtung der Rumpfvorneigungen (Abbildung 9) auffällig; Für alle Winkelklassen hat diese Arbeitsplatzgruppe den höchsten Wert. Beschäftigte aus diesen Arbeitsbereichen verrichten im Mittel ca. 21 % ihrer Arbeit mit einem um mehr als 20° vorgeneigten Oberkörper. Davon sind

ca. 6,5 % aus den Bereichen > 40° Rumpfvorneigung. Ähnlich hohe Werte sind bei APG 8 zu finden.

In Abbildung 9 sind die prozentualen Verteilungen der mittleren Rumpfvorneigungen (± Standardabweichung) für alle untersuch-

ten Arbeitsplatzgruppen APG 1 bis APG 8 pro Arbeitsschicht dargestellt. Die höchsten prozentualen Anteile von nicht-neutralen Oberkörperhalten und kumulierten Rumpfvorneigungen wurde bei APG 4 (Montage) und APG 8 (sonstige Tätigkeiten) gemessen.

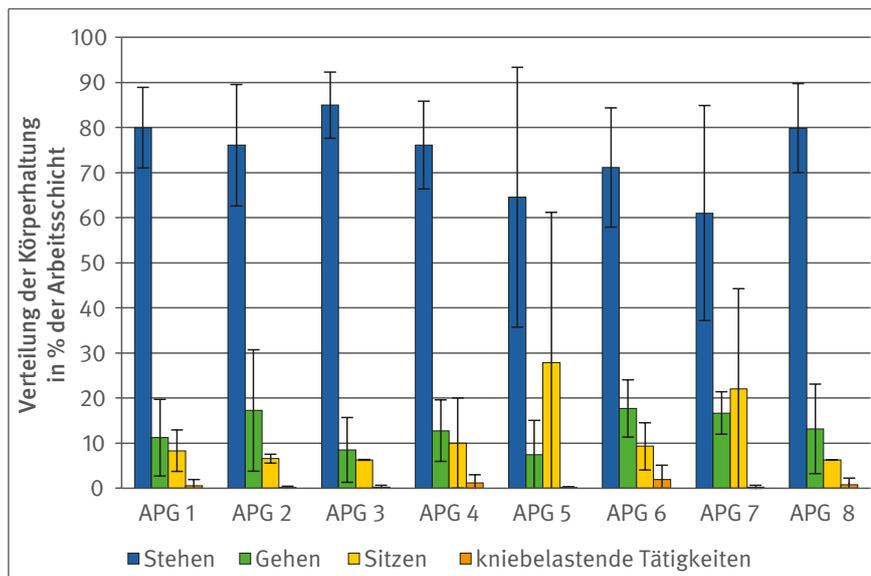


Abbildung 8: Prozentuale Verteilung der mittleren Körperhaltungen (± Standardabweichung) für alle untersuchten Arbeitsplatzgruppen APG 1 bis APG 8 pro Arbeitsschicht

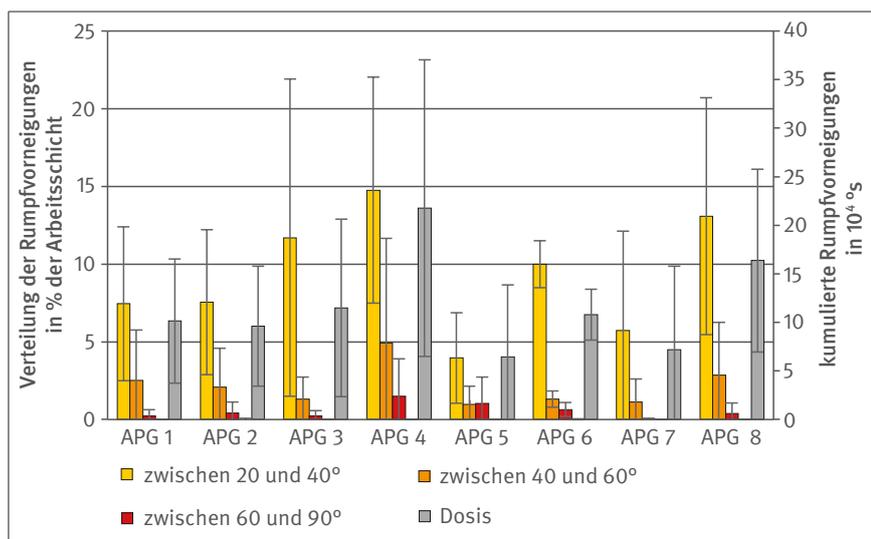


Abbildung 9: Prozentuale Verteilung der mittleren Rumpfvorneigungen (± Standardabweichung) für alle untersuchten Arbeitsplatzgruppen APG 1 bis APG 8 pro Arbeitsschicht

In Abbildung 10 sind die prozentualen Verteilungen der mittleren Rumpfsseitneigungen (± Standardabweichung) für alle untersuchten Arbeitsplatzgruppen APG 1 bis APG 8 pro Arbeitsschicht dargestellt. Die Rumpfsseitneigungen zeigen eine weitestgehend symmetrische Verteilung zwischen Neigungen zur rechten bzw. linken Körperseite. In den APG 6 und 7 ist hingegen eine deutlich erhöhte Rumpfsseitneigung zwischen 10 und 20° nach rechts zu beobachten. Bei APG 6 ist zu vermuten, dass die teilweise erschwerten Arbeitsbedingungen durch hohe Raumtemperaturen (Arbeiten am Härteofen) ursächlich für die asymmetrische Haltung sind. Für die APG 7 (organisatorische Tätigkeiten) ist jedoch nur schwerlich von einer durch äußere Umstände bedingten asymmetrischen Haltung auszugehen, sodass in diesem Fall – basierend auf einer großen Standardabweichung bei kleinem N (N = 3) – davon auszugehen ist, dass es sich um individuelle Verhaltensmuster der Beschäftigten handelt.

In Abbildung 11 sind die prozentualen Verteilungen der mittleren Rückentorsionswinkel (± Standardabweichung) für alle untersuchten Arbeitsplatzgruppen APG 1 bis APG 8 pro Arbeitsschicht dargestellt.

Die Asymmetrie, die sich in APG 6 bei der Rumpfsseitneigung zeigt, ist bei den Rückentorsionen in gleicher Weise zu erkennen. Jedoch kommt hinzu, dass auch Winkel von mehr als 20° nach rechts in ca. 4 % der Arbeitsschicht vorkommen. Rückentorsionen von mehr als 20° nach links kommen nicht vor.

In Abbildung 12 sind die prozentualen Verteilungen der mittleren Lastgewichte (± Standardabweichung) für alle untersuchten Arbeitsplatzgruppen APG 1 bis APG 8 pro Arbeitsschicht dargestellt.

Abbildung 10:  
Prozentuale Verteilung der mittleren Rumpfsseitneigungen ( $\pm$  Standardabweichung) für alle untersuchten Arbeitsplatzgruppen APG 1 bis APG 8 pro Arbeitsschicht

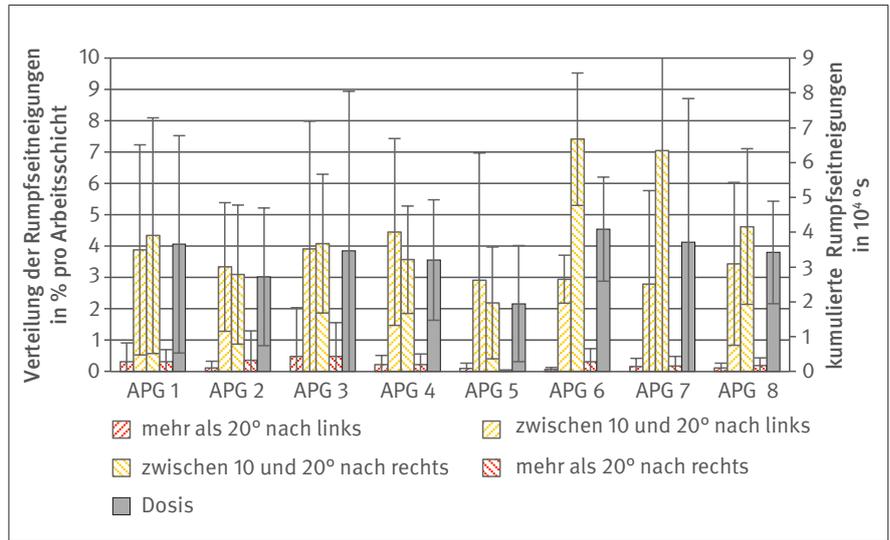


Abbildung 11:  
Prozentuale Verteilung der mittleren Rückentorsionswinkel ( $\pm$  Standardabweichung) für alle untersuchten Arbeitsplatzgruppen APG 1 bis APG 8 pro Arbeitsschicht

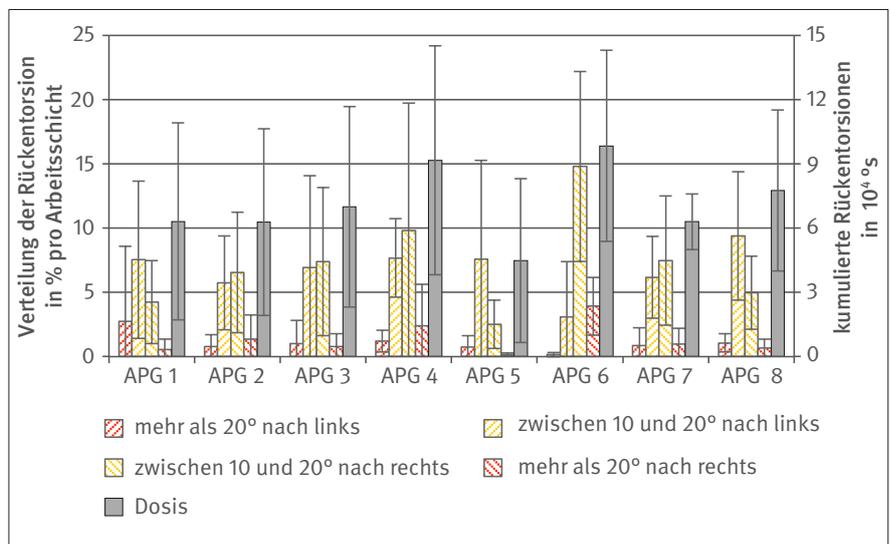
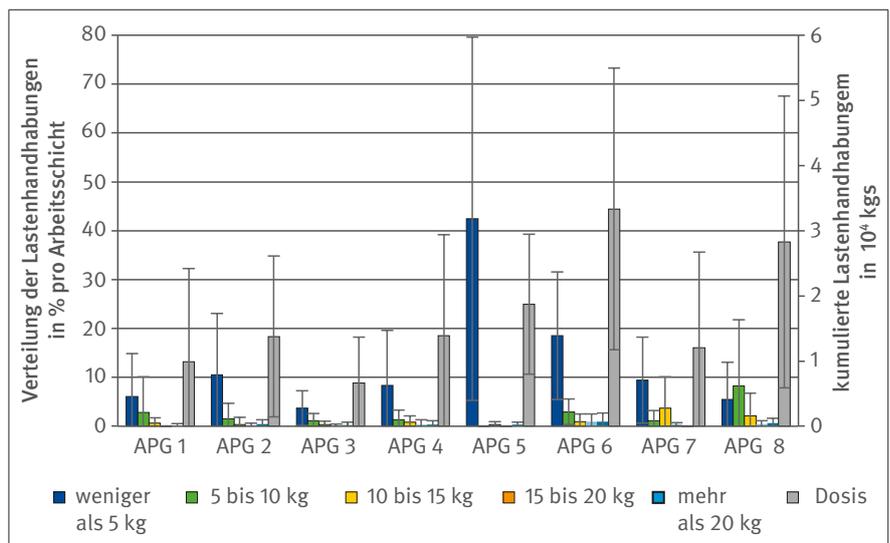


Abbildung 12:  
Prozentuale Verteilung der mittleren Lastgewichte ( $\pm$  Standardabweichung) für alle untersuchten Arbeitsplatzgruppen APG 1 bis APG 8 pro Arbeitsschicht



Die Handhabung von Lasten beschränkt sich größtenteils auf Lastgewichte von weniger als 5 kg oder auf solche, die nur mit Unterstützung einer Hebehilfe bewegt werden können. Beson-

ders häufig müssen Lastgewichte im Bereich der Kontrolle (APG 5) gehandhabt werden. Dort beträgt die Handhabungsdauer von Lasten unter 5 kg mehr als 40 % der Arbeitsschicht.

In Abbildung 13 sind die prozentualen Verteilungen der mittleren Drehmomente ( $\pm$  Standardabweichung) für alle untersuchten Arbeitsplatzgruppen APG 1 bis APG 8 pro Arbeitsschicht dargestellt. Die APG 6 zeigt das auffälligste Ergebnis: Während in den anderen Arbeitsplatzgruppen der Zeitanteil von Risikogruppe 1 (weniger als 40 Nm) ca. 60 % oder höher der Arbeitsschicht beträgt, liegt der Zeitanteil bei APG 6 bei unter 50 % und das kumulierte Drehmoment hat mit ca. 250 Nmh den höchsten Wert. An den Arbeitsplätzen der APG 4, 6 und 8 treten Drehmomente des Risikobereiches 4 in Anteilen von 0,5 bis ca. 1 % der Arbeitsschicht auf.

In Abbildung 14 sind die prozentualen Verteilungen der mittleren Kompressionskräfte (L5/S1) sowie der kumulierten mittleren Kompressionskräfte ( $\pm$  Standardabweichung) für alle untersuchten Arbeitsplatzgruppen APG 1 bis APG 8 pro Arbeitsschicht dargestellt.

Die höchsten Belastungen bezüglich der abgeschätzten Kompressionskräfte finden sich bei Beschäftigten an den Arbeitsplätzen der APG 6 und der APG 8. Die geringsten Belastungen sind an Arbeitsplätzen der APG 2, APG 3 und APG 7 zu finden.

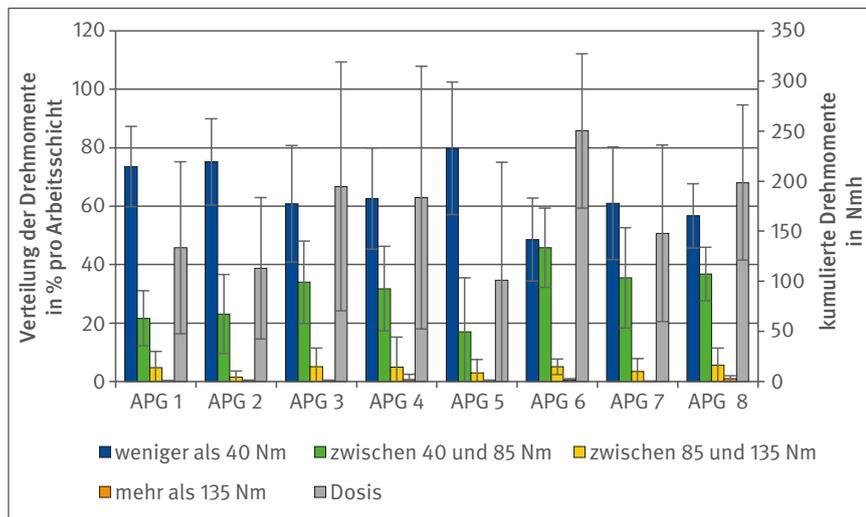


Abbildung 13: Prozentuale Verteilung der mittleren Lumbalmomente sowie der kumulierten Lumbalmomente ( $\pm$  Standardabweichung) für alle untersuchten Arbeitsplatzgruppen APG 1 bis APG 8 pro Arbeitsschicht

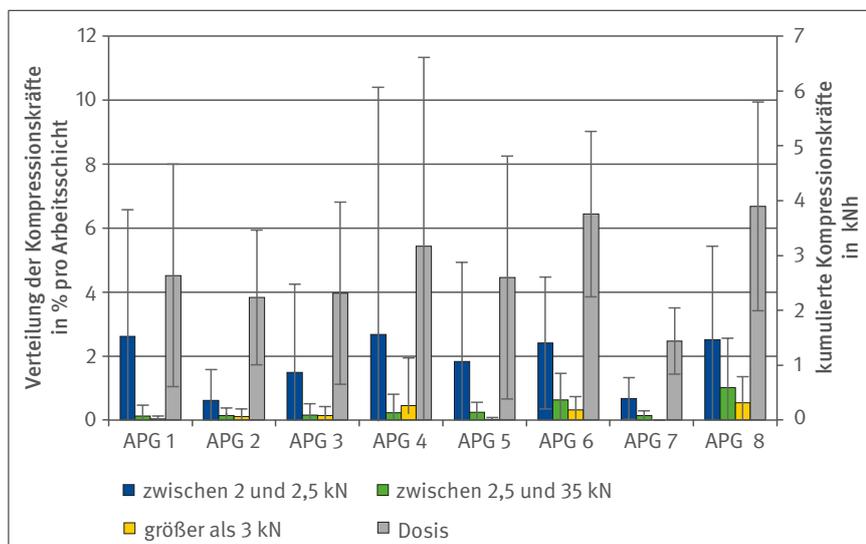


Abbildung 14: Prozentuale Verteilung der mittleren Kompressionskräfte (L5/S1) sowie der kumulierten mittleren Kompressionskräfte ( $\pm$  Standardabweichung) für alle untersuchten Arbeitsplatzgruppen APG 1 bis APG 8 pro Arbeitsschicht

## 4.3 Psychosoziale Belastung

### 4.3.1 Methoden der psychosozialen Gefährdungsanalyse

Im Rahmen des Projekts wurden die mit der Arbeit der Zerspansmechaniker und -mechanikerinnen verbundenen psychosozialen Gefährdungen erfasst, die zu muskuloskelettaler Beanspruchung des Rückens führen können. Dazu wurden Informationen durch standardisierte Methoden der Befragung und Beobachtung gewonnen. Die psychosoziale Gefährdungsanalyse schloss die Erfassung von Ressourcen, Stressoren und Anforderungen des Arbeitsplatzes ein. Im Folgenden werden die verwendeten Instrumente der psychosozialen Gefährdungsanalyse vorgestellt und im Anschluss folgt die deskriptive Analyse.

### Instrument zur stressbezogenen Arbeitsanalyse (ISTA)

Bei der Suche nach einem geeigneten Instrument zur detaillierten Erfassung von psychosozialen Arbeitsplatzfaktoren, das aus einer Befragung und Beobachtung besteht, wurde das „Instrument zur stressbezogenen Arbeitsanalyse“ (ISTA) ausgewählt. Das ISTA ist ein bedingungsbezogenes Instrument zur Abschätzung von Belastungsschwerpunkten an gewerblichen Arbeitsplätzen, das im Forschungsprojekt „Psychischer Stress am Arbeitsplatz“ [29] entstand. Ziel dieses Projektes war die Entwicklung eines psychologischen Instrumentes zur Erfassung von Arbeitsplatzfaktoren, die das psychosoziale Befinden beeinflussen [29]. Die ursprüngliche Version wurde bis Ende der 1990er-Jahre überarbeitet [30]. Dazu wurden die Skalen über-

#### 4 Methoden und Ergebnisse

prüft und ergänzt, um die Operationalisierung zu optimieren und eine gleichmäßigere Länge der Skalen zu erreichen. Außerdem wurde damit ein modularer Aufbau des Instruments erreicht, der es ermöglicht, Skalen einzeln zu verwenden. Im Rahmen des Projekts wurde die aktuelle Version des ISTA (Fragebogenversion 6.1, Ratingversion 5.2) verwendet. Das ISTA hat sowohl einen stresstheoretischen Hintergrund, basierend auf dem transak-

tionalen Stressmodell von *Lazarus* und *Folkmann* [31], als auch einen handlungspsychologischen Hintergrund [32; 33]. Mit dem ISTA können arbeitsplatzbezogene Anforderungen, Stressoren und Ressourcen der Arbeitsplätze erfasst werden. In Tabelle 24 sind die Subskalen dargestellt und kurz beschrieben sowie die aus der Literatur bekannten Angaben zum Gütekriterium der internen Konsistenzen angegeben.

Tabelle 24:  
Subskalen des ISTA

Super-skalen	Subskalen	Beschreibung	Items	Cronbachs Alpha <sup>1</sup>
Anforderungen	Qualifikations- erfordernisse	Benötigte Ausbildungs- und Einarbeitungsdauer	Fragebogen: 3	
			Rating: 2	
	Komplexität	Regulationsunsicherheit, qualitative Über- bzw. Unterforderung	Fragebogen: 5 Rating: 10	.72 .80 .88
	Variabilität	Regulationsunterforderung (Unterschiedlichkeit der Anforderungen)	Fragebogen: 5	.73
Stressoren	Unsicherheit	Aspekt der Regulations- und Zielunsicherheit: Rollenambiguität (unklare Anweisung), Rollenkonflikt (widersprüchliche Anweisung), Unsicherheit über Folgen	Fragebogen: 5	.71 .64
			Rating: 9	
	Arbeitsorganisa- torische Pro- bleme	Aspekt des Regulationsaufwandes und der Zielunsicherheit: Handlungsunterbrechungen durch Qualität des Arbeitsplatzes, Konflikt zwischen Qualität und Quantität	Fragebogen: 5	.74 .71
			Rating: 6	.59
	Arbeitsunter- brechungen	Aspekt des Regulationsaufwandes: Unterbrechung durch Vorgesetzte und Kollegen	Fragebogen: 5	.75
			Rating: 3	
	Konzentrations- anforderungen	Aspekt des Regulationsaufwandes, die Intensität der Arbeit (geistig nicht körperlich), Aufmerksamkeit und Gedächtnis	Fragebogen: 5	.79
			Rating: 6	
	Zeitdruck	Aspekt des Regulationsaufwandes, die Intensität der Arbeit, Arbeitsvolumen pro Zeit	Fragebogen: 5	.83
			Rating: 5	
	Kooperationsenge	Negativer Aspekt von Kooperation, Einschränkung des Handlungsspielraums durch Abhängigkeit von anderen	Fragebogen: 5	.87
			Rating: 8	.70
Kooperations- erfordernisse	Notwendigkeit der Kooperation, durch gemeinsame Entscheidungen und Informationsweitergabe	Fragebogen: 4	.77	
		Rating: 4		
Umgebungs- belastungen	Aversive oder die Handlungsregulation beeinträchtigende Aspekte, z. B. Lärm, Hitze etc. (Summenindex)	Fragebogen: 17	.95	
		Rating: 14		
Unfallgefährdung	Aspekt der Regulations- und Zielunsicherheit, Gefahr von Unfällen mit unterschiedlichen Folgen	Fragebogen: 5	.91 .81	
		Rating: 7		
Einseitige Belas- tung	Einseitige Belastung durch erzwungene Körperhaltungen (Summenindex)	Fragebogen: 6	-.22	
		Rating: 7		
Ressourcen	Handlungsspiel- raum	Entscheidungsspielraum über Reihenfolge, Vorgehen	Fragebogen: 5	.85 .78
			Rating: 7	.93
	Zeitspielraum	Entscheidungsspielraum über Zeiteinteilung	Fragebogen: 5	.72
			Rating: 6	
	Partizipation	Einfluss auf Urlaubspläne, Arbeitszeit, Anschaffungen, etc.	Fragebogen: 7	.84
	Kommunikations- möglichkeiten	Möglichkeit, mit anderen auch über nicht arbeitsbezogene Themen zu kommunizieren	Fragebogen: 3	-.04
			Rating: 3	
Kooperations- spielraum	Möglichkeiten zur gemeinsamen Arbeit, Einfluss auf Auswahl des Arbeitspartners	Fragebogen: 3	.70	
		Rating: 2		

<sup>1</sup>Skalenmanual Fragebogen [34], Fragebogen und Rating [35]

Das ISTA definiert Anforderungen als „Aspekte der Regulationsunterforderung bzw. -überforderung“ [35]. Stressoren werden definiert als Faktoren, die die Wahrscheinlichkeit von Stressre-

aktionen erhöhen; d. h. diese müssen nicht immer Stress auslösen [36], dadurch wird Zirkularität vermieden. In Anlehnung an

handlungspsychologische Ansätze [32], unterteilt Semmer [37] Stressoren in drei Gruppen:

1. „Probleme des Regulationsaufwands“, die eine quantitative Überforderung darstellen. Sie entstehen, wenn vorhandene Kapazität über längere Zeit nicht ausreicht.
2. „Probleme der Regulationsunsicherheit“, die eine qualitative Überforderung darstellen. Bei diesen Problemen wird das Erreichen des Ziels infrage gestellt, häufig treten dabei Entscheidungskonflikte auf.
3. „Probleme der Zielunsicherheit“, bei denen das Ziel unklar ist.

Neben diesen Stressoren existieren weitere Arbeitsplatzfaktoren, wie z. B. Lärm oder fehlende Kommunikationsmöglichkeiten, die aus sich heraus belastend sind.

Ebenso erfasst das ISTA Ressourcen, die den Umgang mit Stressoren erleichtern.

Das ISTA besteht aus 19 Skalen, hinzu kommt eine Skala zur Erfassung soziodemografischer und arbeitsbezogener Angaben. Die Items der Skalen haben meist ein fünfstufiges Antwortformat, einige jedoch mehr Antwortmöglichkeiten. Die Fragen erfassen Häufigkeit oder Intensität eines Arbeitsplatzmerkmals [36], wobei versucht wurde, die Fragen so neutral und verständlich wie möglich zu formulieren. Ein Teil der Skalen lässt sich weiter zusammenfassen in zwei Superskalen und einen Index. Diese Skalen sind in Tabelle 24 hervorgehoben.

Zu den erfassten arbeitsplatzbezogenen Stressoren gehören die Skalen, die den Stressorenindex bilden. Dies sind die Skalen

- „Unsicherheit“
- „arbeitsorganisatorische Probleme“
- „Arbeitsunterbrechungen“
- „Konzentrationsanforderungen“
- „Zeitdruck“

Außerdem zählen die Skalen

- „Kooperationsenge“
- „Kooperationserfordernisse“
- „Umgebungsbelastungen“
- „Unfallgefährdung“
- „einseitige Belastung“

ebenfalls zu den Stressoren. Zu den erfassten arbeitsplatzbezogenen Anforderungen gehören „Qualifikationserfordernisse“ und „Komplexität“, welche die Superskala „Anforderungen“ bilden, sowie die Skala „Variabilität“. Mit dem ISTA werden unterschiedliche Ressourcen erfasst. Zu den Ressourcen gehören die Superskala „Kontrolle“, die sich aus den Skalen „Handlungsspielraum“ und „Zeitspielraum“, „Partizipation“, „Kommunikationsmöglichkeiten“ und „Kooperationsspielraum“ zusammensetzt.

Informationen werden durch das ISTA über mehrere Quellen erfasst. Zum einen existiert eine Fragebogenversion für die

Arbeitenden und zum anderen eine Ratingversion mit zusätzlichem Interviewleitfaden für geschulte Beobachter [36]. Die Ratingversion ist bis auf wenige Items, die nicht beobachtbar sind, identisch mit der Fragebogenversion.

Die Beantwortung der Fragebogenversion dauert ca. 50 Minuten. Für das Beobachtungsinterview werden in der Literatur [36] mindestens zwei Stunden kalkuliert. Hierbei wird empfohlen, zunächst eine ausführliche Erstbeobachtung von 1,5 bis 2 Stunden durchzuführen, um einen Überblick zu bekommen, und im Anschluss daran mehrere Ergänzungsbeobachtungen von ca. 15 Minuten an anderen Wochentagen und zu anderen Tageszeiten auszuführen. Während der Beobachtung dürfen Fragen an die Beschäftigten gestellt werden, soweit dadurch die Arbeit nicht nennenswert beeinträchtigt wird. Falls nicht alle Fragen während der Beobachtung ausreichend beantwortet werden, empfiehlt sich ein ca. halbstündiges Interview, in Anlehnung an den Interviewleitfaden. In diesem Projekt füllten alle Beteiligten die Fragebogenversion vor oder nach ihrer Arbeitsschicht aus. Die Ratingversion führte eine geschulte Psychologin für repräsentative Arbeitsplätze innerhalb der einzelnen Arbeitsplatzkategorien durch. Insgesamt wurden 145 Beschäftigte während der Arbeit an ihrem Arbeitsplatz beobachtet.

Zur Anwendung des ISTA sind grundlegende arbeitspsychologische Kenntnisse und Erfahrungen notwendig. Die Beobachter sollten an einer mindestens dreitägigen Schulung teilnehmen. Diese wurde während des Projektes durch Frau Prof. *Grebner* im Juni 2010 am Institut für Arbeitsmedizin und Sozialmedizin in Aachen durchgeführt.

#### *Fragebogen zum Erleben von Intensität und Tätigkeitsspielraum in der Arbeit (FIT)*

Neben dem umfangreichen ISTA-Fragebogen zur Erfassung möglicher psychosozialer Gefährdungen am Arbeitsplatz kam ein weiterer Fragebogen zum Einsatz, der die beiden am häufigsten untersuchten Arbeitsbelastungen erfasst. Dabei handelt es sich um die Faktoren der Arbeitsanforderung und der Kontrolle. Um die Faktoren des „Job Demand-Control Modells“ (JDC-Modell) von *Karasek* [38] zu erfassen, wurde der Fragebogen zum Erleben von Intensität und Tätigkeitsspielraum in der Arbeit (FIT) [39] eingesetzt. Der FIT ist ein Screeninginstrument zur Erfassung der Kerndimensionen des JDC-Modells.

Der FIT besteht aus 13 Items und ist damit wesentlich weniger umfangreich und praktikabler in der Durchführung als das ISTA. Sechs dieser Items erfassen den Faktor „Arbeitsintensität“; dieser entspricht der Dimension „Job Demand“. Der Faktor „Arbeitsintensität“ beschreibt das erlebte Niveau der geistigen und körperlichen Anforderungen aus der Arbeitstätigkeit.

Die anderen sieben Items messen den Faktor „Tätigkeitsspielraum“, der die Dimension „Decision Latitude“ des JDC-Modells [38] abbildet. Unter dem Faktor „Tätigkeitsspielraum“ werden die Möglichkeiten zusammengefasst, eigene Ideen zur Lösung von Problemen einzubringen und den Ablauf einzelner Arbeitsschritte oder die darin verwendeten Methoden selbst zu wählen.

Die Items haben ein vierstufiges Antwortformat mit den Antwortmöglichkeiten „nein“ (1), „mehr nein als ja“ (2), „mehr ja als

nein“ (3) und „ja“ (4). Zustimmung zu einer Aussage bedeutet ein hohes Ausmaß an Arbeitsintensität oder Tätigkeitsspielraum. Zur Auswertung des Fragebogens werden die Rohwerte der Antworten, getrennt für beide Faktoren, aufsummiert und anschließend wird der Mittelwert für beide Faktoren gebildet. Zur Bestimmung von „high strain-“, „active-“, „passive-“ und „low strain“-jobs wird eine hohe von einer niedrigen Ausprägung der beiden Skalen am Mittelwert von 2,5 der Skala festgesetzt.

Die in der Literatur angegebene interne Konsistenz der Skalen „Arbeitsintensität ( $\alpha = ,73 - ,76$ ) und „Kontroll-/Tätigkeitsspielraum“ ( $\alpha = ,81 - ,75$ ) ist akzeptabel bis gut [39]. Ziel des Einsatzes dieses kurzen Fragebogens ist der Vergleich der Varianzaufklärung des FIT in den relevanten Zielkriterien mit dem Anteil an aufgeklärter Varianz durch das ISTA. Dies erlaubt eine Aussage dahingehend, wie viel Mehrwert der Mehraufwand der umfangreicheren Befragung einbringt.

### Skala soziale Unterstützung

Die soziale Unterstützung ist eine wesentliche Ressource am Arbeitsplatz, die durch die bisherigen Skalen nicht abgedeckt wurde. Zur Erfassung der sozialen Unterstützung wurde die aus dem englischen übersetzte Skala von *Caplan et al.* [40] verwendet. Diese Skala wurde in Anlehnung an die Erweiterung des FIT von *Richter et al.* [39] ausgewählt und entspricht der Subskala „Soziale Unterstützung“ durch Vorgesetzte und Kollegen aus der „Salutogenetischen Subjektiven Arbeitsanalyse“ (SALSA). Jeweils mit drei Items wird die „soziale Unterstützung“ durch Vorgesetzte und Arbeitskollegen erfasst. Die Skala „Soziale Unterstützung durch Vorgesetzte“ „erfasst den Grad, in dem Vorgesetzte bereit sind, einem Mitarbeiter ‘ein offenes Ohr zu leihen’ und bei Problemen zu helfen“ (Seite 290 in [41]). Die anderen Subskalen erfassen dasselbe für den Personenkreis der Arbeitskollegen.

Alle Items der Skalen haben ein fünfstufiges Antwortformat von „gar nicht“ bis „völlig“. Die in der Literatur angegebene interne Konsistenz der Subskalen „Soziale Unterstützung durch Vorgesetzte“ ( $\alpha = ,82 - ,90$ ) und „Soziale Unterstützung durch Arbeitskollegen“ ( $\alpha = ,82 - ,89$ ) ist sehr gut [35; 41].

### Arbeitsplatzunsicherheit

Arbeitsplatzunsicherheit gilt auch als ein wesentlicher psychosozialer Risikofaktor am Arbeitsplatz und wird mit einer früher zum ISTA gehörenden Skala von *Semmer* [37] erfasst. Diese erfragt mit vier Items subjektive Befürchtungen, den Arbeitsplatz zu verlieren, und das Risiko, keinen vergleichbaren Arbeitsplatz zu bekommen. Das Antwortformat hat fünf Stufen, wobei zwei Items die sechste Antwort „weiß nicht“ zusätzlich ermöglichen. Die von *Semmer* [37] angegebene interne Konsistenz ( $\alpha = ,71$ ) der Skala ist gut.

## 4.3.2 Deskriptive Auswertung der psychosozialen Risikofaktoren

### Welche psychischen Gefährdungen existieren beruflich und individuell?

Im Folgenden werden die Ergebnisse der psychosozialen Gefährdungsbeurteilung unterteilt nach den verwendeten Instrumenten dargestellt. Dabei erfolgt die Beschreibung für das Gesamtkollektiv. Die deskriptive Darstellung separiert nach den psychosozialen Belastungen der einzelnen Arbeitsplätze wird aus Gründen der Übersicht im Anhang als ergänzende Information dargestellt.

#### ISTA

Wie im Methodenteil dargestellt, erfasst das ISTA Anforderungen, Ressourcen und Stressoren, sowohl mittels Befragung als auch durch Beobachtung. Im Rahmen des Projektes füllten 407 von 410 Teilnehmenden den Fragebogen aus und 145 Arbeitsplätze wurden durch eine geschulte Psychologin beobachtet. Es zeigten sich signifikante Unterschiede in den Ergebnissen der Beobachtung und der Befragung mit generell niedrigeren Einschätzungen in der Beobachtung (Anforderungen:  $T = 19,86^{**}$ , Kontrolle:  $T = 12,09^{**}$ , Stressorindex:  $T = 20,35^{**}$ ). In der weiteren Auswertung wurde zur Korrektur der Methodenmessfehler der gemittelte Wert aus Beobachtung und Befragung verwendet [42]. Dazu wurden den Teilnehmenden jeweils die Daten der Beobachtung zu ihrem Arbeitsplatz zugeordnet. Insgesamt konnten 401 Teilnehmenden Werte aus der Beobachtung zugeordnet werden.

Die einzelnen Skalen des ISTA lassen sich den drei übergeordneten Faktoren Anforderungen, Stressoren und Ressourcen zuordnen. Die deskriptiven Ergebnisse werden im Folgenden gegliedert in diese drei Bereiche dargestellt. Dabei werden die Ergebnisse der Befragung, der Beobachtung und der Kombination aus Befragung und Beobachtung vorgestellt.

#### Anforderungen

Die mit dem ISTA erfassten Anforderungen umfassen die Subskalen „Qualifikationserfordernisse“, „Komplexität“ und „Variabilität“, deren Items in der Superskala „Anforderungen“ zusammengefasst werden. Die mittlere Ausprägung der Skalen variiert zwischen 3,63 und 2,51 (siehe Tabelle 25), wobei die Werte der Befragung immer signifikant höher sind als die der Beobachtung (Qualifikationserfordernisse:  $T = 6,47^{**}$ , Komplexität:  $T = 20,35^{**}$ , Variabilität:  $T = 18,40^{**}$ , Anforderungen:  $T = 19,86^{**}$ ). Die Ausprägung der Anforderungen ist in einem mittleren bis höheren Bereich der Skala.

Die Reliabilität der Skalen ist in einem niedrigen bis sehr guten Bereich (Cronbachs Alpha: ,42 bis ,92) [43]. Insbesondere die Reliabilität der Skala Qualifikationserfordernisse ist sowohl bei der Befragung als auch bei der Beobachtung niedrig. Die restlichen internen Konsistenzen entsprechen den bisherigen Angaben aus der Literatur (vgl. Tabelle 19).

Tabelle 25:  
Statistische Kennzahlen der mit dem ISTA erfassten Anforderungen

Skala	Methode	N	M	SD	Min	Max	$\alpha$
Qualifikationserfordernisse	F	371	3,63	0,85	1,00	5,00	,42
	B	145	3,30	0,79	1,50	5,00	,43
	F & B	368	3,49	0,71	1,25	5,00	,66
Komplexität	F	406	3,35	0,79	1,00	5,00	,77
	B	145	2,55	0,76	1,00	4,29	,90
	F & B	401	2,96	0,69	1,36	4,64	,90
Variabilität	F	404	3,20	0,75	1,00	5,00	,67
	B	145	2,51	0,80	1,00	4,50	,82
	F & B	399	2,84	0,68	1,10	4,50	,81
Anforderungen (Superskala)	F	371	3,45	0,72	1,29	5,00	,79
	B	145	2,71	0,74	1,22	4,44	,91
	F & B	368	3,10	0,65	1,47	4,65	,92

N = Anzahl, M = Mittelwert, SD = Standardabweichung, Min = Minimum, Max = Maximum,  $\alpha$  = Cronbachs Alpha, F = Fragebogen, B = Beobachtung, F & B = gemittelte Werte Fragebogen und Beobachtung.

### Stressoren

Die mit dem ISTA erfassten Stressoren variieren im Durchschnitt zwischen 3,41 und 1,74 (Tabelle 26). Die Ausprägung der Stressoren ist geringer als die der Anforderungen. Die am deutlichsten ausgeprägten Stressoren sind die „Unfallgefährdung“ und „Einseitige Belastung“. Auch in den Skalen der erfassten Stressoren sind die Mittelwerte der Befragung immer höher als die der Beobachtung (Unsicherheit:  $T = 4,59^{**}$ , Arbeitsorganisatorische Probleme:  $T = 16,24^{**}$ , Einseitige Belastung:  $T = 15,31^{**}$ , Umgebungsbelastung:  $T = 30,78^{**}$ , Arbeitsunterbrechungen:  $T = 12,54^{**}$ , Konzentrationserfordernisse:  $T = 13,48^{**}$ , Zeitdruck:  $T = 22,31^{**}$ , Kooperationsenge:  $T = 9,01^{**}$ , Stressorenindex:  $T = 20,35^{**}$ ).

Die Reliabilität der Skalen variiert zwischen -0,34 und 0,85 und nimmt somit zum Teil inakzeptable Werte an. Insbesondere die durch die Beobachtung erfassten Skalen haben eine geringere interne Konsistenz; nur die Skalen Kooperationsenge und Kooperationserfordernisse erreichen eine interne Konsistenz größer als 0,70 und können als akzeptabel angesehen werden. Die Skala „Einseitige Belastung“ weist sowohl in der Befragung als auch der Beobachtung sehr geringe Werte für die interne Konsistenz auf. Für die weiteren Analysen werden für die Stressoren nur die Daten aus der Befragung verwendet, mit Ausnahmen der beiden Skalen Kooperationsenge und Kooperationserfordernisse.

Tabelle 26:  
Statistische Kennzahlen der mit dem ISTA erfassten Stressoren

Skala	Methode	N	M	SD	Min	Max	$\alpha$
Unsicherheit	F	406	2,47	0,74	1,20	4,40	,74
	B	145	2,30	0,33	1,56	3,33	,17
	F & B	401	2,37	0,41	1,48	3,60	,50
Unfallgefährdung	F	407	3,41	0,88	1,00	5,00	,85
Arbeitsorganisatorische Probleme	F	406	2,47	0,63	1,00	4,20	,67
	B	145	1,91	0,59	1,17	3,83	,45
	F & B	401	2,18	0,42	1,17	3,43	,63
Einseitige Belastung	F	397	3,24	0,48	1,83	4,33	,21
	B	145	2,88	0,27	2,14	3,86	-,34
	F & B	393	3,05	0,30	2,13	3,88	,29
Umgebungsbelastungen	F	384	2,57	0,53	1,00	4,19	,82
	B	145	1,78	0,32	1,31	2,69	,64
	F & B	379	2,17	0,34	1,15	4,17	,82
Arbeitsunterbrechungen	F	404	2,35	0,70	1,00	4,20	,70
	B	145	1,83	0,73	1,00	3,50	,39
	F & B	399	2,08	0,55	1,00	4,17	,65

N = Anzahl, M = Mittelwert, SD = Standardabweichung, Min = Minimum, Max = Maximum,  $\alpha$  = Cronbachs Alpha, F = Fragebogen, B = Beobachtung, F & B = gemittelte Werte Fragebogen und Beobachtung.

#### 4 Methoden und Ergebnisse

Tabelle 26:  
Fortsetzung

Skala	Methode	N	M	SD	Min	Max	$\alpha$
Konzentrationserfordernisse	F	406	2,91	0,86	1,00	4,80	,77
	B	145	2,17	0,64	1,00	3,50	,26
	F & B	401	2,60	0,55	1,27	4,07	,64
Zeitdruck	F	407	2,73	0,85	1,00	5,00	,81
	B	145	1,74	0,54	1,00	3,60	,69
	F & B	402	2,25	0,57	1,10	4,20	,79
Kooperationsenge	F	404	2,93	0,95	1,00	5,00	,81
	B	137	2,45	0,76	1,38	4,50	,75
	F & B	399	2,71	0,68	1,19	4,38	,83
Kooperationserfordernisse	F	305	3,03	0,74	1,00	5,00	,63
	B	70	2,45	0,90	1,00	4,50	,77
	F & B	241	2,81	0,64	1,38	4,75	,72
Stressorenindex	F	401	2,59	0,55	1,16	3,88	,78
	B	145	1,99	0,37	1,35	3,19	,64
	F & B	396	2,30	0,35	1,46	3,45	,74

N = Anzahl, M = Mittelwert, SD = Standardabweichung, Min = Minimum, Max = Maximum,  $\alpha$  = Cronbachs Alpha, F = Fragebogen, B = Beobachtung, F & B = gemittelte Werte Fragebogen und Beobachtung

#### Ressourcen

Die mit dem ISTA erfassten Ressourcen haben eine mittlere Ausprägung zwischen 4,11 und 2,40. Kommunikationsmöglichkeiten und Kooperationsspielraum sind höher ausgeprägt als Handlungsspielraum, Partizipation und Zeitspielraum (Tabelle 27). Die Superskala Kontrolle ist geringer ausgeprägt als die Anforderungen, jedoch höher als der Stressorenindex.

Auch bei der Erfassung der Ressourcen zeigen signifikante Unterschiede in den Ergebnissen der Beobachtung und der Befragung mit niedrigeren Einschätzungen in der Beobachtung (Handlungsspielraum:  $T = 18,98^{**}$ , Zeitspielraum:  $T = 2,32^*$ , Kommunikationsmöglichkeiten:  $T = 9,34^{**}$ , Kontrolle:  $T = 12,09^{**}$ ). Eine Ausnahme stellt die Skala Kooperationsspielraum dar; hier führt die Beobachtung zu einer deutlich höheren Ausprägung ( $T = -27,80^{**}$ ).

Tabelle 27:  
Statistische Kennzahlen der mit dem ISTA erfassten Ressourcen

Skala	Methode	N	M	SD	Min	Max	$\alpha$
Handlungsspielraum	F	401	3,25	0,69	1,40	4,80	,70
	B	145	2,58	0,75	1,17	4,33	,87
	F & B	396	2,88	0,61	1,28	4,07	,84
Partizipation	F	403	2,40	0,66	1,00	5,00	,71
Zeitspielraum	F	405	2,60	0,76	1,00	4,80	,73
	B	145	2,62	0,72	1,17	4,67	,84
	F & B	400	2,56	0,59	1,17	4,47	,81
Kommunikationsmöglichkeiten	F	405	3,24	0,85	1,00	5,00	,45
	B	145	2,87	0,56	1,67	4,67	,61
	F & B	400	3,04	0,55	1,50	4,67	,55
Kooperationsspielraum	F	306	2,41	0,86	1,00	5,00	,62
	B	145	4,11	0,78	1,00	5,00	,78
	F & B	302	3,25	0,57	2,00	5,00	,56
Kontrolle (Superskala)	F	399	2,93	0,64	1,20	4,60	,81
	B	145	2,60	0,67	1,25	4,50	,90
	F & B	394	2,72	0,55	1,38	4,26	,89

N = Anzahl, M = Mittelwert, SD = Standardabweichung, Min = Minimum, Max = Maximum,  $\alpha$  = Cronbachs Alpha, F = Fragebogen, B = Beobachtung, F & B = gemittelte Werte Fragebogen und Beobachtung

Die interne Konsistenz der ISTA-Skalen zur Erfassung der Ressourcen variiert zwischen 0,45 und 0,90. Insbesondere die Skalen Handlungsspielraum, Partizipation und Zeitspielraum und die sich daraus ergebende Superskala Kontrolle weisen akzeptable bis sehr gute interne Konsistenzen auf.

#### Arbeitsintensität und Tätigkeitsspielraum

Mit dem FIT wurde die wahrgenommene Arbeitsintensität und der wahrgenommene Kontroll-/Tätigkeitsspielraum entsprechend dem Demand Control Model erfasst. Die Antworten von 404 von 410 Teilnehmenden waren in Bezug auf die Skala Arbeitsintensität vollständig und wurden ausgewertet. Im Durchschnitt liegt die Arbeitsintensität bei 2,60 (SD = 0,59) auf der vierstufigen Skala. Bei der Skala Kontroll-/Tätigkeitsspielraum waren die Antworten von 400 Teilnehmenden vollständig, der Mittelwert der Antworten liegt bei 2,72 (SD = 0,56). Tabelle 28 stellt die weiteren statistischen Kennzahlen des FIT dar.

Tabelle 28:  
Statistische Kennzahlen des FIT;  $\alpha$  = Cronbachs Alpha

	Mittelwert	Standardabweichung	Minimum	Maximum	$\alpha$
Arbeitsintensität Anzahl 404	2,60	0,59	1,00	4,00	0,80
Kontroll-/ Tätigkeitsspielraum Anzahl 400	2,72	0,56	1,00	4,00	0,77

Tabelle 29:  
Faktoren des Demand Control Modells

Anzahl der Teilnehmer	low job strain	high job strain	passive jobs	active jobs
395	31,7 %	17,1 %	15,1 %	36,0 %

Tabelle 30:  
Statistische Kennzahlen der Skalen zur Erfassung der sozialen Unterstützung;  $\alpha$  = Cronbachs Alpha

Soziale Unterstützung durch	Anzahl	Mittelwert	Standardabweichung	Minimum	Maximum	$\alpha$
Kollegen	403	3,72	0,78	1,00	5,00	0,83
Vorgesetzte	401	3,49	0,87	1,00	5,00	0,86

Die Befragung zeigte, dass sich die Arbeitsplätze des untersuchten Kollektivs durch eine relativ hohe Einschätzung der Ressourcen soziale Unterstützung durch Arbeitskollegen ( $M = 3,72$ ;  $SD = ,78$ ) und Vorgesetzte ( $M = 3,49$ ;  $SD = ,87$ ) auszeichnen.

#### Arbeitsplatzunsicherheit

Die Arbeitsplatzunsicherheit der Befragten ( $N = 351$ ) variiert auf der fünfstufigen Skala von 1 bis 5. Im Durchschnitt liegt sie bei

397 Beschäftigte füllten den Fragebogen komplett aus, sodass beide Faktoren des Anforderungs-Kontroll-Modells erfasst wurden. Basierend auf bisherigen Forschungsergebnissen und den Annahmen des Modells sollte insbesondere für Beschäftigte, die in einem „highstrain job“ arbeiten, das Risiko einer Gesundheitsbeeinträchtigung durch psychosoziale Arbeitsplatzfaktoren erhöht sein. Diese Arbeitsplätze zeichnen sich durch geringen Tätigkeitsspielraum bei gleichzeitig hoher Arbeitsintensität aus. 17,1 % der teilnehmenden Zerspanungsmechaniker und -mechanikerinnen gaben an, in einem „highstrain job“ zu arbeiten (Tabelle 29).

Die Reliabilität der Skalen sind in einem guten bis akzeptablen Bereich (Cronbachs Alpha: ,77 bis ,82) und entsprechen den Angaben von [39].

#### Soziale Unterstützung

Die wahrgenommene soziale Unterstützung wurde erfasst. In Tabelle 30 sind die statistischen Kennzahlen dargestellt.

2,70 ( $SD = 0,68$ ), was etwas unter dem mittleren Wert der Skala liegt (Tabelle 31). In Bezug auf die Skala schätzen die Teilnehmer ihren Arbeitsplatz also eher als sicher ein.

Die Reliabilität der Skala zur Erfassung der Arbeitsplatzunsicherheit ist mit einem Cronbachs Alpha von 0,59 schlecht und liegt unter der Angabe von Semmer [37] mit  $\alpha = ,71$ .

Tabelle 31:  
 Statistische Kennzahlen der Skala zur Erfassung der Arbeitsplatzunsicherheit;  $\alpha$ = Cronbachs Alpha

	Anzahl	Mittelwert	Standardabweichung	Minimum	Maximum	$\alpha$
Arbeitsplatzunsicherheit	351	2,70	0,68	1,00	5,00	0,59

#### 4.4 Medizinische Endpunkte: Rücken

##### 4.4.1 Methode

Die Beanspruchung des Muskel-Skelett-Systems, insbesondere des Rückens, wurde sowohl durch subjektive Angaben zu Beschwerden und Beeinträchtigungen als auch durch ärztliche Untersuchungen zu funktionellen Einschränkungen erfasst. Da der Schwerpunkt des Forschungsvorhabens auf Rückenbeschwerden lag, wird ausschließlich auf diese Lokalisationen eingegangen. Hervorzuheben ist jedoch, dass im Rahmen dieser Arbeit unter „Rücken“ der gesamte Bereich der Wirbelsäule verstanden wird, d. h., es werden Ergebnisse dargestellt, die zum Nacken/zur Halswirbelsäule, zum oberen Rücken bzw. zur Brustwirbelsäule und zum unteren Rücken bzw. zur Lendenwirbelsäule gehören. Die verwendeten Methoden werden im Folgenden dargestellt.

##### G-46-Anamnese

Für den Berufsgenossenschaftlichen Grundsatz 46 gibt es einen „Leitfaden zur Diagnostik von Muskel-Skelett-Erkrankungen bei arbeitsmedizinischen Vorsorgeuntersuchungen“ [18]. Dieser wird zur Erhebung der Muskel-Skelett-Beschwerden in diesem Projekt verwendet. Das standardisierte Erhebungsinstrument für die Anamnese besteht aus drei Teilen, die aufeinander aufbauen oder ergänzend eingesetzt werden. Der erste Teil der Anamnese erfasst „Eigene Angaben zu Muskel-Skelett-Erkrankungen“ (Anamnese 1) und ist von den Beschäftigten selbstständig auszufüllen. Darin werden sowohl das Auftreten als auch die Lokalisation von Beschwerden am Muskel-Skelett-System erfasst. Der zweite Teil umfasst die „Ärztliche Anamnese zu Muskel-Skelett-Erkrankungen“ (Anamnese 2), in der vertiefende Informationen zu bestehenden Beschwerden festgehalten werden. Die „Ärztliche Anamnese bei Hand-Arm-Vibrationsbelastung“ (Teil 3) wird nur bei am Arbeitsplatz vorliegenden Hand-Arm-Vibrationen eingesetzt und fand in der vorliegenden Analyse keine Anwendung.

Für die interferenzstatistischen Analysen im Rahmen des Projekts können lediglich zwei Fragen genutzt werden, da bei den weiteren Fragen nicht klar ist, auf welche Körperregion sich die Aussage bezieht. Zum einen wird die Frage 2 der Anamnese 1 „Hatten Sie in den letzten 12 Monaten Beschwerden im Bereich der Wirbelsäule, der Arme oder Beine?“ verwendet. Zur Auswertung wird jede von Beschäftigten angezeichnete Markierung im Rückenbereich als Beschwerden im Rückenbereich kodiert und Markierungen im Nacken/Hals-Bereich als Nacken-Beschwer-

den. Zum anderen wird die Frage 3 der Anamnese 2 „Strahlen die Schmerzen ggf. aus und wenn ja wohin?“ genutzt.

##### fokus-Methode

Die medizinische Untersuchung des Zustandes des Muskel-Skelett-Systems nach der „funktionsorientierten körperlichen Untersuchungssystematik“ (fokus-Methode) liefert im Gegensatz zur Befragung weitgehend objektive Daten über Bewegungs- und Funktionseinschränkungen. Sie ist ein „empfohlenes Diagnostiksystem für die Beurteilung des Bewegungsapparates bei arbeitsmedizinischen Vorsorgeuntersuchungen, wie beispielsweise dem Grundsatz G 46“ [44]. Für die Untersuchung ist eine Schulung in der Methode sowie orthopädisches Basiswissen erforderlich.

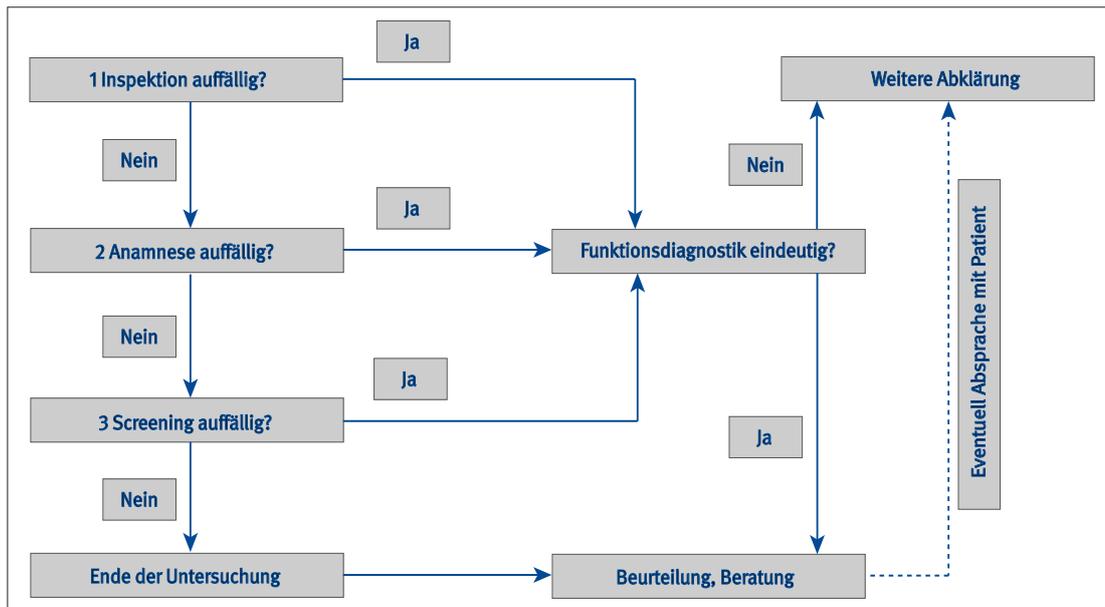
Die fokus-Methode ist modular aufgebaut und wird im Anschluss an die G-46-Anamnese durchgeführt. Sie besteht aus zwei Teilen: dem Screening und einer sich anschließenden Funktionsdiagnostik. Die Untersuchungen aus beiden Teilen sind jeweils fünf verschiedenen Körperregionen (Halswirbelsäule, Schulter-Arm-Region, Arm-Hand-Region, Lendenwirbelsäule, Knie-Sprunggelenk-Region) zugeordnet, sodass es möglich ist, nur einzelne Körperregionen zu untersuchen.

Die Untersuchung orientiert sich an der Neutral-Null-Methode (siehe CUELA-Messung). Beurteilt werden Bewegungsumfänge, Schmerzen und Reflexe. Im Screening werden „alle wesentlichen Funktionen der zu untersuchenden Körperregion aktiv vom Patienten gezeigt“ [44]. Die Funktionsdiagnostik ergänzt das Screening durch „passive Beweglichkeitsprüfungen“ [44] durch das ärztliche Personal.

Die Funktionsdiagnostik wird in der betriebsärztlichen Praxis lokalisationsbezogen nur bei Auffälligkeit in der Anamnese oder dem Screening durchgeführt (Abbildung 15, fokus-Systematik [44]; Seite 15). Im Rahmen des vorliegenden Projektes wurden jedoch bei allen Beteiligten das Screening und die Funktionsdiagnostik für alle Körperregionen durchgeführt, unabhängig von erfassten Auffälligkeiten. Jedoch wird nur auf die Ergebnisse zur Hals- und Lendenwirbelsäule eingegangen.

Für die statistische Auswertung ist es notwendig, Endpunkte der fokus-Methode zu definieren. Dabei kann man zwischen diagnostischen und präventiven Aspekten unterscheiden. Zur Beantwortung unserer Fragestellung werden sowohl Verdachtsdiagnosen definiert als auch die Häufung von Auffälligkeiten unter dem Präventionsaspekt berücksichtigt.

Abbildung 15:  
fokus-Systematik; aus Spallek und Kuhn [44], Seite 15



Eine Verdachtsdiagnose wird anhand der Vorgaben der fokus-Systematik gestellt, wenn Auffälligkeiten in der G-46-Anamnese oder dem Screening vorliegen und entsprechende Untersuchungsteile der Funktionsdiagnostik einen Befund haben. Daraus ergeben sich folgende diagnostischen Endpunkte für die weiterführenden Analysen im Projekt:

- diagnostische Endpunkte – HWS
  - zerviko-brachiales Syndrom
  - Zervikalsyndrom
- diagnostische Endpunkte – LWS/BWS
  - Lumboischialgie
  - Radikulärsyndrom

Die körperliche Untersuchung nach der fokus-Methode zum Berufsgenossenschaftlichen Grundsatz G 46 wurde in diesem Projekt durch zehn geschulte Arbeitsmediziner durchgeführt. Bei den Arbeitsmedizinern handelte es sich entweder um die Betriebsärzte der Firmen, einen Arzt des BAD oder einen ärztlichen Mitarbeiter des Instituts für Arbeitsmedizin und Sozialmedizin Aachen (IASA). Dadurch unterschieden sie sich in Bezug auf die Vorkenntnis über die Mitarbeiter, deren Arbeitsplätze und deren Gesundheitszustand. Auch wiesen sie deutliche Unterschiede in Ausbildung und Vorkenntnissen zu muskuloskelettalen Erkrankungen auf. Mit diesem Vorgehen sollte ein möglichst realitätsnahes Setting gewährleistet sein. Um dennoch von einem möglichst homogenen Wissensstand bezüglich der Untersuchungsmethode ausgehen zu können, wurden alle Arbeitsmediziner, die die Untersuchung im Rahmen dieser Studie durchführten, an insgesamt vier Terminen in kleinen Gruppen von den Autoren der fokus-Methode, Dr. Spallek oder Dr. Kuhn, geschult. Zur weiteren Vorbereitung bekamen sie das Buch und den Lehrfilm zur fokus-Methode zur Verfügung

gestellt. Weiterhin wurde die Kodierung der Endpunkte nicht durch die untersuchenden Ärzte, sondern retrospektiv anhand der ausgefüllten Untersuchungsbögen von IASA-Beschäftigten durchgeführt, um individuelle Interpretationen der Untersuchungsergebnisse auszuschließen.

#### Nordischer Fragebogen

Im Rahmen des Projekts wurden subjektive Beschwerdeangaben zusätzlich mit der deutschen Übersetzung [45] des Nordic Questionnaires [46] erfasst. Es handelt sich um einen international akzeptierten und häufig verwendeten Fragebogen zur Erfassung von Beschwerden am Muskel-Skelett-System.

Der Fragebogen besteht aus zwei Teilen. Im ersten Teil werden Beschwerden in den letzten zwölf Monaten sowie den letzten sieben Tagen und die Beeinträchtigungen in den letzten zwölf Monaten für neun Körperregionen – Nacken, Schulter, Ellenbogen, Handgelenk/Hände, oberer Rücken, unterer Rücken/Kreuz, Hüfte/Oberschenkel, Knie sowie Knöchel/Füße – erfragt. Im zweiten spezielleren Teil werden detailliert Informationen zu Häufigkeit und Art der Beschwerden im Nacken-, Schulter- und unteren Rückenbereich erfasst.

In die weitere Datenauswertung fließen ausschließlich Angaben zu Beschwerden und Beeinträchtigungen des Nackens, des oberen und des unteren Rückens ein, wobei der obere und untere Rücken zusammengefasst werden, um eine Vergleichbarkeit mit den Daten der körperlichen Untersuchung, die diese Differenzierung nicht ermöglicht, zu schaffen.

#### 4.4.2 Deskriptive Auswertung

Im Folgenden werden zunächst die subjektiven Beschwerdeangaben aus der Befragung und der Anamnese vergleichend dargestellt. Außerdem werden die bei der fokus-Untersuchung objektiven Auffälligkeiten im Screening und der Funktionsdiagnostik für die diagnostischen und Präventionsendpunkte

#### 4 Methoden und Ergebnisse

deskriptiv dargestellt. Im Anschluss werden die prädiktiven Werte des G 46 nach dem Stufenschema tabellarisch zusammengestellt.

##### Prävalenz akuter, subakuter oder chronischer Rückenschmerzen

Da für die Anamnese im G 46 keine auswertbare Frage zu akuten Rückenschmerzen vorlag, die den gewählten Bereichen (HWS und BWS/LWS) zugeordnet werden konnte, basieren die Ergebnisse zu den akuten Rückenschmerzen in den letzten sieben Tagen auf dem Nordischen Fragebogen (Tabelle 32 und 33).

Festzuhalten ist, dass insgesamt die Beschwerdeangaben und daraus resultierende Beeinträchtigungen für die Halswirbelsäule geringer ausfallen als für die restliche Wirbelsäule. Auch ist zu berücksichtigen, dass sich die Beschwerdeangaben zwischen den beiden Erhebungsinstrumenten (G-46-Anamnese und Nordi-

scher Fragebogen) deutlich unterscheiden. Die Korrelation zwischen den beiden Verfahren beträgt für die HWS ,33 und für die LWS ,41. Diese ist zwar an sich hochsignifikant ( $p < 0,01$ ), würde aber nicht ausreichen, um die Beurteilung aus beiden Verfahren als austauschbar anzusehen. Allerdings ist zu berücksichtigen, dass die Erhebung der Beschwerden aus dem Anamnesebogen über das Ankreuzen der Befragten von beschwerdebehafteten Lokalisationen auf einer Abbildung ohne das dazugehörige Anamnesegespräch an vielen Stellen nicht mehr klar einer konkreten Lokalisation zugeordnet werden konnte und sich dadurch die geringere Quote der Beschwerdeangaben erklären lassen. In der Praxis wäre jedoch ein derartiger Informationsverlust durch die Interaktion mit dem Betriebsarzt oder der Betriebsärztin nicht zu erwarten. Für die weiteren komplexeren statistischen Analysen werden aber aufgrund dieser methodischen Einschränkung ausschließlich die Beschwerdeangaben aus dem Nordischen Fragebogen berücksichtigt.

Tabelle 32:  
Beschwerden und Beeinträchtigung HWS

	Anzahl Teilnehmende insgesamt	mit Befund in %
Akute Beschwerden in den letzten sieben Tagen	406	24,6
Beschwerden in den letzten zwölf Monaten (G 46)	409	16,6
Beschwerden in den letzten zwölf Monaten (Nordic)	406	50,2
Beeinträchtigungen	405	29,9

Tabelle 33:  
Beschwerden und Beeinträchtigungen BWS/LWS

	Anzahl Teilnehmende insgesamt	mit Befund in %
Akute Beschwerden in den letzten sieben Tagen	405	37,3
Beschwerden in den letzten zwölf Monaten (G 46)	409	51,8
Beschwerden in den letzten zwölf Monaten (Nordic)	406	73,2
Beeinträchtigungen	404	50,7

##### Gehäufte Auffälligkeiten in den fokus-Untersuchungen und den medizinischen Endpunkten

Die Tabellen 34 und 35 zeigen für die HWS und LWS die Darstellung der gewählten objektiven diagnostischen und präventiven Endpunkte aus der ärztlichen Untersuchung. Zu den diagnostischen Endpunkten zählen für die HWS das zerviko-brachiale

Syndrom und das Zervikalsyndrom. Für die BWS/LWS gehören die Lumboischialgie und das Radikulärsyndrom zu den diagnostischen Endpunkten. Zur Auswertung hinsichtlich der prädiktiven Wertigkeit des G 46 wurden die zusammengefassten Befunde aus dem Screening und der Funktionsdiagnostik (mindestens ein auffälliger Befund) jeweils separat für die HWS und BWS/LWS betrachtet.

Tabelle 34:  
Beschwerden und Beeinträchtigung HWS

	Anzahl Teilnehmende insgesamt	mit Befund in %
Auffälligkeiten im Screening	410	43,9
Auffälligkeiten in der Funktionsdiagnostik	410	64,4
zerviko-brachiales Syndrom (Nordic)	406	11,3
zerviko-brachiales Syndrom (G 46)	409	9,5
Zervikalsyndrom (Nordic)	406	46,8
Zervikalsyndrom (G 46)	409	37,9

Tabelle 35:  
Beschwerden und Beeinträchtigung BWS/LWS

	Anzahl Teilnehmende insgesamt	mit Befund in %
Auffälligkeiten im Screening	410	62,7
Auffälligkeiten in der Funktionsdiagnostik	410	86,1
Lumboischialgie (Nordic)	405	2,2
Lumboischialgie (G 46)	408	2,2
Radikulärsyndrom (Nordic)	405	0,7
Radikulärsyndrom (G 46)	408	0,7

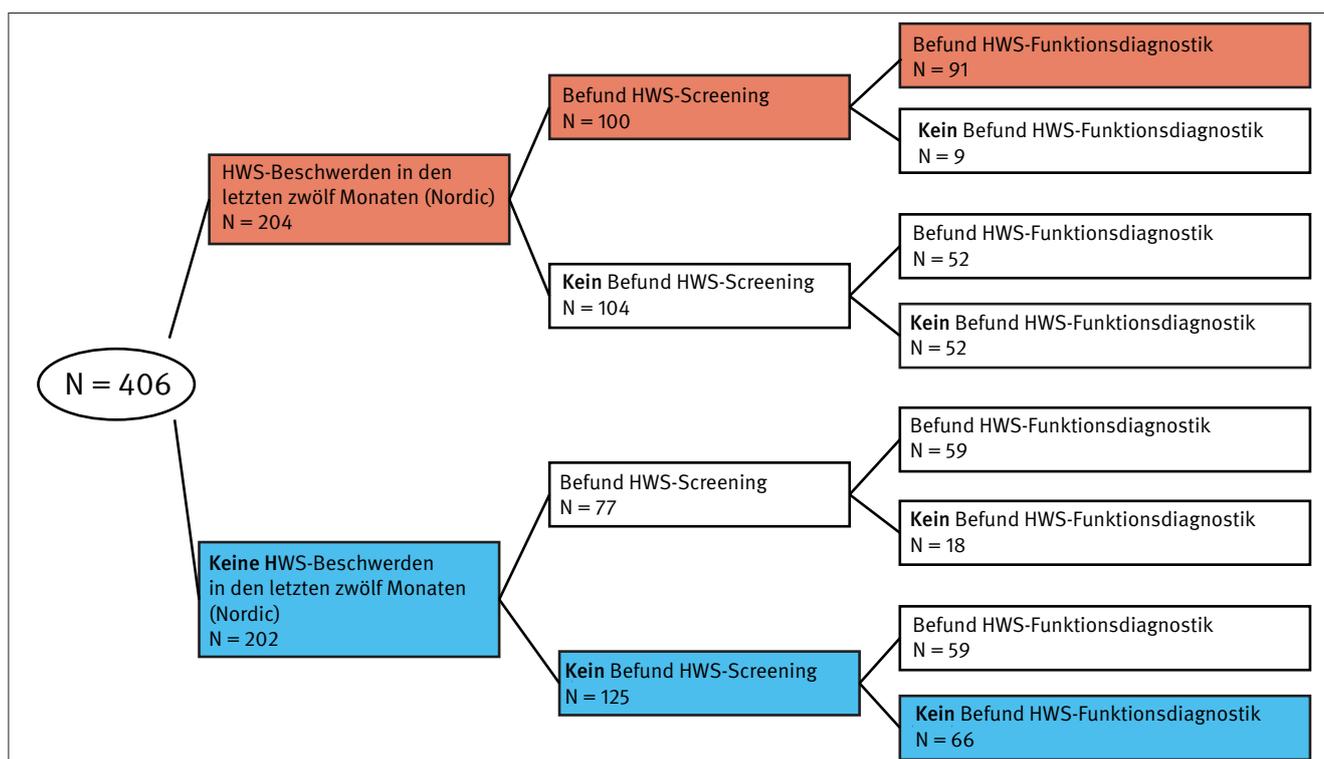
*Klassifikationsgüte der medizinischen Untersuchung*

Zur Untersuchung des präventiven Nutzens des G 46 wird für die objektivierbaren Auffälligkeiten im Screening und in der Funktionsdiagnostik die Klassifikationsgüte bestimmt. Grundlage für diese Berechnungen sind Pfaddiagramme, in denen die Anzahl der Auffälligkeiten in den einzelnen Stufen (Beschwerdeangaben in der Anamnese, Auffälligkeiten im Screening, Auffälligkeiten in der Funktionsdiagnostik) entsprechend eingetragen sind (Abbildungen 16 und 17). Wie bereits erwähnt, werden aufgrund der Unterschiede zwischen der G-46-Anamnese und dem Nordischen Fragebogen speziell für die HWS die Angaben aus dem Nordischen Fragebogen für die Darstellung der individuellen Angaben von Beschwerden herangezogen.

Tabelle 36 zeigt die Klassifikationsgüte der einzelnen Stufen des G 46 nach dem Stufenschema aus Abbildung 16 und 17. Als Kennwerte für die Klassifikationsgüte sind die Sensitivität, die Spezifität, der positive Vorhersagewert und der negative Vorhersagewert angegeben. Die Sensitivität beschreibt die Empfind-

lichkeit eines Verfahrens: also z. B. nach dem Stufenschema in der Praxis den Anteil der über die Anamnese oder das Screening korrekt als auffällig klassifizierten Teilnehmer an der Gesamtheit der in der Funktionsdiagnostik tatsächlich auffälligen Teilnehmer. Die Spezifität hingegen beschreibt den Anteil der korrekt als befundfrei klassifizierten Teilnehmer an der Gesamtheit der in der Funktionsdiagnostik unauffälligen Teilnehmer. Der positive Vorhersagewert ist ein Maß der Relevanz des Verfahrens und beschreibt den Anteil der korrekt als auffällig klassifizierten Teilnehmer an der Gesamtheit der auffällig gewordenen Teilnehmer. Bezogen auf das Stufenschema würde dieser Wert also die Genauigkeit angeben, mit der die Auswahl für die Funktionsdiagnostik erfolgt. Beim negativen Vorhersagewert geht es um die Trennfähigkeit des Verfahrens, also um den Anteil der korrekt als unauffällig klassifizierten Teilnehmer an der Gesamtheit aller durch das Verfahren als unauffällig deklarierten Teilnehmer. Für die Evaluierung von Präventionsmaßnahmen ist dabei der positive prädiktive Wert von besonderer Bedeutung [47] und wurde in der Tabelle daher hervorgehoben.

Abbildung 16:  
Pfaddiagramm zur Berechnung der Klassifikationsgüte des G 46 im Bereich der Halswirbelsäule (Beschwerdeangaben aus dem Nordic)



#### 4 Methoden und Ergebnisse

Abbildung 17:

Pfaddiagramm zur Berechnung der Klassifikationsgüte des G 46 im Bereich der Lenden- und Brustwirbelsäule

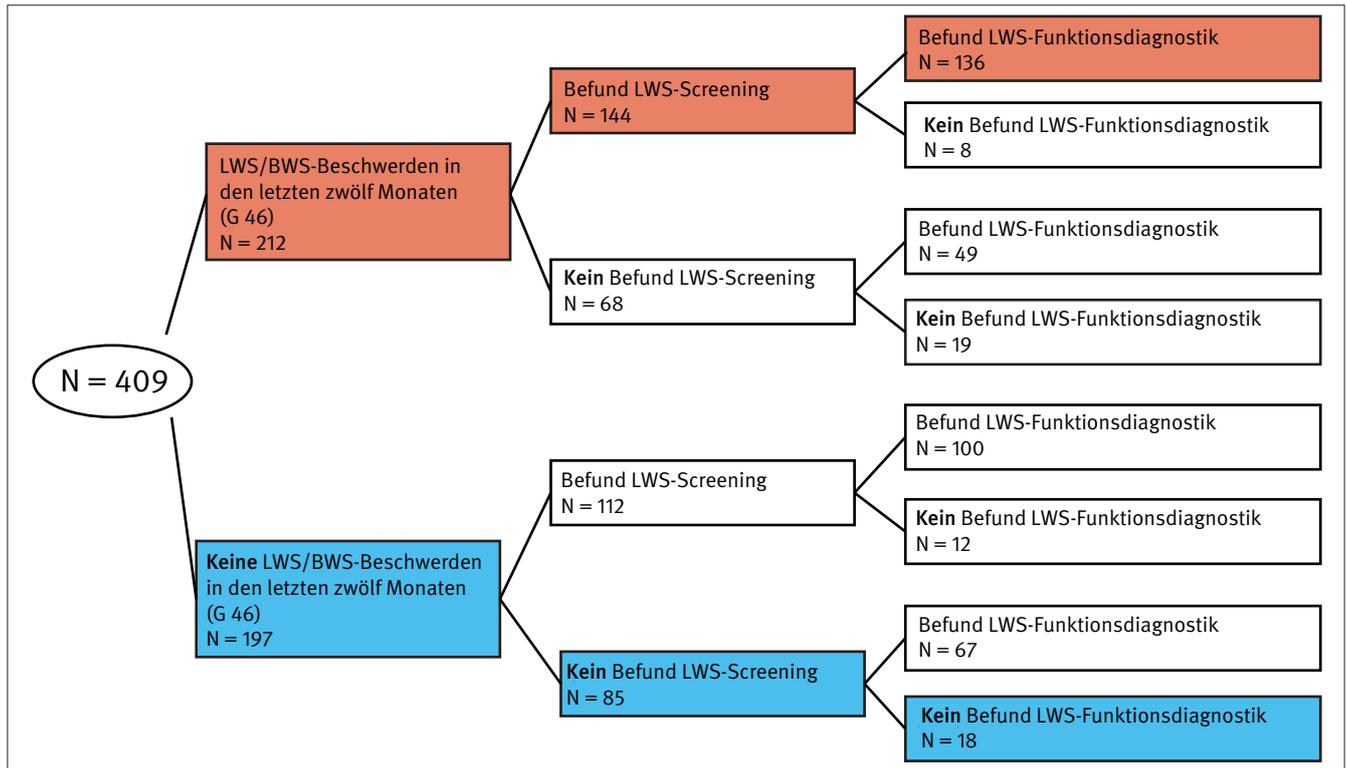


Tabelle 36:

Kennwerte der Klassifikationsgüte

	Stufenschema aus der Praxis	Anamnese auf Funktionsdiagnostik	Screening auf Funktionsdiagnostik	Anamnese auf Screening
<b>Halswirbelsäule</b>				
Sensitivität	0,77	0,55	0,58	0,57
Spezifität	0,46	0,58	0,81	0,55
<b>Positiver Vorhersagewert</b>	<b>0,72</b>	<b>0,70</b>	<b>0,85</b>	<b>0,49</b>
Negativer Vorhersagewert	0,53	0,42	0,52	0,62
<b>Lendenwirbelsäule/Brustwirbelsäule</b>				
Sensitivität	0,81	0,53	0,67	0,56
Spezifität	0,32	0,53	0,65	0,56
<b>Positiver Vorhersagewert</b>	<b>0,88</b>	<b>0,87</b>	<b>0,92</b>	<b>0,68</b>
Negativer Vorhersagewert	0,21	0,15	0,24	0,43

Die Kennwerte der Klassifikationsgüte für den G 46 unter Anwendung des nach den Empfehlungen praktizierten Stufenschemas zeigen im Bereich der HWS einen positiven prädiktiven Wert von 0,72 bei mäßiger Spezifität mit 0,46 und einer Sensitivität von 0,77. Für die LWS/BWS ist der positive prädiktive Wert mit 0,88 sehr gut; auch die Sensitivität ist mit 0,81 geringfügig besser als im HWS-Bereich. Dagegen beträgt die Spezifität nur 0,32. Für den Bereich der Früherkennung, für den der G 46 gemacht ist, sind Sensitivität und positiver prädiktiver Wert die wesentlichen Kennzahlen. In der dritten Spalte der Tabelle 36 ist die Bedeutung der Anamnese im Vergleich zur Funktionsdiagnostik dargestellt. Hier zeigt sich, dass die Anamnese alleine vergleichbare positive prädiktive Werte hat wie das Stufenschema aus der Praxis, jedoch die Sensitivität deutlich niedriger ist.

Indirekt ist aus den dargestellten Kennzahlen abzuleiten, dass der Zwischenschritt des Screenings die Ergebnisse für die Kennzahlen nicht wesentlich beeinflusst, insbesondere auch, da die Assoziationen zwischen Anamnese und Screening relativ schlecht sind (letzte Spalte der Tabelle 36). Unabhängig von den in der Tabelle dargestellten Kennzahlen zeigen die Abbildungen 16 und 17, dass die positiven Befunde sowohl im Screening als auch in der Funktionsdiagnostik bei beschwerdefreien Versuchspersonen sehr häufig sind. Hier wäre die Bedeutung asymptomatischer Funktionseinschränkungen zu diskutieren. Verständigt man sich darauf, dass insbesondere symptomatische funktionelle Auffälligkeiten durch die Vorsorge frühzeitig erkannt werden sollen, dann ist das praktizierte Stufenschema in der Praxis ein akzeptabler Kompromiss, um den Untersuchungsaufwand durch die Zwischenschaltung des Screenings praktikabel

zu halten und klinisch und funktionell relevante Befunde frühzeitig zu erheben und einer Intervention zuzuführen.

#### 4.5 Ergebnisse zu den Zusammenhängen

Als weiterer präventiver Aspekt in der vorliegenden Studie sollte berücksichtigt werden, welche der in der Gefährdungsanalyse erfassten Risikofaktoren in besonderem Maße mit dem Endpunkt „Rückenschmerzen“ assoziiert sind. Hierfür werden nun separat für die einzelnen erhobenen Gefährdungen die Zusammenhänge zwischen den Risikofaktoren und den verschiedenen Endpunkten dargestellt. Dabei liegt der Schwerpunkt auf den subjektiven Angaben und präventiven Endpunkte, da – wie in der Deskription der Ergebnisse beschrieben – für die Diagnostischen Endpunkte bis auf das Zervikalsyndrom eine zu geringe Fallzahl für weiterführende statistische Berechnungen erreicht wurde. Zunächst werden die Zusammenhänge zwischen den erhobenen physischen Belastungen und den Zielkriterien

berechnet und im Anschluss die Assoziationen der erhobenen psychosozialen Risikofaktoren mit den Zielkriterien dargestellt.

##### 4.5.1 Zusammenhänge mit physischen Belastungen

###### CUELA-Verfahren

Für die physischen Risikofaktoren liegen detaillierte CUELA-Messungen vor. Tabelle 37 zeigt die entsprechenden Korrelationskoeffizienten (Spearman's rho) als Zusammenhangsmaß der einzelnen Risikofaktoren und der medizinischen Endpunkte. Aufgrund der eher geringen Ausprägung der einzelnen physischen Belastungen wurden zur besseren Interpretation der Daten die Belastungen in Quintile aufgeteilt, die im Anschluss in drei Gruppen eingeteilt wurden: den beiden Extremgruppen (< 20 % und > 80 %) sowie den zusammengeführten drei mittleren Belastungsgruppen (20 bis 40 %, 40 bis 60 % und 60 bis 80%).

Tabelle 37:

Korrelative Zusammenhänge (Spearman's rho) der physischen Faktoren (in Quintilen) mit Wirbelsäulenbeschwerden bzw. funktionellen Auffälligkeiten. Die Quintile der physischen Faktoren wurden in drei Gruppen aufgeteilt (< 20 %, 20 bis 80 %, > 80 %).

	Kompressionskraft DK	Drehmoment	Rumpfvorneigung	Rumpfsseitneigung	Rückentorsion	Lastgewicht
<b>Halswirbelsäule</b>						
Beschwerden sieben Tage	-	-	-	-	-	-
Beschwerden zwölf Monate	-	-	-.15**	-	-.13*	-
Beeinträchtigung	-	-	-	-	-	-
Screening auffällig	-.11*	-	-	-	-	-
Funktionsdiagnostik auffällig	-	-	-	-	-	-
Zervikalsyndrom	-	-	-	-	-	-
<b>Lendenwirbelsäule/Brustwirbelsäule</b>						
Beschwerden 7 Tage	-	-	-	-	-	-
Beschwerden 12 Monate	-	-	.11*	-	-	-
Beeinträchtigung	-	-	-	-	-	.11*
Screening auffällig	-	-	-	-	-	-
Funktionsdiagnostik auffällig	-.12*	-.17**	-.20**	-.15**	-	-.15**

Q = Quintile; \* p-Wert < .05; \*\* p-Wert < .01

Wie aus Tabelle 37 ersichtlich, sind nur wenige signifikante Zusammenhänge vorhanden und diese liegen mehrheitlich in einer nicht erwarteten Richtung vor (eine Abnahme der Auffälligkeiten bei Zunahme der Belastungen). Erwartungsgemäße Zusammenhänge fanden sich nur bei den subjektiven Beschwerdeangaben aus der Anamnese. So gab es eine positive Korrelation zwischen der Rumpfvorneigung und der Beschwerden im Bereich der LWS und BWS innerhalb der letzten zwölf Monate sowie eine positive Korrelation zwischen dem Lastgewicht und den Beeinträchtigungen aufgrund von Beschwerden in der BWS/LWS während der letzten zwölf Monate. Grafisch sind die Zusammenhänge in den Abbildungen 18 und 19 dargestellt.

Abbildung 18 zeigt eine kontinuierliche Zunahme der Beschwerdeangaben bei gleichzeitiger Zunahme der Expositionsstärke der Rumpfvorneigung. Eine kumulative Rumpfvorneigung von ca. 32 000 °s (unterste Intervallgrenze) entspricht dabei einer leichten Rumpfbeugehaltung mit 20° Vorneigungswinkel von etwa 27 min Dauer am Tag bzw. einer starken kumulierten Rumpfbeugehaltung (ca. 45° Vorneigungswinkel) von ca. 12 min pro Tag. Die höchste kumulative Expositionsstärke, bei der deutlich höhere LWS- und BWS-Beschwerden angegeben wurden, beginnt bei ca. 158 000 °s. Dies entspricht kumulativen leichten Rumpfvorneigungen (20° Inklination) von ca. zwei Stunden pro Tag bzw. stärkeren Rumpfvorneigungen (45° Inklination) von ca. einer Stunde pro Tag.

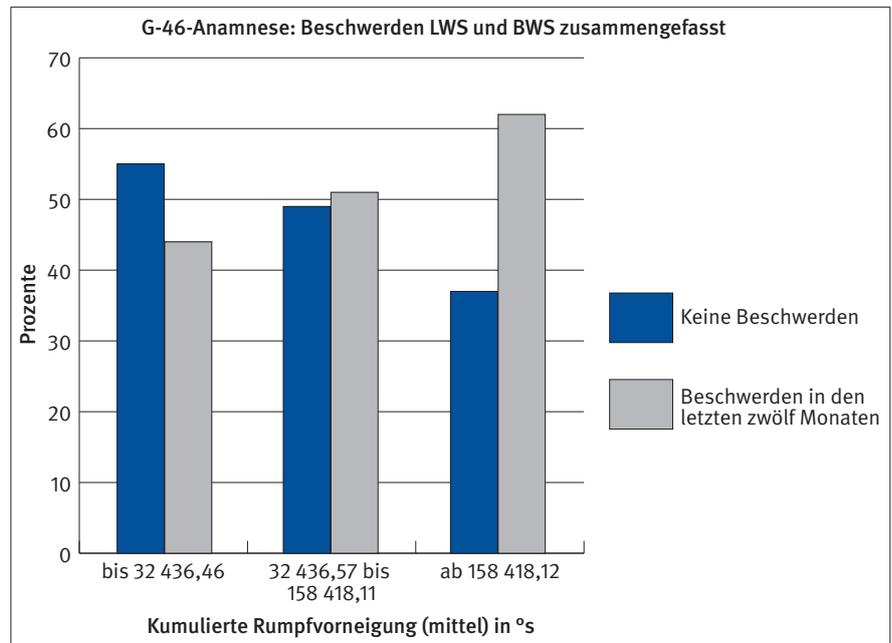


Abbildung 18: Zusammenhang zwischen der physischen Belastung der Rumpfvorneigung und den Beschwerdeangaben in der Anamnese für die letzten zwölf Monate

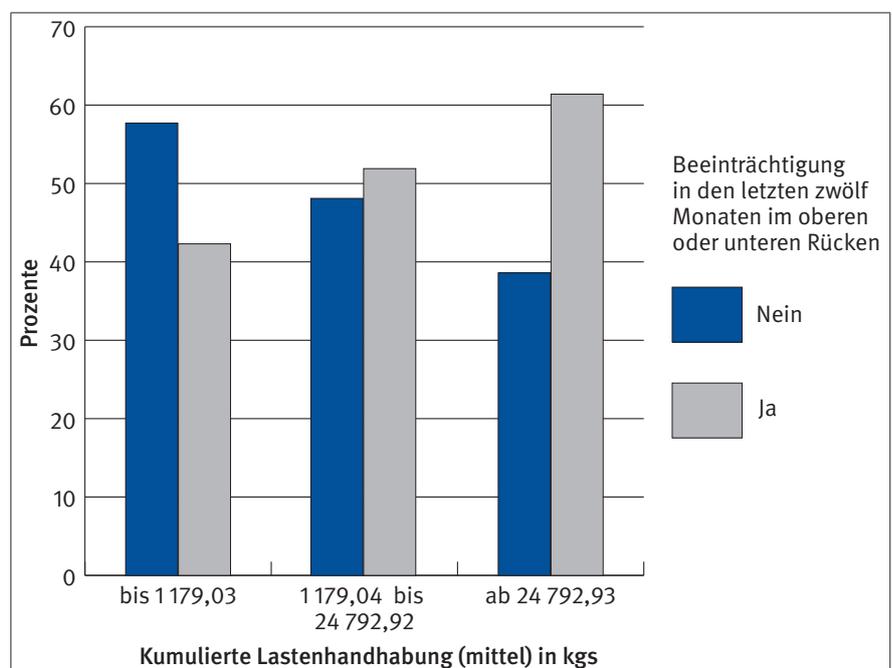


Abbildung 19: Zusammenhang zwischen der physischen Belastung des Lastgewichts und den Beeinträchtigungen durch Beschwerden im HWS-Bereich in den letzten zwölf Monaten

Für die Interpretation der Korrelationsanalysen bezüglich des Ausbleibens von signifikanten Zusammenhängen muss ein wichtiger Aspekt berücksichtigt werden: Die Korrelation ist ein Maß für den linearen Zusammenhang zwischen zwei Variablen. Aus der Literatur sind allerdings besonders bei physischen Belastungen auch U-Kurvenverläufe beschrieben worden (z. B. [48; 49]). Dies ist darauf zurückzuführen, dass im Bereich der Muskel-Skelett-Beschwerden ein bestimmtes Mindestmaß an Belastung aufgrund des Trainingseffekts zu einer Reduzierung des Risikos beiträgt. Daher wurden in einem zweiten Schritt

Chi-Quadrat-Tests für die Zusammenhänge der einzelnen Endpunkte mit den jeweiligen Quintilgruppen errechnet, um durch Vergleiche der einzelnen Gruppenbelastungen potenzielle U-Verläufe in den Daten aufzudecken (Ergebnisse hier nicht dargestellt). Bei signifikanten Chi-Quadrat-Tests wurden über logistische Regressionen Odds Ratios (OR) berechnet, um die Verläufe der Zusammenhänge über die einzelnen Belastungsstufen (operationalisiert anhand der Quintilgruppen) näher betrachten zu können (Tabelle 38).

Tabelle 38:  
Odds Ratios (OR) und Konfidenzintervalle (KI) in Bezug zur Halswirbelsäule

Halswirbelsäule	Beschwerden sieben Tage	Beschwerden zwölf Monate	Beein- trächtigung	Screening auffällig	Funktionsdiag- nostik auffällig	Zervikalsyndrom
<b>Kompressionskraft DK in kNh</b>						
<b>20 % vs. 20 bis 80 %</b> < 0.87 vs. 0.87 bis 3.40	-	<b>OR = 0.56</b> <b>(KI: 0.33 bis 0.95)</b>	-	<b>OR = 0.52</b> <b>(KI: 0.31 bis 0.87)</b>	-	-
<b>20 % vs. 80 %</b> < 0.87 vs. > 3.40	-	OR = 0.60 (KI: 0.30 bis 1.21)	-	OR = 0.51 (KI: 0.26 bis 1.01)	-	-
<b>20 bis 80 % vs. 80 %</b> 0.87 bis 3.40 vs. > 3.40	-	OR = 1.08 (KI: 0.61 bis 1.91)	-	OR = 0.98 (KI: 0.55 bis 1.76)	-	-
<b>Drehmoment in Nmh</b>						
<b>20 % vs. 20 bis 80 %</b> < 56.65 vs. 56.65 bis 192.36	-	-	-	<b>OR = 0.57</b> <b>(KI: 0.34 bis 0.95)</b>	OR = 0.75 (KI: 0.44 bis 1.29)	<b>OR = 0.56</b> <b>(KI: 0.33 bis 0.94)</b>
<b>20 % vs. 80 %</b> < 56.65 vs. > 192,36	-	-	-	OR = 1.21 (KI: 0.60 bis 2.44)	OR = 1.74 (KI: 0.78 bis 3.87)	OR = 1.25 (KI: 0.62 bis 2.51)
<b>20 bis 80 % vs. 80 %</b> 56.65 bis 192.36 vs. > 192.36	-	-	-	<b>OR = 2.13</b> <b>(KI: 1.17 bis 3.88)</b>	<b>OR = 2.32</b> <b>(KI: 1.16 bis 4.62)</b>	<b>OR = 2.24</b> <b>(KI: 1.23 bis 4.08)</b>
<b>Rumpfvorneigung in °s</b>						
<b>20 % vs. 20 bis 80 %</b> < 32436.56 vs. 32436.56 bis 158418.11	-	OR = 0.69 (KI: 0.41 bis 1.18)	-	-	-	-
<b>20 % vs. 80 %</b> < 32436.56 vs. > 158418.11	-	<b>OR = 0.39</b> <b>(KI: 0.20 bis 0.74)</b>	-	-	-	-
<b>20 bis 80 % vs. 80 %</b> 32436.56 bis 158418.11 vs. > 158418.11	-	OR = 0.69 (KI: 0.41 bis 1.18)	-	-	-	-
<b>Rumpfseitneigung in °s</b>						
<b>20 % vs. 20 bis 80 %</b> < 11920.30 vs. 11920.30 bis 39148.87	-	-	-	-	-	-
<b>20 % vs. 80 %</b> < 11920.30 vs. > 39148.87	-	-	-	-	-	-
<b>20 bis 80 % vs. 80 %</b> 11920.30 bis 39148.87 vs. > 39148.87	-	-	-	-	-	-
<b>Rückentorsion in °s</b>						
<b>20 % vs. 20 bis 80 %</b> < 29005.30 vs. 29005.30 bis 90569.41	-	OR = 0.65 (KI: 0.39 bis 1.09)	-	-	-	-
<b>20 % vs. 80 %</b> < 29005.30 vs. > 90569.41	-	OR = 0.56 (KI: 0.29 bis 1.05)	-	-	-	-
<b>20 bis 80 % vs. 80 %</b> 29005.30 bis 90569.41 vs. > 90569.41	-	OR = 0.86 (KI: 0.51 bis 1.45)	-	-	-	-
<b>Lastgewicht in kgs</b>						
<b>20 % vs. 20 bis 80 %</b> < 1179.04 vs. 1179.04 bis 24792.92	-	-	-	-	-	-
<b>20 % vs. 80 %</b> < 1179.04 vs. > 24792.94	-	-	-	-	-	-
<b>20 bis 80 % vs. 80 %</b> 1179.04 bis 24792.92 vs > 24792.94	-	-	-	-	-	-

#### 4 Methoden und Ergebnisse

Tabelle 39:  
Odds Ratios (OR) und Konfidenzintervalle (KI) in Bezug zu Brust- und Lendenwirbelsäule

Lendenwirbelsäule/ Brustwirbelsäule	Beschwerden sieben Tage	Beschwerden zwölf Monate	Beein- trächtigung	Screening auffällig	Funktionsdiag- nostik auffällig
<b>Kompressionskraft DK in kNh</b>					
<b>20 % vs. 20 bis 80 %</b> < 0.87 vs. 0.87 bis 3.40	-	-	-	<b>OR = 0.54</b> <b>(KI: 0.31 bis 0.95)</b>	<b>OR = 0.06</b> <b>(KI: 0.01 bis 0.46)</b>
<b>20 % vs. 80 %</b> < 0.87 vs. > 3.40	-	-	-	OR = 0.65 (KI: 0.31 bis 1.35)	<b>OR = 0.10</b> <b>(KI: 0.01 bis 0.79)</b>
<b>20 bis 80 % vs. 80 %</b> 0.87 bis 3.40 vs. > 3.40	-	-	-	OR = 1.20 (KI: 0.67 bis 2.18)	OR = 1.52 (KI: 0.64 bis 3.57)
<b>Drehmoment in Nmh</b>					
<b>20 % vs. 20 bis 80 %</b> < 56.65 vs. 56.65 bis 192.36	-	-	-	-	OR = 0
<b>20 % vs. 80 %</b> < 56.65 vs. > 192,36	-	-	-	-	OR = 0
<b>20 bis 80 % vs. 80 %</b> 56.65 bis 192.36 vs. > 192.36	-	-	-	-	OR = 0.95 (KI: 0.44 bis 2.12)
<b>Rumpfvorneigung in °s</b>					
<b>20 % vs. 20 bis 80 %</b> < 32436.56 vs. 32436.56 bis 158418.11	-	OR = 1.28 (KI: 0.76 bis 2.16)	-	-	OR = 1.79 (KI: 0.76 bis 4.23)
<b>20 % vs. 80 %</b> < 32436.56 vs. > 158418.11	-	<b>OR = 2.07</b> <b>(KI: 1.08 bis 3.98)</b>	-	-	<b>OR = 0.27</b> <b>(KI: 0.12 bis 0.63)</b>
<b>20 bis 80 % vs. 80 %</b> 32436.56 bis 158418.11 vs. > 158418.11	-	OR = 1.62 (KI: 0.95 bis 2.77)	-	-	<b>OR = 0.15</b> <b>(KI: 0.08 bis 0.30)</b>
<b>Rumpfsitneigung in °s</b>					
<b>20 % vs. 20 bis 80 %</b> < 11920.30 vs. 11920.30 bis 39148.87	-	-	-	-	OR = 1.35 (KI: 0.59 bis 3.10)
<b>20 % vs. 80 %</b> < 11920.30 vs. > 39148.87	-	-	-	-	<b>OR = 0.34</b> <b>(KI: 0.14 bis 0.79)</b>
<b>20 bis 80 % vs. 80 %</b> 11920.30 bis 39148.87 vs. > 39148.87	-	-	-	-	<b>OR = 0.25</b> <b>(KI: 0.13 bis 0.49)</b>
<b>Rückentorsion in °s</b>					
<b>20 % vs. 20 bis 80 %</b> < 29005.30 vs. 29005.30 bis 90569.41	OR = 0.81 (KI: 0.48 bis 1.36)	-	<b>OR = 0.59</b> <b>(KI: 0.35 bis 0.98)</b>	-	OR = 0.48 (KI: 0.21 bis 1.13)
<b>20 % vs. 80 %</b> < 29005.30 vs. > 90569.41	OR = 1.37 (KI: 0.72 bis 2.60)	-	OR = 0.75 (KI: 0.40 bis 1.42)	-	OR = 1.07 (KI: 0.34 bis 3.35)
<b>20 bis 80 % vs. 80 %</b> 29005.30 bis 90569.41 vs. > 90569.41	OR = 1.70 (KI: 0.99 bis 2.91)	-	OR = 1.28 (KI: 0.75 bis 2.17)	-	OR = 2.23 (KI: 0.90 bis 5.52)
<b>Lastgewicht in kgs</b>					
<b>20 % vs. 20 bis 80 %</b> < 1179.04 vs. 1179.04 bis 24792.92	OR = 0.83 (KI: 0.49-1.41)	-	OR = 1.47 (KI: 0.88 bis 2.46)	-	OR = 1.56 (KI: 0.70 bis 3.48)
<b>20 % vs. 80 %</b> < 1179.04 vs. > 24792.94	OR = 1.62 (KI: 0.81 bis 3.24)	-	<b>OR = 2.17</b> <b>(KI: 1.08 bis 4.36)</b>	-	<b>OR = 0.30</b> <b>(KI: 0.13 bis 0.71)</b>
<b>20 bis 80 % vs. 80 %</b> 1179.04 bis 24792.92 vs. > 24792.94	<b>OR = 1.95</b> <b>(KI: 1.09 bis 3.49)</b>	-	OR = 1.48 (KI: 0.82 bis 2.66)	-	<b>OR = 0.19</b> <b>(KI: 0.10 bis 0.39)</b>

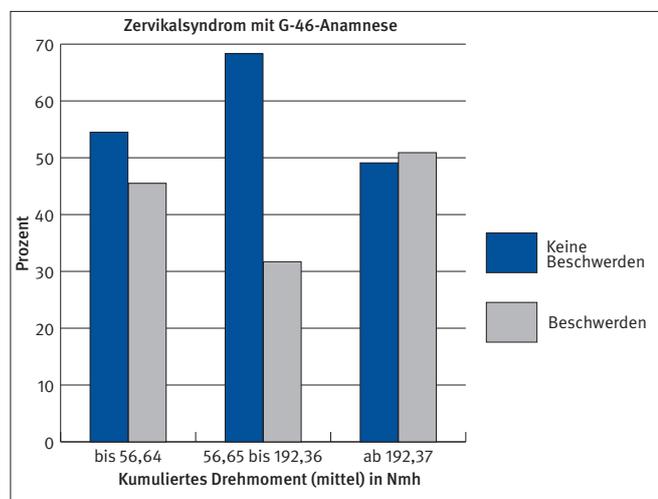
Wie aus den Ergebnissen der logistischen Regressionen in den Tabellen 38 und 39 ersichtlich, deuten sich in den einzelnen Belastungsarten U-förmige Verläufe an. So sieht man zum Beispiel in der Belastungsart des Drehmoments in den Odds Ratios einen zunächst protektiven Effekt in der Belastungszunahme auf den diagnostischen Endpunkt des Zervikalsyndroms von der niedrigen auf die mittlere Belastungsstufe. Dieser Effekt kehrt sich dann aber von der mittleren auf die oberste Belastungsstufe um, womit eine Zunahme der Belastung auch mit einem erhöhten Risiko für den medizinischen Endpunkt einhergeht. Nach der Klassifizierung von *Tichauer* [27] sind lumbale äußere Momente von bis zu 40 Nm einer geringen Belastung zuzuord-

nen, die nicht mit einem Überlastungsrisiko verbunden ist. Eine Arbeitsschicht (8 h), die mit diesen leichten Belastungen von ca. 40 Nm verbunden ist, führt zu einem kumulativen lumbalen Moment von ca. 320 Nmh. Anhand der Drehmoment-Expositionsklassen des hier betrachteten Kollektivs, bei der die höchste Expositionsgruppe bei ca. 192 Nmh beginnt, wird deutlich, dass hier keine hohen kumulativen Drehmoment-Expositionen vorgelegen haben. Zwischen den beiden Randgruppen, die beide einem relativ geringen kumulativen Drehmomentbereich zuzuordnen sind, sind folglich die Auswirkungen der Belastung, zusätzlich aufgrund des U-förmigen Verlaufs, nicht signifikant.

Zur besseren Veranschaulichung ist dieser Zusammenhang in Abbildung 20 dargestellt.

Abbildung 20:

Beispiel für den U-förmigen Verlauf zwischen der physischen Belastung des gemessenen Drehmoments auf den medizinisch diagnostischen Endpunkt des Zervikalsyndroms



Bei den gemessenen kumulierten Kompressionskräften beginnt die höchste Expositions-kategorie (5. Quintil) im hier betrachteten Kollektiv bei 3,4 kNh. Die Dosiswerte wurden in dieser Untersuchung mit einem niederschweligen Dosismodell (Dosismodell 5 der Deutschen Wirbelsäulenstudie, [28]) berechnet. Bei diesem gehen Rumpfvorneigungen bereits ab einem Neigungswinkel von 45° und Druckkräfte ab einer Druckkraftschwelle von 2 kN in die Dosisberechnung mit ein. Hieraus wird deutlich, dass die gemessenen Druckkräfte deutlich unter denen von höher exponierten Kollektiven (Bauberufe lägen überwiegend oberhalb von 5 kNh) und damit maximal in einem mittleren Expositions-bereich liegen. Dies könnte der Grund dafür sein, dass keine signifikant erhöhten Beschwerdehäufigkeiten (Hals-, Brust- und Lendenwirbelsäule) für höher exponierte Versuchspersonen bei der Auswertung der kumulierten lumbalen Kompressionskräfte ermittelt werden konnten.

Bei der Auswertung der kumulativen Lastenhandhabung finden sich signifikant erhöhte Beschwerden/Beeinträchtigungen der Brust- und Lendenwirbelsäule bei der höchsten Expositionsgruppe (> 24 792 kgs Lastenhandhabung pro Tag, vgl. Tabelle 38). In der Deutschen Wirbelsäulenstudie [50] wurde für die männliche Kontrollgruppe, die aus der Wohnbevölkerung rekrutiert wurde, ein Median von ca. 295 kgs für kumulative Expositionen durch Hebe-/Halte-/Umsetzvorgänge und ca. 1 650 kgs für Tragevorgänge pro Arbeitstag ermittelt. Diese Werte entsprechen ungefähr der untersten Expositions-kategorie (1. Quintil) der hier untersuchten Zerspanungsmechaniker. Somit wurden z. T. erhöhte kumulative Lastenhandhabungen in dieser Untersuchung ermittelt, jedoch waren die gehandhabten Lastgewichte nicht so schwer, dass dies zu einer hohen kumulativen Kompressionsbelastung der Lendenwirbelsäule geführt hat. Überwiegend wurden keine hohen Lastgewichte gehandhabt, die jedoch bei hohen Häufigkeiten auch erhöhte Beschwerden im Brust- und Lendenwirbelsäulenbereich zur Folge hatten.

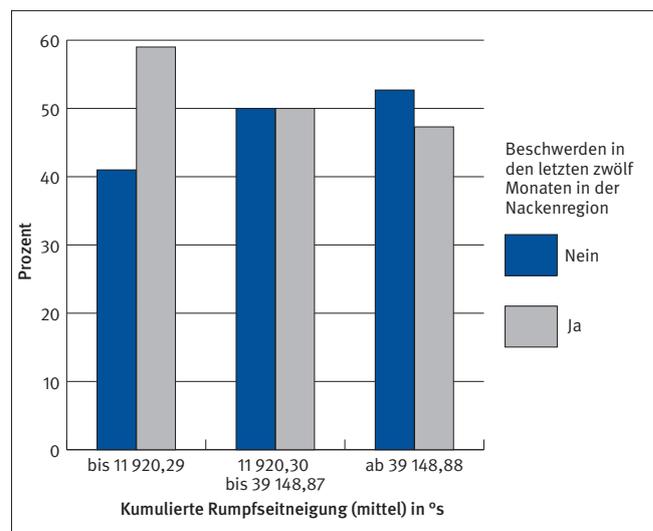
Neben der geringen Anzahl an Zusammenhängen ist bei der Interpretation der Korrelationen von Tabelle 37 bei den gefundenen negativen Zusammenhängen weiterhin zu berücksichtigen, dass eine negative Korrelation auch dann vorliegen kann, wenn aufgrund von Einschränkungen in der Variablenstreuung nur ein Teil der möglichen Verteilung in der gemessenen Stichprobe erfasst werden konnte. So deuten die deskriptiven Auswertungen der physischen Belastungen darauf hin, dass die untersuchten Arbeitsplätze ein eher geringes Maß an physischen Belastungen aufwiesen (siehe Abschnitt 4.2.2 „Deskriptive Auswertung der physischen Belastungen“).

Dies betrifft annähernd alle untersuchten Belastungsarten mit Ausnahme der Rumpfvorneigungen, die bei der untersuchten Berufsgruppe zum Teil aufgrund ungünstiger Arbeitshöhenanpassungen als relevanter Belastungsfaktor identifiziert werden konnten. Die sonstige ergonomische Gestaltung der Arbeitsplätze war überwiegend gut, sodass z. B. wenige unsymmetrische Oberkörperhaltungen gemessen wurden.

Um diesen möglichen Sachverhalt zu veranschaulichen, findet sich in Abbildung 21 beispielhaft der negative Zusammenhang zwischen der Belastungsart der Rumpfsseitneigung und den Nackenbeschwerden in den letzten zwölf Monaten.

Abbildung 21:

Beispiel für den negativen Verlauf zwischen der physischen Belastung der gemessenen Rumpfsseitneigung auf den anamnestischen Endpunkt der Nackenbeschwerden in den letzten zwölf Monaten



#### Ableitung eines neuen Schwellenwerts für die Rumpfvorneigung

Aufgrund der vorliegenden Ergebnisse ist zu den Belastungsarten festzuhalten, dass es aufgrund der eher geringen Belastungen der überwiegenden Anzahl der verschiedenen physischen Belastungsparameter nicht gelingen kann, klare Zusammenhänge der erwarteten Dosis-Effekt-Beziehungen aufzufinden. Die Belastungsart, die in ausreichend hohem Maße vorkam, ist die Rumpfvorneigung. Signifikant höhere LWS- und HWS-Beschwerden wurden hier in der höchsten Expositions-kategorie, die bei kumulativen Rumpfvorneigungen (> 20°) in Höhe von ca. 158 000 °s beginnt, gefunden. Dies deutet darauf hin, dass die derzeitige Auslöseschwelle der Checkliste BGI/GUV-I 504-46 „Handlungsanleitung für die arbeitsmedizinische Vor-

sorge nach dem Berufsgenossenschaftlichen Grundsatz G 46“, in der zurzeit eine erhöhte Belastung ab etwa 20° Rumpfbeugehaltung für eine Dauer ab einer Stunde pro Arbeitstag festgelegt ist, den vorliegenden Ergebnissen angepasst werden sollte. Signifikant erhöhte Beschwerden wurden in dieser Studie ab einer Schwelle von kumulativen leichten Rumpfeignungen (20° Inklination) von ca. zwei Stunden pro Tag bzw. stärkeren Rumpfeignungen (45° Inklination) von ca. einer Stunde pro Tag gefunden.

*Ableitung neuer Schwellenwerte für die Lastenhandhabung*

Die derzeitige Auslöseschwelle der Lastenhandhabung in der Checkliste BGI/GUV-I 504-46 „Handlungsanleitung für die arbeitsmedizinische Vorsorge nach dem Berufsgenossenschaftlichen Grundsatz G 46“ liegt bei Lastengewichten von 10 bis 15 kg für Männer bei 100 Hebevorgängen bzw. 60 Tragevorgängen von mehr als ca. fünf Sekunden Dauer pro Arbeitstag. Die hiermit verbundenen kumulativen Lastgewichtshandhabungen von ca. > 3 000 kgs pro Arbeitsschicht liegen deutlich unter der in dieser Untersuchung ermittelten höchsten Expositionskategorie von > ca. 24 000 kgs Lastenhandhabung pro Tag, in der signifikant erhöhte Brust- und Lendenwirbelsäulen-Beschwerden/ Beeinträchtigungen gefunden wurden. Daher kann über eine Anhebung dieser niedrigen Auslöseschwellen nachgedacht werden. Hierbei ist allerdings zu berücksichtigen, dass im hier untersuchten Kollektiv der Zerspanungsmechaniker und -mechanikerinnen die Handhabung hoher Lastgewichte nicht betrachtet

wurde und daher diesbezüglich keine Empfehlungen abgeleitet werden können.

*Die Handlungshilfe nach BGI-504-46*

Nach den ausführlichen Darstellungen der Ergebnisse zu den physischen Belastungsfaktoren aus der umfangreichen CUELA-Messung soll nun die Güte der in der Praxis vorgesehenen Herangehensweise für die Durchführung des G 46 näher betrachtet werden. Entsprechend dem Vorgehen bei der medizinischen Untersuchung wird nun die Klassifikationsgüte des G 46 untersucht, wenn eine Vorauswahl der Teilnehmenden über die Checkliste BGI 504-46 in einer Gefährdungsbeurteilung erfolgt ist. Tabelle 40 zeigt die entsprechenden Kennwerte.

In Tabelle 40 sind die Kennwerte der Klassifikationsgüte des G 46 dargestellt, wenn man das Angebot über die Selektion nach BGI 504-46 steuern würde. Hier zeigt sich im Vergleich zu den Kennwerten in Tabelle 36 insgesamt keine Verbesserung, aber auch keine wesentliche Verschlechterung der Kennzahlen. Dies bedeutet, dass die BGI 504-46 zu einer Selektion führt, die eine kleinere Gruppe zur Untersuchung bringt. Jedoch grenzt die BGI 504-46 in dieser Kohorte keine „Hochrisikogruppe“ ein. Die Kennzahlen in der selektierten Subgruppe bleiben weitgehend identisch. Daher müssten ggf. erhöhte Belastungsschwellen oder weitere Verfahren zu einer besseren Eingrenzung von Untergruppen, denen ein Angebot zur Vorsorge gemacht werden sollte, geprüft werden.

Tabelle 40: Kennwerte der Klassifikationsgüte des G 46 nach Angebot über die BGI 504-46

	Stufenschema aus der Praxis	Anamnese auf Funktionsdiagnostik	Screening auf Funktionsdiagnostik
<b>Halswirbelsäule</b>			
Sensitivität	0,78	0,57	0,59
Spezifität	0,49	0,59	0,86
<b>Positiver Vorhersagewert</b>	<b>0,72</b>	<b>0,70</b>	<b>0,88</b>
Negativer Vorhersagewert	0,57	0,45	0,55
<b>Lendenwirbelsäule/Brustwirbelsäule</b>			
Sensitivität	0,81	0,55	0,64
Spezifität	0,31	0,53	0,64
<b>Positiver Vorhersagewert</b>	<b>0,84</b>	<b>0,84</b>	<b>0,89</b>
Negativer Vorhersagewert	0,26	0,20	0,28

**4.5.2 Zusammenhänge mit psychosozialen Risikofaktoren**

*Erhobene psychosoziale Risikofaktoren aus dem G 46*

Die Berücksichtigung psychosozialer Risikofaktoren und individueller Gefährdungen ist bereits in der Anamnese des G 46 vorgesehen. Zum einen wird das Vorkommen psychisch belastender Arbeitssituationen erfragt und zwar speziell, ob durch Arbeiten unter Zeitdruck oder psychisch belastende Arbeitssituationen Schmerzen oder Beschwerden verursacht werden. Zum anderen werden in der weiteren Anamnese die Einschätzungen der Teilnehmenden hinsichtlich beruflicher Schonung, der

zukünftig erlebten Arbeitsfähigkeit und der Antizipation von Schwierigkeiten aufgrund körperlicher Beschwerden erfasst. Speziell werden folgende Gegebenheiten befragt: „Glauben Sie, dass sich Ihre Beschwerden bessern, wenn Sie die körperlichen Berufsbelastungen verringern?“ (Schonung), „Glauben Sie, dass Sie mit Ihren Beschwerden Ihre Arbeit noch viele Jahre ausüben können?“ (Arbeitsfähigkeit), und „Stimmen Sie der folgenden Aussage zu?, „Wegen meiner Beschwerden sehe ich große berufliche Schwierigkeiten auf mich zukommen.“ (Antizipation beruflicher Schwierigkeiten). Diese Fragen zur individuellen Einschätzung konnten entweder bejaht oder verneint werden. Die Verteilung der Antworten ist in Tabelle 41 wiedergegeben.

Tabelle 41:  
Vorkommen psychosozialer Risikofaktoren aus der G-46-Anamnese

Belastung	Verursacht/verstärkt Schmerzen/Beschwerden	Verursacht/verstärkt Schmerzen/Beschwerden nicht	Belastung kommt nicht vor
Belastung durch Arbeiten mit Zeitdruck (N = 382)	27,5 % (105)	66,8 % (255)	5,6 % (22)
Psychisch belastende Arbeitssituation (N = 379)	20,6 % (78)	66,2 % (251)	13,2 % (50)
	<b>Nein</b>	<b>Ja</b>	
Schonung (N = 327)	56 % (183)	44 % (144)	
Arbeitsfähigkeit (N = 339)	24,2 % (82)	78,8 % (257)	
Erwartete Schwierigkeiten (N = 344)	82,3 % (283)	17,7 % (61)	

Insgesamt ist festzuhalten, dass bei der Mehrheit der erfolgten Angaben und Einschätzungen das psychosoziale Risiko als eher gering in Bezug zu körperlichen Beschwerden an den untersuchten Arbeitsplätzen einzuschätzen ist. Als nächsten Schritt werden für die bereits im G 46 erfassten psychosozialen Risikoaspekte korrelative Zusammenhänge mit den Endpunkten dargestellt.

Aus Tabelle 42 ist festzuhalten, dass alle gefundenen Zusammenhänge in die erwartete Richtung laufen. So steht das Vorliegen von Arbeiten unter Zeitdruck mit dem vermehrten Vorhandensein von Beschwerden und Beeinträchtigungen sowohl der HWS als auch der LWS/BWS in Zusammenhang. Bezogen auf

weitere psychisch belastende Arbeitssituationen fand sich kein Zusammenhang mit den Endpunkten; diese Situation wurde allerdings auch nur von 78 Personen in Zusammenhang mit Beschwerden gebracht.

Weiterhin ist festzuhalten, dass die Zusammenhänge für die subjektiven Beschwerdeangaben signifikant waren, aber nicht für die objektiven Untersuchungsauffälligkeiten. Als einzige Ausnahme findet sich ein schwacher Zusammenhang zwischen dem Arbeiten unter Zeitdruck und Auffälligkeiten im Screening der LWS/BWS. Insgesamt fanden sich bei der LWS/BWS mehr Zusammenhänge als bei der HWS.

Tabelle 42:  
Korrelative Zusammenhänge (Kendall Thau B) der psychosozialen Faktoren des G 46 mit den Studienendpunkten

	Zeitdruck	Psychische Belastung	Schonung	Arbeitsfähigkeit	Erwartung von Schwierigkeiten
<b>Halswirbelsäule</b>					
Beschwerden sieben Tage	.15**	-	-	-	.14**
Beschwerden zwölf Monate	-	-	-	-	-
Beeinträchtigung	.17**	-	.15**	-.17**	.22**
Screening auffällig	-	-	-	-	-
Funktionsdiagnostik auffällig	-	-	-	-	-
Zervikalsyndrom	-	-	-	-	-
<b>Lendenwirbelsäule/Brustwirbelsäule</b>					
Beschwerden sieben Tage	.19**	-	.19**	-.14*	.25**
Beschwerden zwölf Monate	-	-	.16**	-	.13*
Beeinträchtigung	.12*	-	.21**	-.17**	.22**
Screening auffällig	.10*	-	-	-	-
Funktionsdiagnostik auffällig	-	-	-	-	-

\* p-Wert <.05; \*\* p-Wert <.01

#### Erhobene psychosoziale Risikofaktoren aus der psychosozialen Gefährdungsbeurteilung

Als zweiten Schritt zur Erschließung von Zusammenhängen zwischen den psychosozialen Risikofaktoren und den Endpunkten wurden korrelative Zusammenhänge aus der umfassenden psychosozialen Gefährdungsbeurteilung untersucht (Tabelle 43). Zunächst wurden die einzelnen Subskalen separat und anschließend zusammengefasst nach ihrem theoretischen Ursprung betrachtet. Das ISTA wird dabei sowohl in den Einzelskalen als

auch in den Superskalen getrennt analysiert. Die Ergebnisse werden hinsichtlich der zusammenhangsstärksten Risikofaktoren diskutiert. Überdies wird im Anschluss daran anhand der Varianzaufklärung der einzelnen Modelle – der umfangreichen psychosozialen Gefährdungsbeurteilung mittels ISTA und der Kurzbefragung mit dem FIT – diskutiert, welche Vor- und Nachteile sich daraus für die Handhabung einer dieser beiden Modelle ableiten lassen. Dies ist für die Ableitung eines Kurzscreenings relevant (siehe Abschnitt 4.6 „Kurzes psychisches Standardtool für den G 46“).

#### 4 Methoden und Ergebnisse

Tabelle 43:

Korrelative Zusammenhänge (Spearman rho) der psychosozialen Faktoren der Gefährdungsbeurteilung mittels ISTA (Superskalen) mit den Studienendpunkten

	Anforderungen (FB)	Kontrolle (FB)	Stressoren (F)
<b>Halswirbelsäule</b>			
Beschwerden sieben Tage	-	-	.10*
Beschwerden zwölf Tage	-	-	-
Beeinträchtigung	-	-	.11*
Screening auffällig	-	-	-
Funktionsdiagnostik auffällig	-	-	-
Zervikalsyndrom	-10*	-11*	-
<b>Lendenwirbelsäule/Brustwirbelsäule</b>			
Beschwerden sieben Tage	-10*	-	-
Beschwerden zwölf Tage	-	-	-
Beeinträchtigung	-	-.09*	-
Screening auffällig	-	-	.08*
Funktionsdiagnostik auffällig	-	-	-

F = Fragebogendaten, FB = gemittelte Daten aus Fragebogen und Beobachtung; \*: p-Wert < .05; \*\*: p-Wert < .01

In den Tabellen 44 bis 47 sind die korrelativen Zusammenhänge der einzelnen von den Instrumenten definierten Subskalen aufgeführt. Insgesamt finden sich über alle Konstrukte hinweg kleine Effektstärken von  $r = |.08|$  bis  $r = |.18|$  für die vorliegenden Endpunkte an Muskel-Skelett-Beschwerden [51]. In Anbetracht der unterschiedlichen Datenquellen der erhobenen Informationen (Selbstbericht der Studienteilnehmer vs. betriebsärztliche Untersuchung) ist dies auch zu erwarten. Arbeitsorganisatorische Probleme und Arbeitsplatzunsicherheit treten als konsistenteste Gefährdung für den Muskel-Skelett-Bereich auf und soziale Unterstützung von Vorgesetzten und Kollegen als

konsistenteste Ressource. Betrachtet man die Effektstärken aus den Varianzaufklärungen der einzelnen Modelle (Variablen eines erweiterten Karasek-Modells einschließlich sozialer Unterstützung und Arbeitsplatzunsicherheit sowie ISTA-Verfahren), erreicht das ISTA über seine Variablenvielfalt mittlere bis starke Effektstärkemaße von  $f^2 = 0,08$  bis  $0,45$ . Allerdings erreicht das erweiterte Karasek-Modell auch mittlere Effektstärken bis  $f^2 = 0,18$  für die Ergebnisse der ärztlichen Untersuchung. Hier gilt es nun, Kosten und Nutzen gegeneinander abzuwägen und für die Praxis ein Vorgehen auszuwählen, das den größten prä-diktiven Nutzen bei überschaubaren Kosten berücksichtigt.

Tabelle 44:

Korrelation (Spearman rho) der ISTA-Einzelskalen (Anforderungen und Ressourcen) mit den Studienendpunkten

	Qualifikations- erfordernisse	Arbeits- komplexität	Variabilität	Handlungs- spielraum	Zeitspiel- raum	Kommunika- tionsmöglich- keiten	Kooperations- spielraum
<b>Halswirbelsäule</b>							
Beschwerden sieben Tage	-	-	-	-	-.11*	-	-
Beschwerden zwölf Monate	-	-	-	-	-	-	-
Beeinträchtigung	-	-	-	-	-	-	-
Screening auffällig	-	-	-	-	-	-	-
Funktionsdiagnostik auffällig	-	-	-	-	-	-	-
Zervikalsyndrom	-	-	-	-	-	-	-
<b>Lendenwirbelsäule/Brustwirbelsäule</b>							
Beschwerden sieben Tage	-.10*	-.11*	-	-	-	-	-
Beschwerden zwölf Monate	-	-	-	-	-	-	-
Beeinträchtigung	-	-.11*	-	-.12*	-	-	-
Screening auffällig	-	-	-	-	-	-	-.18**
Funktionsdiagnostik auffällig	-	-	-	-	-	-	-

\*: p-Wert < .05; \*\*: p-Wert < .01

Tabelle 45:  
Korrelationen (Spearman rho) der ISTA-Einzelskalen (Stressoren) mit den Studienendpunkten

	Unsicherheit <sup>1)</sup>	AOP <sup>1)</sup>	Unterbrechungen <sup>1)</sup>	Konzentrationsanforderungen <sup>1)</sup>	Zeitdruck <sup>1)</sup>	Kooperationsenge	Kooperationsanforderungen
<b>Halswirbelsäule</b>							
Beschwerden sieben Tage	-	.14**	-	-	.11*	-	-
Beschwerden zwölf Monate	.12*	.18**	-	-	-	-	-
Beeinträchtigung	-	.16**	-	-	-	-	-
Screening auffällig	-	-	-	-	-	-	-
Funktionsdiagnostik auffällig	-	-.11*	-	-	-	-	.16**
Zervikalsyndrom	-	-	-	-	-	-	-
<b>Lendenwirbelsäule/Brustwirbelsäule</b>							
Beschwerden sieben Tage	-	.12*	-	-	-	-	-
Beschwerden zwölf Monate	-	-	-	-	-	-	-
Beeinträchtigung	-	.11*	-	-	-	-	-
Screening auffällig	-	-	-	-	-	-	-.17*
Funktionsdiagnostik auffällig	-	-	-	-	-	.12*	-

AOP = Arbeitsorganisatorische Probleme, <sup>1)</sup> nur Fragebogenwerte; \*: p-Wert < .05; \*\*: p-Wert < .01

Tabelle 46:  
Korrelationen (Spearman rho) der ergänzenden psychosozialen Faktoren aus der Gefährdungsbeurteilung mit den Studienendpunkten

	Anforderungen (FIT)	Kontrolle (FIT)	Soziale Unterstützung Vorgesetzter	Soziale Unterstützung Kollegen	Arbeitsplatzunsicherheit
<b>Halswirbelsäule</b>					
Beschwerden sieben Tage	.10*		-.13**	-.10*	.19**
Beschwerden zwölf Monate			-.15**		
Beeinträchtigung	.13**		-.12*	-.14**	.11*
Screening auffällig				-.17**	.13*
Funktionsdiagnostik auffällig				-.15**	.14**
Zervikalsyndrom			-.11*	-.17**	.12*
<b>Lendenwirbelsäule/Brustwirbelsäule</b>					
Beschwerden sieben Tage	.11*	-.11*	-.12*		.15**
Beschwerden zwölf Monate					
Beeinträchtigung	.13**	-.14**	-.16**	-.14**	.11*
Screening auffällig					
Funktionsdiagnostik auffällig	-.11*				

\*: p-Wert < .05; \*\*: p-Wert < .01

Tabelle 47:  
 Varianzaufklärungen (Nagelkerkes R<sup>2</sup>) der einzelnen Gefährdungsbeurteilungen auf die einzelnen Studienendpunkte

	erweitertes Karasek-Modell (FIT)	ISTA (Gesamt)	ISTA (Superskalen)	ISTA (Anforderungen)	ISTA (Ressourcen)	ISTA (Stressoren)
<b>Halswirbelsäule</b>						
Beschwerden sieben Tage	.12***	.17	.08**	.06*	.09**	.08
Beschwerden zwölf Monate	.10**	.16	.05*	.05*	.05	.07
Beeinträchtigung	.12***	.15	.05*	.04	.05	.09
Screening auffällig	.12***	.13	.09***	.09***	.10**	.10
Funktionsdiagnostik auffällig	.13***	.31**	.10***	.11**	.16***	.20**
Zervikalsyndrom	.15***	.20	.13***	.14***	.13***	.14*
<b>Lendenwirbelsäule/Brustwirbelsäule</b>						
Beschwerden sieben Tage	.09**	.20	.08**	.07**	.04	.14*
Beschwerden zwölf Monate	.02	.09	.00	.02	.01	.06
Beeinträchtigung	.11***	.25*	.06**	.06**	.07*	.16*
Screening auffällig	.08**	.26*	.10***	.08**	.08**	.11
Funktionsdiagnostik auffällig	.10**	.15	.06	.05	0.8**	.10

\* p-Wert < .05; \*\* p-Wert < .01; \*\*\* p-Wert < .001. Grau hinterlegte Werte sind entweder nicht signifikant oder nur aufgrund der Kontrollvariable (Alter, Geschlecht) signifikant.

#### 4.6 Kurzes psychisches Standardtool für den G 46

Aus den bisherigen Ergebnissen kann festgehalten werden, dass die bereits in der Anamnese des G 46 vorgesehenen Items zur Berücksichtigung eventueller psychosozialer Gefährdungen am Arbeitsplatz und beim Individuum prädiktiv sind, bezogen auf die von den Beschäftigten angegebenen Beschwerden. Die ergänzenden Informationen der psychosozialen Gefährdungsbeurteilung hingegen liefern zusätzlich Zusammenhänge bezüglich der ärztlichen Untersuchungsergebnisse. Dabei sind vor allem Arbeitsplatzstressoren relevant, die sich aus arbeitsorganisatorischen Problemen aufgrund von Behinderungen der Arbeitsabläufe durch mangelnde oder fehlerhafte Materialien oder Informationen ergeben. Hierbei ist zu berücksichtigen, dass die Datenquelle dieser Subskala in der vorliegenden Studie aufgrund der gegebenen internen Konsistenzen rein auf den Befragungswerten der Gefährdungsanalyse beruht. Zusätzlich zu den arbeitsorganisatorischen Problemen hat sich die erfragte Arbeitsplatzunsicherheit als relevanter Stressor herauskristallisiert. Die wichtigste erfragte Ressource hingegen stellt die erfahrene soziale Unterstützung durch Kollegen und Vorgesetzte dar.

Dieses Ergebnis ist dahingehend positiv zu bewerten, als dass sich auch in anderen Studien die Relevanz genau dieser Konstrukte aus verschiedensten Arbeitsplatzbedingungen herauskristallisiert hat. So konnte meta-analytisch gezeigt werden, dass situationale Einschränkungen am Arbeitsplatz und Arbeitsgegebenheiten, die in Abhängigkeit von den Vorgesetzten bestehen, in Anlehnung an das transaktionale Stressmodell von Lazarus und Folkman (worauf sich auch das ISTA stützt) die beiden Arbeitsplatzbedingungen mit dem stärksten Stressorenpotenzial darstellen [52]. Eine weitere Meta-Analyse fand in ähnlicher Form, dass unter prospektiven Primärstudien eine gute Evidenz für die Entwicklung gesundheitlicher Probleme aus Gründen der Arbeitsbelastungen durch sowohl organisationale Behinderungen als auch interpersonelle Konflikte hervorgeht [53]. Weiterhin konnte eine Studie unter Verwendung des ISTA

zeigen, dass in Bezug auf gesundheitliche Symptome unter den ISTA-Skalen nur die arbeitsorganisatorischen Probleme einen signifikanten Einfluss zeigten. Weiterhin wurden auch soziale Stressoren als relevante Einflussgröße gefunden [54].

Daher wäre für eine Ergänzung der Anamnese im G 46 die Abfrage der beiden psychosozialen Gefährdungen „Mangel an sozialer Unterstützung“ vor allem durch den Vorgesetzten (oder auch den Kollegen) und dem Vorliegen arbeitsorganisatorischer Probleme sowie die Abfrage der erlebten Arbeitsplatzunsicherheit sinnvoll. Das Vorkommen solcher Stressoren am Arbeitsplatz sollte betriebsärztlich als Zeichen für die zusätzlich erhöhte Gefährdung hinsichtlich muskuloskelettaler Beschwerden gedeutet werden und am Arbeitsplatz, aber auch in der Beratung als zu behandelnder Aspekt im Rahmen der Präventionsarbeit Berücksichtigung finden.

#### 4.7 Praktikabilität des G 46

Um die Praktikabilität bei der Durchführung des G 46 aus Sicht des untersuchenden ärztlichen Personals und der teilnehmenden Beschäftigten in den Betrieben einzuschätzen, wurden die Betroffenen separat schriftlich befragt. In Anlehnung an die Evaluationskriterien nach Kirkpatrick [55] gaben 382 Studienteilnehmer sowie zehn ausführende Fachärzte mittels standardisierter schriftlicher Fragebogen ihre Meinung und Einstellung zu verschiedenen Aspekten des G 46 ab. Die Antwortoptionen auf die gestellten Meinungs- und Einstellungsfragen waren bis auf die Angaben zur Schulung der Ärzte fünfstufig. Dabei entsprach der Wert 1 einer hohen Übereinstimmung oder Einschätzung und 5 einer niedrigen Übereinstimmung oder Einschätzung. Zusätzlich bestand die Option offener Kommentare zu den Fragen, die nur beispielhaft oder inhaltlich zusammengefasst wiedergegeben werden. Aufgrund des Querschnittscharakters der Studie lagen die Kriterienswerpunkte bei

- (a) der allgemeinen Bewertung des Themas Muskel-Skelett-Beschwerden und speziell des G 46,
- (b) den Gegebenheiten während der Durchführung des G 46 und
- (c) der Einschätzung des präventiven Charakters der Untersuchung.

Die durchführenden Ärztinnen und Ärzte hatten im Schnitt sieben Jahre ihre Qualifikation als Facharzt für Arbeitsmedizin (Range = 1992 bis 2010). Davon hatten sechs weitere Facharztbezeichnungen sowie weitere Zusatzausbildungen. Bereits ausgeübte Tätigkeiten in der Orthopädie gaben drei Untersuchende an; zwei Personen haben den G 46 bereits vor der Studie in ihrer eigenen betrieblichen Praxis durchgeführt.

Die Ärzte hielten die eintägig durchgeführte fokus-Schulung für ausreichend (eher ja, Mittelwert ( $M$ ) = 1,80; Standardabweichung ( $SD$ ) = 0,91), um die G-46-Untersuchung kompetent durchzuführen. Dabei haben sich alle bis auf einen vor allem mit dem Handbuch und der DVD zusätzlich auf die Untersuchungen vorbereitet. Ohne die Schulung hätten sie sich eher nicht in der Lage gesehen ( $M$  = 3,10;  $SD$  = 0,56), die Untersuchung kompetent durchzuführen.

Die Untersuchten gaben an, die Untersuchungen als kompetent wahrzunehmen ( $M$  = 1,87;  $SD$  = 0,78).

- a) Die Relevanz von Muskel-Skelett-Beschwerden für den beruflichen Alltag erachteten besonders die Ärzte als sehr relevant ( $M$  = 1,20,  $SD$  = 0,42), u. a. aufgrund der wahrgenommenen Häufung von Beschwerden seitens der Beschäftigten. Aber auch die Studienteilnehmer sahen die Muskel-Skelett-Thematik – wohl aus Gründen ihrer körperlichen Tätigkeit – als relevant an ( $M$  = 1,57;  $SD$  = 0,72).

Dementsprechend schätzten sowohl die Ärzte ( $M$  = 2,20;  $SD$  = 1,14) als auch die Teilnehmer ( $M$  = 1,63;  $SD$  = 0,72) die Durchführung einer routinemäßigen Vorsorgeuntersuchung für Muskel-Skelett-Beschwerden als wichtig ein.

Bezogen auf die Freiwilligkeit der Teilnahme von Beschäftigten in Betrieben bewerteten die Ärzte die Bereitschaft zur Teilnahme als mittelmäßig ( $M$  = 2,60;  $SD$  = 0,52). Die Studienteilnehmer hingegen gaben an, dass sie eher dazu bereit wären, an einer solchen Vorsorgeuntersuchung teilzunehmen ( $M$  = 1,87;  $SD$  = 0,96).

- b) Die erlebte Durchführung des G 46 galt insgesamt als durchschnittlich. Zwar gaben die Ärzte an, dass die Räumlichkeiten und die Ausstattung im Studienbetrieb für die Untersuchung gut waren (Räumlichkeiten:  $M$  = 2,40;  $SD$  = 1,08; Ausstattung:  $M$  = 2,10;  $SD$  = 0,99). Allerdings waren die Angaben für die Räumlichkeiten in den normalerweise betreuten Betrieben weniger hoch ausgeprägt ( $M$  = 2,97;  $SD$  = 0,74) und damit nur mittelmäßig. Gleiches galt für die Ausstattung der normalerweise betreuten Betriebe ( $M$  = 2,90;  $SD$  = 0,88). Weiterhin wurde die Durchführung des G 46 als mittelmäßig anstrengend erlebt ( $M$  = 3,10;  $SD$  = 0,99). Die zeitliche Durchführung hingegen wurde

als gut bewertet – sowohl von ärztlicher Seite ( $M$  = 2,20;  $SD$  = 1,32) als auch von Teilnehmerseite ( $M$  = 2,73, 0,74). Die Untersucher haben auch die Einschätzung, dass die Zeit praktikabel ist, wenn man die Untersuchung in Betrieben nach dem vorgesehenen Stufenschema durchführen würde ( $M$  = 2,00;  $SD$  = 0,67).

- c) Bezogen auf den Nutzen der Untersuchung für den (betrieblichen) Alltag geben die Ärzte leicht positivere Einschätzungen ab als die Beschäftigten. Die Ärzte schätzen den praktischen Nutzen für den Alltag der Mitarbeiter groß ein ( $M$  = 2,4;  $SD$  = 0,97). Sie stimmen eher zu, dass sich aus der Untersuchung sinnvolle Maßnahmen zur Prävention von Muskel-Skelett-Erkrankungen ableiten lassen. So war aus einem Kommentar zu sehen, dass sich der Arzt aufgrund der Untersuchung einige Arbeitsplätze genauer anschauen wird. Die Teilnehmenden sahen für sich einen mittelmäßigen Nutzen ( $M$  = 2,73;  $SD$  = 0,93). Aus den Kommentaren ist zu erkennen, dass ein Zweifel über die zu erfolgenden betrieblichen Veränderungen besteht, ohne die eine Ursachenbehebung nicht eintreten kann. Auch die Ärzte geben an, dass sie es nur für eventuell wahrscheinlich erachten, dass der Betrieb speziell beim Problem von Muskel-Skelett-Beschwerden ihre Präventionsvorschläge umsetzt ( $M$  = 3,13;  $SD$  = 0,84).

Insgesamt waren die Einschätzungen der einzelnen Kriterienbereiche also weitgehend übereinstimmend zwischen den befragten Gruppen. So wurden die Relevanz des Themas und die Wichtigkeit der Vorsorgeuntersuchung von beiden Seiten als hoch eingeschätzt. Die Durchführungsbedingungen (Räumlichkeiten, Zeitbedarf) wurden beidseitig für gut bis durchschnittlich eingestuft. Ebenso schätzten beide Gruppen die praktische Relevanz und damit den Präventivcharakter des G 46 als gut bis mittelmäßig ein.

Über offene Kommentare wurden am Schluss der Befragung von beiden Gruppen Verbesserungsvorschläge für die Untersuchung erbeten. Unter den Untersuchern gab es sechs Rückmeldungen, wovon vier keine Verbesserungsvorschläge angaben. Eine Person verwies auf den Mangel an der nötigen Zeit und die andere auf die Ergänzung um eine konkrete Schulung mit Präventionsvorschlägen.

Bei den Teilnehmenden gaben insgesamt 129 Personen eine schriftliche Rückmeldung. Die Mehrheit von 71 Personen kommentierten lediglich ihre Zufriedenheit mit der Untersuchung oder dass sie sich als Laie nicht in der Lage sähen, eine Verbesserung an einer medizinischen Untersuchung vorzuschlagen. Immerhin gaben 17 Personen an, dass sie sich in der Untersuchung mehr Beratung zur Prävention und Intervention wünschen würden.

In Bezug auf die praktische Relevanz wäre also zu überlegen, ob sowohl die Schulung als auch die Untersuchung um eine konkrete Anleitung zu Präventionsempfehlungen bei spezifischen Funktionseinschränkungen zu erweitern sind. Ebenso deuten die Ergebnisse darauf hin, dass die Ärzte sensibilisiert werden sollten, von welcher Wichtigkeit die Kommunikation an die Betriebe über die Möglichkeit der Arbeitsplatzgestaltung als Präventivmaßnahme ist.

### 4.8 Rückschlüsse für die Verordnung für arbeitsmedizinische Vorsorge (ArbMedVV)

Im Hinblick auf die Bedeutung von Belastungen und Beanspruchungen des muskuloskelettalen Systems in der Arbeitswelt und daraus resultierenden Einschränkungen der Beschäftigungsfähigkeit haben geeignete Instrumente der Vorsorge, die gezielten Interventionsbedarf anzeigen, eine hohe Bedeutung. Im Rahmen dieser Studie sollten die Praktikabilität und die Wirksamkeit des DGUV-Grundsatzes G 46 geprüft und Hinweise für eine evtl. Weiterentwicklung erarbeitet werden.

Die hohe Prävalenz von Beschwerden und funktionellen Auffälligkeiten im Bereich des Muskel-Skelett-Systems in der untersuchten Kohorte unterstreicht die große Bedeutung präventiver Maßnahmen einschließlich geeigneter Früherkennungskonzepte wie der arbeitsmedizinischen Vorsorge, sodass eine Verankerung in der ArbMedVV sinnvoll ist.

Wichtig für die sinnvolle Anwendung des hier geprüften Instruments in der betrieblichen Praxis sind die

- geeignete Auswahl von den Personengruppen, die von der Untersuchung präventiv profitieren („Treffsicherheit der Methode“),
- Akzeptanz von untersuchten Personen und ärztlichem Personal,
- Praktikabilität und
- langfristige Wirksamkeit der arbeitsmedizinischen Vorsorge.

Im Hinblick auf die Eingrenzung geeigneter Risikogruppen wurden im Rahmen der Studie für den Risikofaktor Rumpfvorneigung Schwellenwerte ermittelt, die als Auswahlkriterium in Betracht kommen. Weitere Belastungsfaktoren waren bei der untersuchten Kohorte zu homogen verteilt, sodass keine „Schwellenwerte“ erarbeitet werden konnten. Eindeutige Kriterien, die eine Pflichtvorsorge nach ArbMedVV nach sich ziehen könnten, sind anhand der vorliegenden Untersuchung daher derzeit nicht ableitbar.

Praktikabilität und Akzeptanz bei Beschäftigten und Ärzten waren sehr gut, sodass diesbezüglich eine Umsetzbarkeit in die Praxis gegeben ist. Zur langfristigen Wirksamkeit kann in der vorliegenden Studie keine Aussage getroffen werden. Dazu sind Längsschnittstudien erforderlich, die leider für den gesamten Bereich der arbeitsmedizinischen Vorsorge kaum vorliegen.

## 5 Veröffentlichungen

Seit dem Beginn des Forschungsvorhabens wurden mehrere Beiträge auf Fachkonferenzen und Tagungen veröffentlicht und dem Publikum vorgestellt. Dabei gab es seitens des Publikums mehrheitlich positive Resonanz.

### 5.1 Eingeladene Vorträge

*Ochsmann, E.; Lang, J.; Kraus, T.:* Praktikabilität, Wirksamkeit und Weiterentwicklung des DGUV Grundsatzes „G 46“ unter besonderer Berücksichtigung des Aspektes „Rückenschmerzen“. Eingeladener Vortrag im Arbeitskreis 1.7. Belastungen des Muskel-Skelett Systems der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung, Stuttgart, Februar 2014

*Ochsmann, E.:* Der G 46 im Fokus – erste Querschnittsergebnisse. Vortrag auf dem Deutschen Betriebsärztekongress, Weimar, Oktober 2012

### 5.2 Zeitschriften- und Tagungsbeiträge

*Kraus, T.; Lang, J.; Winkler, R.; Ellegast, R.; Bechmann, J.; Böser, C.; Ochsmann, E.:* Praktikabilität, Wirksamkeit und Weiterentwicklung des DGUV-Grundsatzes 46 unter besonderer Berücksichtigung des Aspektes „Rückenschmerzen“ – Studiendesign der ersten Querschnittsuntersuchung. Vortrag auf der wissenschaftlichen Jahrestagung der DGAUM in Bregenz, März 2013. In: Verhandlungen der Deutschen Gesellschaft für Arbeitsmedizin und Umweltmedizin (2013), S. 213-214

*Böser, C.; Bechmann, J.; Winkler, R.; Lang, J.; Kraus, T.; Ochsmann, E.; Ellegast, R.:* Physische Belastungen bei Tätigkeiten des Zerspanungsmechanikers. Vortrag auf der wissenschaftlichen Jahrestagung der DGAUM in Bregenz, März 2013. In: Verhandlungen der Deutschen Gesellschaft für Arbeitsmedizin und Umweltmedizin (2013), S. 215-218

*Ochsmann, E.; Winkler, R.; Lang, J.; Ellegast, R.; Bechmann, J.; Böser, C.; Kraus, T.:* Beschwerden und Funktionsstörungen des Muskel-Skelett-Systems bei Zerspanungsmechanikern. Vortrag auf der wissenschaftlichen Jahrestagung der DGAUM in Bregenz, Österreich, März 2013. In: Verhandlungen der Deutschen Gesellschaft für Arbeitsmedizin und Umweltmedizin (2013), S. 219-220

*Winkler, R.; Ochsmann, E.; Ellegast, R.; Bechmann, J.; Böser, C.; Kraus, T.; Lang, J.:* Psychosoziale Risikofaktoren an Arbeitsplätzen von Zerspanungsmechanikern. Vortrag auf der wissenschaftlichen Jahrestagung der DGAUM in Bregenz, Österreich, März 2013. In: Verhandlungen der Deutschen Gesellschaft für Arbeitsmedizin und Umweltmedizin (2013), S. 221-225

*Lang, J.; Ochsmann, E.; Winkler, R.; Ellegast, R.; Bechmann, J.; Böser, C.; Kraus, T.:* Die Praktikabilität des DGUV-Grundsatzes 46 aus Sicht von untersuchenden und untersuchten Personen. Vortrag auf der wissenschaftlichen Jahrestagung der DGAUM in Bregenz, Österreich, März 2013. In: Verhandlungen der Deutschen Gesellschaft für Arbeitsmedizin und Umweltmedizin (2013), S. 226

*Winkler, R.; Lang, J.; Bechmann, J.; Ellegast, R.; Kraus, T.; Ochsmann, E.:* Prädiktiver Einfluss psychosozialer Faktoren auf akute Beschwerden des Lendenwirbelsäulenbereichs und Nackens – erste Ergebnisse. Vortrag auf dem 16. Symposium Arbeitsmedizin und Arbeitswissenschaft für Nachwuchswissenschaftler des Forums Arbeitspsychologie der DGAUM, Bad Mündel, November 2012



## 6 Bewertung der Ergebnisse

### 6.1 Relevanz für Forschungszweck und -ziel

Bei der Ableitung von Erkenntnissen für die betriebliche Praxis aus den vorliegenden Studienergebnissen ist Folgendes zu berücksichtigen:

Insgesamt zeigte die Analyse der Belastungsfaktoren, dass die Zerspanungsmechaniker und -mechanikerinnen in der untersuchten Kohorte durchschnittlich relativ geringe Belastungen des Muskel-Skelett-Systems aufweisen (Ausnahme: Rumpfvorneigungen). Die relativ geringe Belastungsintensität und die relativ homogene Verteilung der Belastungsintensitäten führen zu statistischen Limitationen. Insbesondere Dosis-Effekt-Beziehungen sind bei relativ homogenen Verteilungen der Belastung schwer zu detektieren. Im untersuchten Kollektiv ergaben sich Hinweise für zum Teil U-förmige Dosis-Effekt-Zusammenhänge. Dies bedeutet, dass Beschwerden und funktionelle Auffälligkeiten bei relativ geringen und relativ hohen Belastungen häufiger sind und bei mittleren Belastungsintensitäten seltener auftreten.

Bei der Interpretation der erhobenen Befunde müssen auch die allgemein bekannten Schwächen von Querschnittsuntersuchungen Berücksichtigung finden. Erfahrungsgemäß sind in Querschnittsstudien besonders gesundheitlich beeinträchtigte Personen unterrepräsentiert (sogenannter „healthy worker effect“).

Eine weitere Schwäche des Studiendesigns liegt darin, dass mehrere Untersucher involviert waren, die die fokus-Methode angewandt haben. Zwar wurden alle Untersucher in gleicher Weise und von den gleichen Personen vor Beginn der Studie standardisiert geschult. Allerdings zeigen die Häufigkeitsverteilungen der festgestellten Befunde in den unterschiedlichen Firmen erhebliche Unterschiede, die auf eine nicht zu unterschätzende Interrater-Variabilität hindeuten. Dies kann nicht durch Belastungsunterschiede in den Firmen alleine erklärt werden und kann die Ergebnisse beeinflusst haben.

Leider konnte in der vorliegenden Studie der prädiktive Wert der Leitmerkmalmethode wegen zu geringer Fallzahlen in den Unterkategorien nicht geprüft werden. Es konnte aber gezeigt werden, dass die Checkliste BGI 504-46 zwar die Anzahl der zu untersuchenden Personen eingrenzte, im Hinblick auf die Eingrenzung von Risikopersonen aber alleine bei den hier untersuchten nicht hinreichend prädiktiv war. Bei der Belastungsart „Rumpfvorneigungen“, die in der Untersuchung in ausreichend hohem Maße vorkam, konnten aber Vorschläge für Belastungsschwellwerte, bei deren Überschreitung signifikant höhere LWS- und BWS-Beschwerden ermittelt wurden, abgeleitet werden.

Perspektivisch ist für die betriebliche Implementierung die weitere Entwicklung geeigneter Auswahlkriterien, die Risikogruppen zuverlässig eingrenzen, von hoher praktischer Bedeutung, um mit möglichst wenigen Untersuchungen möglichst viele präventiv relevante Fälle, die von einer Intervention profitieren würden, zu detektieren.

### 6.2 Schlussfolgerungen

Unter Bezugnahme auf die Diskussion (Abschnitt 6.1) sind die derzeitigen Untersuchungsinhalte und das Stufenschema des G 46 sinnvoll und praktikabel. Zu berücksichtigen ist, dass die Komponente „Screening“ die Anzahl der vollständig zu untersuchenden Personen eingrenzt, für sich genommen aber dieses Modul nicht zu einer Verbesserung der Kennzahlen positiver prädiktiver Wert und Sensitivität führt.

Die langfristige Wirksamkeit im Hinblick auf die Vorbeugung von gefährdenden Belastungen am Arbeitsplatz, Berufskrankheiten und arbeitsbedingter Erkrankungen des Muskel-Skelett-Systems (MSE; Letztere z. B. ICD-10 M45-M54, F45.4) kann nur im Rahmen von Längsschnittstudien unter gut kontrollierten Randbedingungen geprüft werden.

Das praktizierte Stufenschema des G 46 hat Bezug nehmend auf den Endpunkt „funktionelle Auffälligkeiten“ für den HWS-Bereich eine Sensitivität, Spezifität und positiven prädiktiven Wert von 0,77 bzw. 0,46 und 0,72 und für den LWS-Bereich eine Sensitivität, Spezifität und positiven prädiktiven Wert von 0,81, 0,32 und 0,88.

Die Daten aus den Gefährdungsbeurteilungen für die Rumpfbeugung zeigen eine Dosis-Effekt-Beziehung mit Ableitung eines Schwellenwerts. Für einige Belastungen deuten sich U-förmige Dosis-Effekt-Relationen an, d. h. relativ geringe Belastung und relativ hohe Belastung bewirken eine erhöhte Beschwerdeprävalenz im Vergleich zu einer mittleren Belastung. Die Anwendung der BGI 504-46 grenzt die Anzahl der zu untersuchenden Personen ein, ohne die „Treffsicherheit“ zu erhöhen. Dies bedeutet, dass ggf. weitere Verfahren in die Gefährdungsbeurteilung einbezogen werden müssen, um optimale Auswahlkriterien in der Praxis anzuwenden.

Es konnte ein Screening-Modul zur Erfassung psychischer Fehlbelastungen für die G-46-Anamnese erarbeitet werden mit den identifizierten Stressoren „Probleme in der Arbeitsorganisation“, „Arbeitsplatzunsicherheit“ und der Ressource „soziale Unterstützung durch Kollegen/Vorgesetzte“.

Die Studienergebnisse zeigen, dass bei den Untersuchten mit Ausnahme der „Rumpfvorneigung“ relativ homogene und geringe Belastungen des Muskel-Skelett-Systems vorliegen. Für die Rumpfvorneigung konnten Hinweise für Dosis-Effekt-Beziehungen und „Schwellenwerte“ abgeleitet werden, die in der betrieblichen Praxis Anwendung finden können. Darüber hinaus erscheinen auch die zum Teil U-förmigen Dosis-Effekt-Beziehungen die These zu untermauern, dass zur Prävention von Beschwerden im Bereich des Muskel-Skelett-Systems zu wenig Aktivität und zu hohe Belastungen die Beschwerdeprävalenz negativ beeinflussen. Für die Prävention kann dies eine Abkehr von der oft noch verfolgten Strategie „so wenig wie möglich“ bedeuten. Vielmehr ist das individuell angepasste „richtige“ Ausmaß körperlicher Aktivität unter guten ergonomischen Bedingungen anzustreben. Dieser Sachverhalt sollte im Rahmen

der Beratung in der arbeitsmedizinischen Vorsorge eine größere Rolle spielen.

### 6.3 Relevanz für die gesetzliche Unfallversicherung

Die Untersuchungsergebnisse der vorliegenden Studie zeigen, dass die Untersuchungsinhalte und auch das „Stufenschema“ in der Anwendung sinnvoll und praktikabel sind. Die hohe Prävalenz von Beschwerden und funktionellen Auffälligkeiten in einem Kollektiv ohne außergewöhnlich hohe tätigkeitsbezogene Muskel-Skelett-Belastungen unterstreicht den Bedarf an geeigneten Präventionsinstrumenten. Im Rahmen der Studie

konnten Ergänzungen zur Erfassung psychischer Fehlbelastungen sowie eine Präzisierung der Auswahlkriterien für Rumpfbeugehaltungen erarbeitet werden. Hinweise auf U-förmige Dosis-Effekt-Beziehungen für verschiedene Belastungen liefern Anhaltspunkte für die individuelle Beratung im Rahmen der arbeitsmedizinischen Vorsorge. Um dem Ziel einer möglichst „treffsicheren“ Vorsorge näher zu kommen, müssen die Auswahlkriterien zukünftig noch besser definiert werden. Die BGI 504-46 ist alleine nicht ausreichend, um die Personen zu identifizieren, die besonders von einem Vorsorgeangebot im Sinne einer Früherkennung funktioneller Auffälligkeiten profitieren würden.

# Literaturverzeichnis

- [1] *Milde, J.; Ponto, K.*: Der neue Berufsgenossenschaftliche Grundsatz G 46 – Belastungen des Muskel- und Skelettsystems. *Arbeitsmed. Sozialmed. Umweltmed.* 8 (2005), S. 428-440
- [2] BGI/GUV-I 504-46: Handlungsanleitung für die arbeitsmedizinische Vorsorge nach dem Berufsgenossenschaftlichen Grundsatz G 46 „Belastungen des Muskel- und Skelettsystems einschließlich Vibrationen“. S. 13-15. Hrsg.: Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung (DGUV), Sankt Augustin 2009
- [3] *Wagner, H.; Puta, C.; Anders, C.; Petrovitch, A.; Schilling, N.; Scholle, H. C.*: Chronischer unspezifischer Rückenschmerz: Von der Funktionsmorphologie zur Prävention. *Manuelle Med.* 47 (2009), S. 39-51
- [4] *Bernard, B. P.*: Musculoskeletal disorders and workplace factors. A critical review of epidemiologic evidence for work-related musculoskeletal disorders of the neck, upper extremity, and low back pain. Hrsg.: U. S. Department of Health and Human Services. Cincinnati: Public Health Services. Centers for Disease Control and Prevention. National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH) 1997
- [5] *Tiemessen, I.; Hulshof, C. T. J.; Frings-Dresen, M. H. W.*: An overview of strategies to reduce whole-body vibration exposure on drivers: A systematic review. *Int. J. Ind. Ergonom.* 37 (2007), S. 245-256
- [6] *Lang, J.; Ochsmann, E.; Kraus, T.; Lang, J. W. B.*: Psychosocial work stressors as antecedents of musculoskeletal problems: A systematic review and meta-analysis of stability-adjusted longitudinal studies. *Soc. Sci. Med.* 75 (2012), S. 1163-1174
- [7] *Lühmann, D.; Zimolong, B.*: Prävention von Rückenerkrankungen in der Arbeitswelt. In: *Badura, B.; Schellschmidt, H.; Vetter, C.* (Hrsg.): Fehlzeiten-Report 2006; Zahlen, Daten, Analysen aus allen Branchen der Wirtschaft. S 63-80. Springer, Heidelberg 2006
- [8] *Kirkpatrick, D. L.*: Evaluation training programs: the four levels. 3. Aufl. Berrett-Koehler, San Francisco 2006
- [9] BMI classification. Hrsg.: Weltgesundheitsorganisation (WHO), Genf. [http://apps.who.int/bmi/index.jsp?introPage=intro\\_3.html](http://apps.who.int/bmi/index.jsp?introPage=intro_3.html) (10.12.2014)
- [10] *Ochsmann, E.; Rüger, H.; Letzel, S.; Drexler, H.; Muenster, E.*: Over-indebtedness and its association with the prevalence of back pain. *BMC Public Health* 6 (2009) Nr. 9, S. 451
- [11] *Ellegast, R. P.*: Quantifizierung physischer Belastung am Arbeitsplatz. *ZBl. Arbeitsmed.* 60 (2010), S. 386-389
- [12] Leitmerkmalmethode zur Beurteilung von Heben, Halten und Tragen. Hrsg.: Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin (BAuA) und Länderausschuss für Arbeitsschutz und Sicherheitstechnik (LASI), 2001. [www.baua.de/de/Themen-von-A-Z/Physische-Belastung/pdf/LMM-Heben-Halten-Tragen.pdf](http://www.baua.de/de/Themen-von-A-Z/Physische-Belastung/pdf/LMM-Heben-Halten-Tragen.pdf) (10.12.2014)
- [13] Leitmerkmalmethode zur Beurteilung von Ziehen und Schieben. Hrsg.: Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin (BAuA), Dortmund 2002. [www.baua.de/de/Themen-von-A-Z/Physische-Belastung/pdf/LMM-Ziehen-Schieben.pdf](http://www.baua.de/de/Themen-von-A-Z/Physische-Belastung/pdf/LMM-Ziehen-Schieben.pdf) (10.12.2014)
- [14] Leitmerkmalmethode zur Erfassung von Belastungen bei manuellen Arbeitsprozessen. Hrsg.: Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin (BAuA), Dortmund 2012. [www.baua.de/de/Themen-von-A-Z/Physische-Belastung/pdf/LMM-Manuelle-Arbeit.pdf](http://www.baua.de/de/Themen-von-A-Z/Physische-Belastung/pdf/LMM-Manuelle-Arbeit.pdf) (10.12.2014)
- [15] Bewegungsergonomische Gestaltung von andauernder Steharbeit. Hrsg.: Länderausschuss für Arbeitsschutz und Sicherheitstechnik (LASI), 2009. S. 14-17. <http://lasi.osha.de/docs/lv50.pdf> (10.12.2014)
- [16] *McAtamney, L.; Corlett, E. N.*: A survey method for investigations of work-related upper limb disorders. *Appl. Ergon.* 24 (1993) Nr. 2, S. 91-99
- [17] *Ellegast, R. P.; Hermanns, I.; Schiefer, C.*: Feldmesssystem CUELA zur Langzeiterfassung und -analyse von Bewegungen an Arbeitsplätzen. *Z. Arbeitswiss.* (2010) Nr. 2, S. 101-110
- [18] Handlungsanleitung für die arbeitsmedizinische Vorsorge nach dem Berufsgenossenschaftlichen Grundsatz G 46 „Belastungen des Muskel- und Skelettsystems einschließlich Vibrationen“. Hrsg.: Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung (DGUV), Sankt Augustin 2009
- [19] *Steinberg, U.; Behrendt, S.; Caffier, G.; Schulz, K.; Jakob, M.*: Leitmerkmalmethode Manuelle Arbeitsprozesse, Erarbeitung und Anwendungserprobung einer Handlungshilfe zur Beurteilung der Arbeitsbedingungen. Hrsg.: Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin (BAuA), Dortmund 2007. [www.baua.de/de/Publikationen/Fachbeitraege/F1994.html](http://www.baua.de/de/Publikationen/Fachbeitraege/F1994.html) (10.12.2014)
- [20] *Hoehne-Hückstädt, U.; Herda, C.; Ellegast, R. P.; Hermanns, I.; Hamburger, R.; Ditchen, D.*: Muskel-Skelett-Erkrankungen der oberen Extremität und berufliche Tätigkeit. BGIA-Report 2/2007. Hrsg.: Hauptverband der gewerblichen Berufsgenossenschaften (HVBG), Sankt Augustin 2007. [www.dguv.de/ifa/Webcode\\_d4617](http://www.dguv.de/ifa/Webcode_d4617)

- [21] *Ellegast, R. P.*: Personengebundenes Messsystem zur automatisierten Erfassung von Wirbelsäulenbelastungen bei beruflichen Tätigkeiten. BIA-Report 5/98. Hrsg.: Hauptverband der gewerblichen Berufsgenossenschaften (HVBG), Sankt Augustin 1998. www.dguv.de/ifa, Webcode d6633
- [22] ISO 11226: Ergonomie – Evaluierung von Körperhaltungen bei der Arbeit (12/2000). Beuth, Berlin 2000
- [23] DIN EN 1005-4: Sicherheit von Maschinen – Menschliche körperliche Leistung – Teil 4: Bewertung von Körperhaltungen und Bewegungen bei der Arbeit an Maschinen (1/2009). Beuth, Berlin 2005
- [24] *Karhu, O.; Kansi, P.; Kourinka, I.*: Correcting working postures in industry: A practical method for analysis. Appl. Ergon. 8 (1977), S. 199-201
- [25] DIN EN 1005-1: Sicherheit von Maschinen – Menschliche körperliche Leistung – Teil 1: Begriffe (9/2004). Beuth, Berlin 2002
- [26] *Tichauer, E. R.*: Occupational biomechanics (The anatomical basis of work-place design). Rehabilitation Monograph Nr. 51. Hrsg.: Institute of Rehabilitation Medicine, New York 1975
- [27] *Tichauer, E.*: The biomechanical basis of ergonomics anatomy applied to the design of work situations. John Wiley & Sons, New York 1978
- [28] *Jäger, M.; Geiß, O.; Bergmann, A.; Bolm-Audorff, U.; Ditchen, D.; Ellegast, R. P.; Elsner, G.; Grifka, J.; Haerting, J.; Hofmann, F.; Linhardt, O.; Michaelis, M.; Petereit-Haack, G.; Seidler, A.; Luttmann, A.*: Biomechanische Analysen zur Belastung der Lendenwirbelsäule innerhalb der Deutschen Wirbelsäulenstudie. Zbl. Arbeitsmed. 57 (2007), S. 267-276
- [29] *Greif, S.; Bamberg, E.; Semmer, N.* (Hrsg.): Psychischer Stress am Arbeitsplatz. Hogrefe, Göttingen 1991
- [30] *Semmer, N. K.; Zapf, D.; Dunckel, H.*: Instrument zur stressbezogenen Tätigkeitsanalyse ISTA. In: *Dunckel, H.* (Hrsg.): Handbuch psychologischer Arbeitsanalyseverfahren. S. 179-204. vdf Hochschulverlag, Zürich 1999
- [31] *Lazarus, R. S.; Folkman, S.*: Stress, appraisal, and coping. Springer, New York 1984
- [32] *Hacker, W.*: Arbeitspsychologie. Psychische Regulation von Arbeitstätigkeiten. Huber, Bern 1986
- [33] *Volpert, W.*: Psychische Regulation von Arbeitstätigkeiten. In: *Kleinbeck, U.; Rutenfranz, J.* (Hrsg.): Arbeitspsychologie (Enzyklopädie der Psychologie D III 1). S 1-42. Hogrefe, Göttingen 1987
- [34] *Zapf, D.; Bechtold, M.; Dormann, C.*: Skalenmanual des ISTA: Dokumentation von Stichproben und Skalen. Hrsg.: Johann-Wolfgang von Goethe Universität Frankfurt am Main 2001
- [35] *Zapf, D.; Bamberg, E.; Dunckel, H.; Frese, M.; Greif, S.; Mohr, G.; Rückert, D.; Semmer, N.*: Dokumentation der Skalen des Forschungsprojekts „Psychischer Stress am Arbeitsplatz – hemmende und fördernde Bedingungen für humanere Arbeitsplätze“. Vervielfältigtes Manuskript. Universität Osnabrück, Fachbereich Psychologie, 1983
- [36] *Dunckel, H.* (Hrsg.): Handbuch psychologischer Arbeitsanalyseverfahren. vdf Hochschulverlag, Zürich 1999
- [37] *Semmer, N.*: Stressbezogene Tätigkeitsanalyse. Beltz, Weinheim 1984
- [38] *Karasek, R. A.*: Job demands, job decision latitudes, and mental strain: Implications for job redesign. Adm. Sci. Q. 24 (1979), S. 285-307
- [39] *Richter, P.; Hemmann, E.; Merboth, H.; Fritz, S.; Hänsgen, C.; Rudolf, M.*: Das Erleben von Arbeitsintensität und Tätigkeitsspielraum – Entwicklung und Validierung eines Fragebogens zur orientierenden Analyse (FIT). Z. Arb. Organ. 44 (2000), S. 129-139
- [40] *Caplan, R. D.; Cobb, S.; French, J. R. P.; Harrison, R. V.; Pinneau, S. R.*: Job demands and worker health. NIOSH Publication Number 75-160. U. S. Government Printing Office, Washington DC 1975
- [41] *Rimann, M.; Udris, I.*: Subjektive Arbeitsanalyse: Der Fragebogen SALSA. In: *Strohm, O.; Ulich, E.* (Hrsg.): Unternehmen arbeitspsychologisch bewerten. Ein Mehr-Ebenen-Ansatz unter besonderer Berücksichtigung von Mensch, Technik und Organisation. S. 281-298. vdf Hochschulverlag, Zürich 1997
- [42] *Grebner, S.; Semmer, N. K.; Elfering, A.*: Working conditions and three types of well-being: A longitudinal study with self-report and rating data. J. Occup. Health Psychol. 10 (2005), S. 31-43
- [43] *George, D.; Mallery, P.*: SPSS for Windows step by step: A simple guide and reference. 11.0 update. 4. Aufl. Allyn & Bacon, Boston 2003
- [44] *Spallek, M.; Kuhn, W.*: Funktionsorientierte körperliche Untersuchungssystematik: Die fokus®-Methode zur Beurteilung des Bewegungsapparates in der Arbeits- und Allgemeinmedizin. ecomed Medizin, Heidelberg 2009
- [45] *Caffier, G.; Steinberg, U.; Liebers, F.*: Praxisorientiertes Methodeninventar zur Belastungs- und Beanspruchungsbeurteilung im Zusammenhang mit arbeitsbedingten Muskel-Skelett-Erkrankungen. Schriftenreihe der Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin (BAuA), Forschungsbericht Fb 850. Wirtschaftsverlag NW, Bremerhaven 1999
- [46] *Kuorinka, I.; Jonsson, B.; Kilbom, A.; Vinterberg, H.; Biering-Sørensen, F.; Andersson, G.; Jørgensen, K.*: Standardized Nordic questionnaires for the analysis of musculoskeletal symptoms. Appl. Ergon. 18 (1987), S. 233-237

- [47] *Bender, R.*: Interpretation von Effizienzmaßen der Vierfeldertafel für Diagnostik und Behandlung. *Med. Klin.* 96 (2001) Nr. 2, S. 116-121
- [48] *Winkel, J.; Westgaard, R.*: Occupational and individual risk factors for shoulder-neck complaints: Part II – the scientific basis (literature review) for the guide. *Int. J. Ind. Ergonom.* 10 (1992), S. 85-104
- [49] *Straker, L.; Mathiassen, S. E.*: Increased physical work loads in modern work – a necessity for better health and performance? *Ergonomics* 52 (2009), S. 1215-1225
- [50] *Seidler, A.; Bergmann, A.; Bolm-Audorff, U.; Ditchen, D.; Ellegast, R.; Euler, U.; Haerting, J.; Haufe, E.; Jähnichen, S.; Jordan, C.; Kersten, N.; Kuss, O.; Lundershausen, N.; Luttmann, A.; Morfeld, P.; Petereit-Haack, G.; Schäfer, K.; Voß, J.; Jäger, M.*: Abschlussbericht zum Forschungsvorhaben „Erweiterte Auswertung der Deutschen Wirbelsäulenstudie mit dem Ziel der Ableitung geeigneter Richtwerte (DWS-Richtwerteableitung – Projektteil II). Hrsg.: Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung (DGUV), Berlin 2013. [www.dguv.de/Projektdatenbank/0155A/Abschlussbericht.pdf](http://www.dguv.de/Projektdatenbank/0155A/Abschlussbericht.pdf) (10.12.2014)
- [51] *Cohen, J.*: A power primer. *Psychol. Bull.* 112 (1992), S. 155-159
- [52] *Gilboa, S.; Shirom, A.; Fried, Y.; Cooper, C.*: A meta-analysis of work demand stressors and job performance: examining main and moderating effects. *Pers. Psychol.* 61 (2008), S. 227-271
- [53] *Nixon, A. E.; Mazzola, J. J.; Bauer, J.; Krueger, J. R.; Spector, P. E.*: Can work make you sick? A meta-analysis of the relationships between job stressors and physical symptoms. *Work & Stress* 25 (2011) Nr. 1, S. 1-22
- [54] *Grebner, S.; Semmer, N. K.; Faso, L. L.; Gut, S.; Kälin, W.; Elfering, A.*: Working conditions, well-being, and job-related attitudes among call centre agents. *Eur. J. Work Organ. Psychol.* 12 (2003) Nr. 4, S. 341-365
- [55] *Kirkpatrick, D. L.*: Techniques for evaluating trainings programs. In: *Ely, D. P.; Plomp, T.* (Hrsg.): *Classic writings on instructional technology*. Libraries Unlimited, Englewood 1996



# Anhang



# Anhang

## Vergleich der Arbeitsplätze hinsichtlich soziodemografischer und privater Gefährdungen

Im Folgenden werden die Kontrollvariablen, die im Rahmen des Projektes erfasst wurden, für die acht Arbeitsplatzgruppen separat dargestellt.

Tabelle A.1:  
Geschlecht

Arbeitsplatzgruppe		Anzahl der teilnehmenden Beschäftigten insgesamt	Anteil Männer in %
Nr.	Bezeichnung		
1	Einmaschinenbedienung (CNC)	94	95,75
2	Mehrmaschinenbedienung (CNC)	150	90
3	Manuelle Maschine	45	93,3
4	Montage	51	82,4
5	Kontrolle	15	66,7
6	Härterei	12	100
7	Organisatorische Tätigkeit	23	100
8	Sonstige	19	94,7

Tabelle A.2:  
Alter der teilnehmenden Beschäftigten

Arbeitsplatzgruppe		Anzahl der Beschäftigten insgesamt	Alter in Jahren			
Nr.	Bezeichnung		Mittelwert	Standardabweichung	Minimum	Maximum
1	Einmaschinenbedienung (CNC)	93	40,24	10,38	20	56
2	Mehrmaschinenbedienung (CNC)	147	37,26	10,93	18	60
3	Manuelle Maschine	45	39,94	22,43	20	58
4	Montage	51	37,20	10,82	20	55
5	Kontrolle	15	41,93	11,28	24	61
6	Härterei	12	37,33	8,89	23	50
7	Organisatorische Tätigkeit	23	45,65	7,70	26	61
8	Sonstige	19	41,16	10,06	21	55

Tabelle A.3:  
Größe der teilnehmenden Beschäftigten

Arbeitsplatzgruppe		Anzahl der Beschäftigten insgesamt	Größe in cm			
Nr.	Bezeichnung		Mittelwert	Standardabweichung	Minimum	Maximum
1	Einmaschinenbedienung (CNC)	94	177,87	7,02	161	193
2	Mehrmaschinenbedienung (CNC)	150	177,39	7,80	155	200
3	Manuelle Maschine	45	178,22	7,77	162	196
4	Montage	51	176,27	8,73	156	197
5	Kontrolle	15	172,87	6,39	161	185
6	Härterei	12	179,67	7,26	167	190
7	Organisatorische Tätigkeiten	23	178,57	8,10	163	199
8	Sonstige	19	177,37	6,71	167	193

## Anhang

Tabelle A.4:  
Gewicht der teilnehmenden Beschäftigten

Arbeitsplatzgruppe		Anzahl der Beschäftigten insgesamt	Gewicht in kg			
Nr.	Bezeichnung		Mittelwert	Standardabweichung	Minimum	Maximum
1	Einmaschinenbedienung (CNC)	94	85,45	14,37	49	146
2	Mehrmaschinenbedienung (CNC)	149	83,42	14,09	58	139
3	Manuelle Maschine	45	84,49	15,76	58	129
4	Montage	51	84,27	13,38	61	112
5	Kontrolle	14	73,93	14,06	56	98
6	Härterei	12	83,92	15,38	56	112
7	Organisatorische Tätigkeit	23	87,59	11,57	69	114
8	Sonstige	19	85,89	13,79	63	117

Tabelle A.5:  
Body Mass Index (BMI) der teilnehmenden Beschäftigten

Arbeitsplatzgruppe		Anzahl der Beschäftigten insgesamt	Body Mass Index in kg/m <sup>2</sup>			
Nr.	Bezeichnung		Mittelwert	Standardabweichung	Minimum	Maximum
1	Einmaschinenbedienung (CNC)	94	26,91	3,68	18,67	42,20
2	Mehrmaschinenbedienung (CNC)	149	26,54	4,32	17,32	41,26
3	Manuelle Maschine	45	26,60	4,79	19,52	40,82
4	Montage	51	27,11	3,93	21,30	41,14
5	Kontrolle	14	24,71	4,01	19,61	31,64
6	Härterei	12	25,86	3,63	20,08	32,03
7	Organisatorische Tätigkeit	23	27,46	3,08	22,15	33,09
8	Sonstige	19	27,21	3,55	21,30	35,71

Tabelle A.6:  
Arbeitszeit der teilnehmenden Beschäftigten (subjektive Angabe: reguläre Arbeitszeit und Überstunden)

Arbeitsplatzgruppe		Anzahl der Beschäftigten insgesamt	Arbeitszeit in h			
Nr.	Bezeichnung		Mittelwert	Standardabweichung	Minimum	Maximum
1	Einmaschinenbedienung (CNC)	91	37,87	4,57	19	60
2	Mehrmaschinenbedienung (CNC)	147	40,65	4,36	28	60
3	Manuelle Maschine	43	38,18	6,29	18	53,5
4	Montage	50	39,91	3,14	35	52
5	Kontrolle	15	38,90	6,92	20	48
6	Härterei	12	39,66	1,87	36	42
7	Organisatorische Tätigkeit	23	37,28	3,82	33	48
8	Sonstige	19	38,52	4,93	27	50

Tabelle A.7:  
Dauer der Berufstätigkeit in den acht Arbeitsplatzgruppen; Angaben in %

Dauer der Beschäftigung	Arbeitsplatzgruppe							
	1 (N = 94)	2 (N = 149)	3 (N = 45)	4 (N = 51)	5 (N = 15)	6 (N = 12)	7 (N = 23)	8 (N = 19)
< 3 Monate	0,0	1,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
3 bis 6 Monate	0,0	0,0	2,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
6 Monate bis 1 Jahr	0,0	1,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	5,3
1 bis 2 Jahre	0,0	1,3	0,0	2,0	0,0	0,0	0,0	0,0
2 bis 5 Jahre	3,2	4,0	8,9	9,8	6,7	0,0	0,0	0,0
5 bis 10 Jahre	14,9	16,8	8,9	7,8	20,0	16,7	4,3	10,5
10 bis 15 Jahre	4,3	14,8	8,9	17,6	0,0	16,7	0,0	5,3
15 bis 20 Jahre	13,8	16,1	8,9	9,8	13,3	16,7	4,3	5,3
20 bis 30 Jahre	28,7	23,5	35,6	27,5	20,0	41,7	47,8	42,1
30 bis 40 Jahre	30,9	15,4	20,0	23,5	40,0	8,3	30,4	26,3
> 40 Jahre	4,3	5,4	6,7	2,0	0,0	0,0	13,0	5,3

N = Anzahl der teilnehmenden Beschäftigten insgesamt; Arbeitsplatzgruppen: 1 = Einmaschinenbedienung (CNC), 2 = Mehrmaschinenbedienung (CNC), 3 = Manuelle Maschine, 4 = Montage, 5 = Kontrolle, 6 = Härterei, 7 = Organisatorische Tätigkeit, 8 = Sonstige

Tabelle A.8:  
Dauer der Betriebszugehörigkeit in den acht Arbeitsplatzgruppen; Angaben in %

Dauer der Betriebszugehörigkeit	Arbeitsplatzgruppe							
	1 (N = 94)	2 (N = 149)	3 (N = 44)	4 (N = 51)	5 (N = 15)	6 (N = 12)	7 (N = 23)	8 (N = 19)
< 3 Monate	0,0	1,3	0,0	0,0	6,7	0,0	0,0	0,0
3 bis 6 Monate	0,0	0,7	0,0	0,0	6,7	0,0	0,0	0,0
6 Monate bis 1 Jahr	1,1	0,7	0,0	3,9	20,0	0,0	0,0	0,0
1 bis 2 Jahre	0,0	2,7	0,0	7,8	0,0	8,3	0,0	0,0
2 bis 5 Jahre	6,4	12,1	15,9	19,6	0,0	25,0	4,3	26,3
5 bis 10 Jahre	16,0	21,5	18,2	27,5	13,3	16,7	4,3	10,5
10 bis 15 Jahre	8,5	22,1	18,2	13,7	0,0	16,7	4,3	15,8
15 bis 20 Jahre	11,7	16,8	9,1	3,9	7,6	16,7	8,7	5,3
20 bis 30 Jahre	33,0	15,4	22,7	15,7	26,7	16,7	47,8	26,3
30 bis 40 Jahre	20,2	4,7	15,9	7,8	20,0	16,7	30,4	15,8
> 40 Jahre	3,2	2,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

N = Anzahl der teilnehmenden Beschäftigten insgesamt; Arbeitsplatzgruppen: 1 = Einmaschinenbedienung (CNC), 2 = Mehrmaschinenbedienung (CNC), 3 = Manuelle Maschine, 4 = Montage, 5 = Kontrolle, 6 = Härterei, 7 = Organisatorische Tätigkeit, 8 = Sonstige

Tabelle A.9:  
Dauer der Beschäftigung am jetzigen Arbeitsplatz in den acht Arbeitsplatzgruppen; Angaben in %

Dauer der Beschäftigung am jetzigen Arbeitsplatz	Arbeitsplatzgruppe							
	1 (N = 94)	2 (N = 149)	3 (N = 44)	4 (N = 51)	5 (N = 15)	6 (N = 12)	7 (N = 22)	8 (N = 19)
< 3 Monate	2,2	4,0	4,5	0,0	13,3	0,0	0,0	5,3
3 bis 6 Monate	3,2	3,4	2,3	3,9	6,7	8,3	4,5	5,3
6 Monate bis 1 Jahr	5,4	4,7	2,3	5,9	20,0	0,0	0,0	10,5
1 bis 2 Jahre	9,7	11,4	20,5	13,7	6,7	8,3	4,5	0,0
2 bis 5 Jahre	18,3	21,5	25,0	29,4	13,3	50,0	27,3	36,8
5 bis 10 Jahre	24,7	21,5	18,2	21,5	13,3	16,7	18,2	10,5
10 bis 15 Jahre	7,5	15,4	11,4	9,8	13,0	8,3	13,6	15,8
15 bis 20 Jahre	9,7	7,4	4,5	3,9	13,3	8,3	13,6	10,5
20 bis 30 Jahre	14,0	8,1	6,8	7,8	0,0	0,0	18,2	5,3
30 bis 40 Jahre	5,4	2,0	4,5	3,9	0,0	0,0	0,0	0,0
> 40 Jahre	0,0	0,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

N = Anzahl der teilnehmenden Beschäftigten insgesamt; Arbeitsplatzgruppen: 1 = Einmaschinenbedienung (CNC), 2 = Mehrmaschinenbedienung (CNC), 3 = Manuelle Maschine, 4 = Montage, 5 = Kontrolle, 6 = Härterei, 7 = Organisatorische Tätigkeit, 8 = Sonstige

## Anhang

Tabelle A.10:  
Arbeitsplatzwechsel aufgrund von gesundheitlichen Problemen

Arbeitsplatzgruppe		Anzahl der Beschäftigten insgesamt	Anteil mit Arbeitsplatzwechsel in %
Nr.	Bezeichnung		
1	Einmaschinenbedienung (CNC)	94	5,3
2	Mehrmaschinenbedienung (CNC)	149	2,0
3	Manuelle Maschine	44	4,5
4	Montage	50	4,0
5	Kontrolle	15	13,3
6	Härterei	12	33,3
7	Organisatorische Tätigkeit	23	4,3
8	Sonstige	19	15,8

Tabelle A.11:  
Raucher; Angaben in %

Raucherstatus	Arbeitsplatzgruppe							
	1 (N = 93)	2 (N = 149)	3 (N = 45)	4 (N = 51)	5 (N = 15)	6 (N = 12)	7 (N = 23)	8 (N = 19)
Raucher	28,0	45,6	26,7	37,3	73,3	33,3	39,1	52,6
Ehemaliger Raucher	30,1	12,1	31,1	21,6	13,3	16,7	17,4	5,3
Nichtraucher	41,9	42,3	42,2	41,2	13,3	50,0	43,5	42,1

N = Anzahl der teilnehmenden Beschäftigten insgesamt; Arbeitsplatzgruppen: 1 = Einmaschinenbedienung CNC, 2 = Mehrmaschinenbedienung CNC, 3 = Manuelle Maschine, 4 = Montage, 5 = Kontrolle, 6 = Härterei, 7 = Organisatorische Tätigkeit, 8 = Sonstige

Tabelle A.12:  
Schwere Gartenarbeit oder Hausbau

Arbeitsplatzgruppe		Anzahl der Beschäftigten insgesamt	Anteil mit schwerer Gartenarbeit oder Hausbau in %
Nr.	Bezeichnung		
1	Einmaschinenbedienung (CNC)	94	40,4
2	Mehrmaschinenbedienung (CNC)	148	34,5
3	Manuelle Maschine	45	42,2
4	Montage	50	46,0
5	Kontrolle	15	33,3
6	Härterei	12	66,7
7	Organisatorische Tätigkeit	23	52,2
8	Sonstige	19	36,8

Tabelle A.13:  
Bedrohung durch Insolvenz

Arbeitsplatzgruppe		Anzahl der Beschäftigten insgesamt	Anteil mit Bedrohung durch Insolvenz in %
Nr.	Bezeichnung		
1	Einmaschinenbedienung (CNC)	82	3,7
2	Mehrmaschinenbedienung (CNC)	132	3,0
3	Manuelle Maschine	45	0,0
4	Montage	46	4,3
5	Kontrolle	15	21,4
6	Härterei	11	9,1
7	Organisatorische Tätigkeit	22	4,5
8	Sonstige	16	6,3

Tabelle A.14:  
Sport; Angaben in %

Häufigkeit sportlicher Aktivitäten	Arbeitsplatzgruppe							
	1 (N = 94)	2 (N = 148)	3 (N = 44)	4 (N = 51)	5 (N = 15)	6 (N = 12)	7 (N = 23)	8 (N = 19)
nie	20,2	38,5	25,0	21,6	40,0	33,3	56,5	15,8
ja, mehrmals pro Woche	51,1	29,7	34,1	37,3	20,0	33,3	21,7	36,8
ja, einmal pro Woche	14,9	13,5	15,9	19,6	33,3	25,0	4,3	10,5
ja, mehrmals im Monat	8,5	10,8	18,2	11,8	6,7	8,3	13,0	21,1
ja, einmal pro Monat	3,2	4,7	6,8	7,8	0,0	0,0	4,3	5,3
ja, weniger als einmal pro Monat	2,1	2,7	0,0	2,0	0,0	0,0	0,0	10,5

N = Anzahl der teilnehmenden Beschäftigten insgesamt; Arbeitsplatzgruppen: 1 = Einmaschinenbedienung (CNC), 2 = Mehrmaschinenbedienung (CNC), 3 = Manuelle Maschine, 4 = Montage, 5 = Kontrolle, 6 = Härterei, 7 = Organisatorische Tätigkeit, 8 = Sonstige

Tabelle A.15:  
Häufigkeit Sport pro Woche in Stunden

Arbeitsplatzgruppe Nr.	Bezeichnung	Anzahl der Beschäftigten insgesamt	Sport pro Woche in h			
			Mittelwert	Standardabweichung	Minimum	Maximum
1	Einmaschinenbedienung (CNC)	73	4,91	3,68	1,0	21,0
2	Mehrmaschinenbedienung (CNC)	85	4,44	3,12	0,5	15,0
3	Manuelle Maschine	33	4,27	4,53	0,5	20,0
4	Montage	39	4,39	3,70	0,5	18,0
5	Kontrolle	9	2,94	1,70	1,0	6,0
6	Härterei	8	5,37	4,68	2,0	15,0
7	Organisatorische Tätigkeit	9	4,38	2,91	1,0	10,0
8	Sonstige	16	4,12	2,91	1,0	10,0

Tabelle A.16:  
Anzahl der Kinder

Arbeitsplatzgruppe Nr.	Bezeichnung	Anzahl der Beschäftigten insgesamt	Anzahl der Kinder			
			Mittelwert	Standardabweichung	Minimum	Maximum
1	Einmaschinenbedienung (CNC)	66	1,58	1,26	0	8
2	Mehrmaschinenbedienung (CNC)	104	1,51	1,23	0	7
3	Manuelle Maschine	30	1,50	1,07	0	3
4	Montage	48	1,21	1,09	0	3
5	Kontrolle	12	1,50	1,24	0	4
6	Härterei	9	1,56	1,59	0	5
7	Organisatorische Tätigkeit	19	1,63	1,01	0	3
8	Sonstige	15	1,60	0,98	0	4

## Anhang

Tabelle A.17:  
Lebenssituation

Arbeitsplatzgruppe Nr.	Bezeichnung	Anzahl der Beschäftigten insgesamt	Anteil der Beschäftigten mit Partner/Partnerin in %
1	Einmaschinenbedienung (CNC)	94	73,4
2	Mehrmaschinenbedienung (CNC)	149	75,2
3	Manuelle Maschine	45	71,1
4	Montage	51	72,5
5	Kontrolle	15	66,7
6	Härterei	12	83,3
7	Organisatorische Tätigkeit	23	78,3
8	Sonstige	19	84,2

Tabelle A.18:  
Schulausbildung der teilnehmenden Beschäftigten; Angaben in %

Schulabschluss	Arbeitsplatzgruppe							
	1 (N = 94)	2 (N = 149)	3 (N = 45)	4 (N = 51)	5 (N = 14)	6 (N = 12)	7 (N = 22)	8 (N = 19)
Hauptschule ohne Abschluss	0,0	3,4	0,0	2,0	7,1	0,0	0,0	0,0
Hauptschule mit Abschluss	43,6	40,3	51,1	43,1	54,1	41,7	50,0	47,4
Realschule	52,1	51,0	44,4	49,0	21,4	41,7	40,9	42,1
Abitur/Fachabitur	4,3	3,4	2,2	3,9	7,1	16,7	9,1	5,3
Fachhochschulabschluss	0,0	1,3	2,2	2,0	7,1	0,0	0,0	0,0
Universitätsabschluss	0,0	0,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	5,3

N = Anzahl der teilnehmenden Beschäftigten insgesamt; Arbeitsplatzgruppen: 1 = Einmaschinenbedienung (CNC), 2 = Mehrmaschinenbedienung (CNC), 3 = Manuelle Maschine, 4 = Montage, 5 = Kontrolle, 6 = Härterei, 7 = Organisatorische Tätigkeit, 8 = Sonstige

Tabelle A.19:  
Berufsausbildung der Beschäftigten; Angaben in %

Berufsausbildung	Arbeitsplatzgruppe							
	1 (N = 94)	2 (N = 147)	3 (N = 45)	4 (N = 51)	5 (N = 14)	6 (N = 12)	7 (N = 22)	8 (N = 19)
Kein Abschluss	1,1	2,7	0,0	0,0	14,3	0,0	4,5	0,0
Abgeschlossene Lehre	85,1	89,8	93,3	94,1	78,6	83,3	54,5	84,2
Meisterprüfung oder Abschluss einer Fachschule	13,8	6,8	6,7	3,9	7,1	16,7	40,9	10,5
Diplom, Magister o. Ä.	0,0	0,7	0,0	2,0	0,0	0,0	0,0	5,3

N = Anzahl der teilnehmenden Beschäftigten insgesamt; Arbeitsplatzgruppen: 1 = Einmaschinenbedienung (CNC), 2 = Mehrmaschinenbedienung (CNC), 3 = Manuelle Maschine, 4 = Montage, 5 = Kontrolle, 6 = Härterei, 7 = Organisatorische Tätigkeit, 8 = Sonstige

## Vergleich der acht Arbeitsplätze hinsichtlich der psychosozialen Belastung

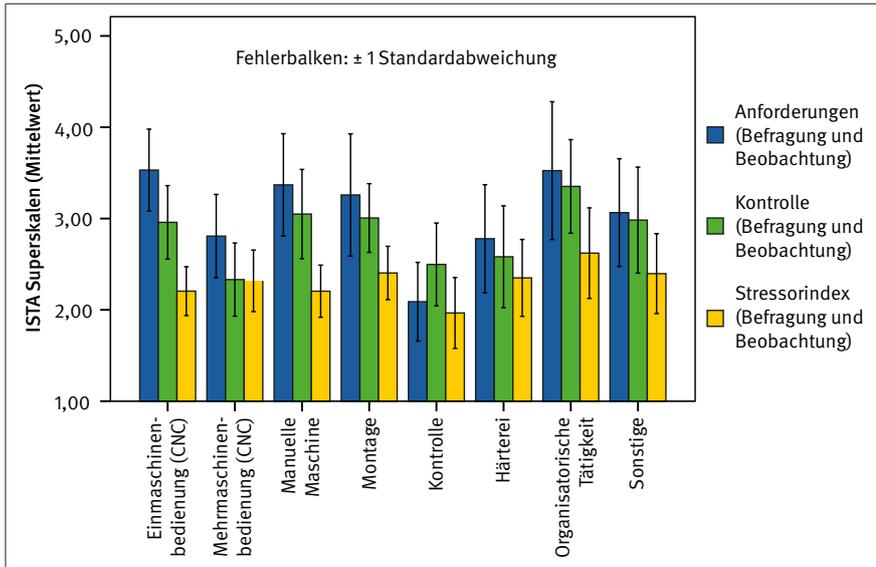


Abbildung A.1: Deskriptive Ergebnisse der Superskalen des ISTA; separat für die Arbeitsplatzgruppen

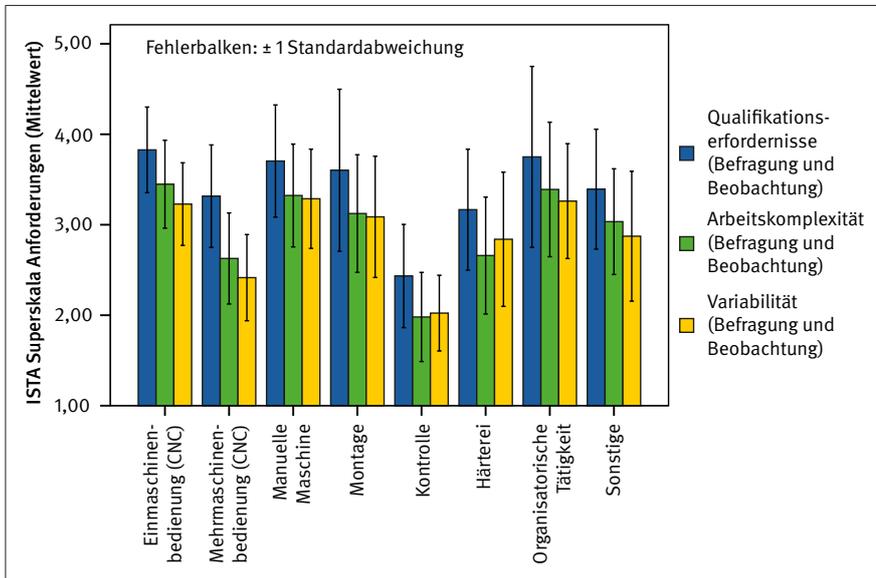


Abbildung A.2: Deskriptive Ergebnisse der Superskala „Anforderungen“

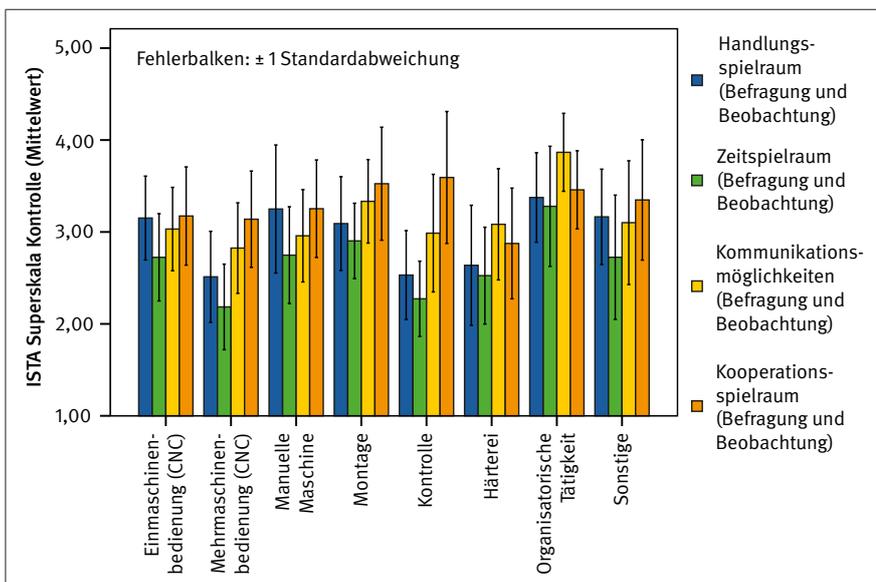
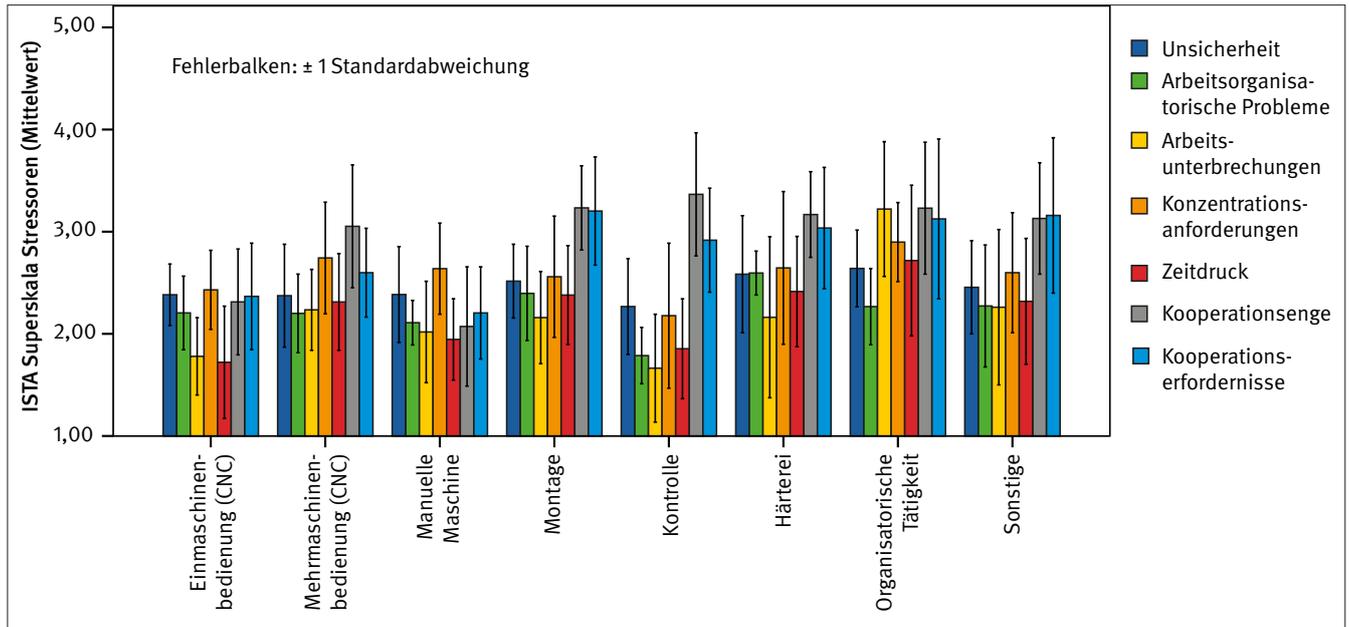


Abbildung A.3: Deskriptive Ergebnisse der Superskala „Kontrolle“

Abbildung A.4:  
Deskriptive Ergebnisse der Superskala „Stressoren“



## Arbeitsintensität und Tätigkeitsspielraum (FIT) „High Strain“

Tabelle A.20:  
Faktoren des Demand Control Modells; Angaben in %

Faktor	Arbeitsplatzgruppe							
	1 (N = 93)	2 (N = 144)	3 (N = 44)	4 (N = 49)	5 (N = 14)	6 (N = 12)	7 (N = 23)	8 (N = 18)
Low strain job	52,7	20,8	52,3	18,4	21,4	8,3	26,1	27,8
High strain job	3,2	25,0	4,5	20,4	57,1	50,0	4,3	11,1
Passive Job	17,2	16,7	15,9	10,2	14,3	16,7	13,0	5,6
Active job	26,9	37,5	27,3	51,0	7,1	25,0	56,5	55,6

N = Anzahl der teilnehmenden Beschäftigten insgesamt; Arbeitsplatzgruppen: 1 = Einmaschinenbedienung (CNC), 2 = Mehrmaschinenbedienung (CNC), 3 = Manuelle Maschine, 4 = Montage, 5 = Kontrolle, 6 = Härtereier, 7 = Organisatorische Tätigkeit, 8 = Sonstige

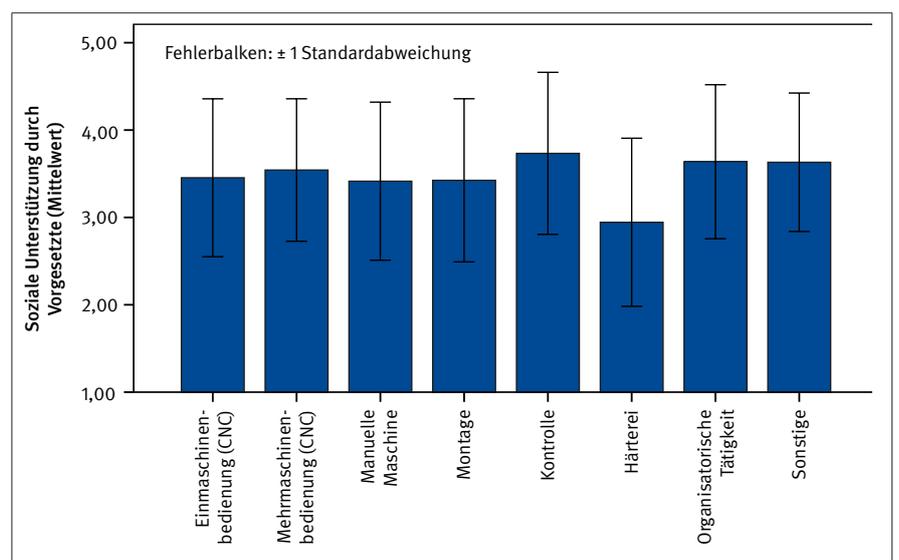


Abbildung A.5:  
Soziale Unterstützung durch Vorgesetzte

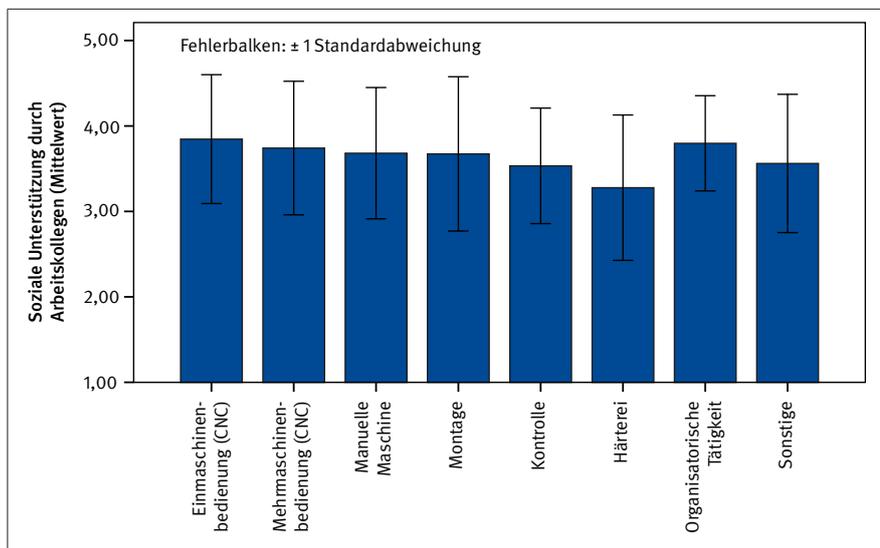


Abbildung A.6: Soziale Unterstützung durch Arbeitskollegen

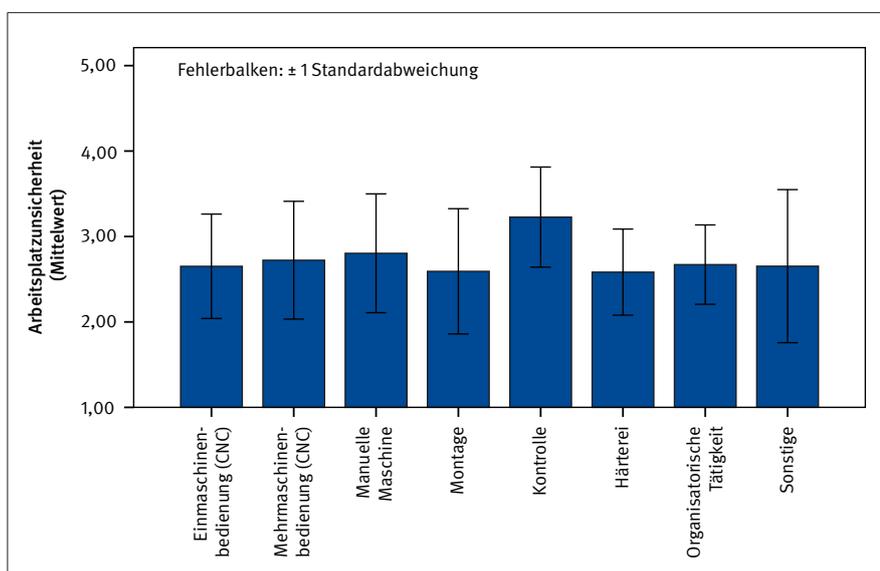


Abbildung A.7: Arbeitsplatzunsicherheit

## Deskriptive Auswertung von Rückenbeschwerden separat nach den Arbeitsplatzgruppen (HWS)

Tabelle A.21: HWS-Beschwerdeangaben und Screening-Auffälligkeiten

Arbeitsplatzgruppe	Beschwerden in den letzten zwölf Monaten		Screening auffällig		Beschwerden in den letzten zwölf Monaten ODER Screening auffällig	
	N	Anteil in %	N	Anteil in %	N	Anteil in %
1	94	20,2	94	44,7	94	57,4
2	149	16,1	150	36,0	149	42,3
3	45	17,8	45	48,9	45	55,6
4	51	19,6	51	58,8	51	68,6
5	15	13,3	15	20,0	15	26,7
6	12	0,0	12	41,7	12	41,7
7	23	13,0	23	56,5	23	56,5
8	19	10,5	19	57,9	19	63,2

N = Anzahl der teilnehmenden Beschäftigten insgesamt; Arbeitsplatzgruppen: 1 = Einmaschinenbedienung (CNC), 2 = Mehrmaschinenbedienung (CNC), 3 = Manuelle Maschine, 4 = Montage, 5 = Kontrolle, 6 = Härtereie, 7 = Organisatorische Tätigkeit, 8 = Sonstige

Tabelle A.22:  
Befunde in den „harten Endpunkten“ – HWS (Arbeitsplatzgruppen)

Arbeitsplatzgruppe	Zerviko-brachiales Syndrom		Zervikalsyndrom	
	N	Anteil in %	N	Anteil in %
1	94	10,6	94	39,4
2	149	6,7	149	28,9
3	45	17,8	45	46,7
4	51	9,8	51	51,0
5	15	0,0	15	13,3
6	12	0,0	12	41,7
7	23	8,7	23	52,2
8	19	21,1	19	47,4

N = Anzahl der teilnehmenden Beschäftigten insgesamt; Arbeitsplatzgruppen: 1 = Einmaschinenbedienung (CNC), 2 = Mehrmaschinenbedienung (CNC), 3 = Manuelle Maschine, 4 = Montage, 5 = Kontrolle, 6 = Härterei, 7 = Organisatorische Tätigkeit, 8 = Sonstige

Tabelle A.23:  
Befunde in den „weichen Endpunkten“ – HWS (Arbeitsplatzgruppen)

Arbeitsplatzgruppe	Bewegungseinschränkungen HWS		Schmerzhafte Bewegungseinschränkungen HWS	
	N	Anteil in %	N	Anteil in %
1	94	43,6	94	20,2
2	149	29,5	149	14,1
3	45	48,9	45	31,1
4	51	54,9	51	29,4
5	15	13,3	15	13,3
6	12	41,7	12	33,3
7	23	47,8	23	26,1
8	19	57,9	19	21,1

N = Anzahl der teilnehmenden Beschäftigten insgesamt; Arbeitsplatzgruppen: 1 = Einmaschinenbedienung (CNC), 2 = Mehrmaschinenbedienung (CNC), 3 = Manuelle Maschine, 4 = Montage, 5 = Kontrolle, 6 = Härterei, 7 = Organisatorische Tätigkeit, 8 = Sonstige

## Deskriptive Auswertung von Rückenbeschwerden separat nach den Arbeitsplatzgruppen (BWS/LWS)

Tabelle A.24:  
BWS/LWS-Beschwerdeangaben und Screening-Auffälligkeiten

Arbeitsplatzgruppe	Beschwerden in den letzten zwölf Monaten		Screening auffällig		Beschwerden in den letzten zwölf Monaten ODER Screening auffällig	
	N	Anteil in %	N	Anteil in %	N	Anteil in %
1	94	54,3	94	77,7	94	89,4
2	149	47,0	150	70,7	149	82,6
3	45	57,8	45	68,9	45	82,2
4	51	64,7	51	76,5	51	86,3
5	15	26,7	15	40,0	15	53,3
6	12	41,7	12	83,8	12	83,3
7	23	60,9	23	82,6	23	95,7
8	19	42,1	19	78,9	19	89,5

N = Anzahl der teilnehmenden Beschäftigten insgesamt; Arbeitsplatzgruppen: 1 = Einmaschinenbedienung (CNC), 2 = Mehrmaschinenbedienung (CNC), 3 = Manuelle Maschine, 4 = Montage, 5 = Kontrolle, 6 = Härterei, 7 = Organisatorische Tätigkeit, 8 = Sonstige

Tabelle A.25:  
Befunde in den „harten Endpunkten“ – BWS/LWS (Arbeitsplatzgruppen)

Arbeitsplatzgruppe	Lumboischialgie		Radikulärsyndrom	
	N	Anteil in %	N	Anteil in %
1	94	0,0	94	0,0
2	148	3,4	148	1,4
3	45	0,0	45	0,0
4	51	0,0	51	0,0
5	15	0,0	15	0,0
6	12	8,3	12	8,3
7	23	8,7	23	0,0
8	19	5,3	19	0,0

N = Anzahl der teilnehmenden Beschäftigten insgesamt; Arbeitsplatzgruppen: 1 = Einmaschinenbedienung (CNC), 2 = Mehrmaschinenbedienung (CNC), 3 = Manuelle Maschine, 4 = Montage, 5 = Kontrolle, 6 = Härterei, 7 = Organisatorische Tätigkeit, 8 = Sonstige

Tabelle A.26:  
Befunde in den „weichen Endpunkten“ – BWS/LWS (Arbeitsplatzgruppen)

Arbeitsplatzgruppe	Lumbalgie		Lumbago		Bewegungseinschränkungen BWS/LWS		Schwere Bewegungseinschränkungen BWS/LWS	
	N	Anteil in %	N	Anteil in %	N	Anteil in %	N	Anteil in %
1	94	0,0	94	0,0	94	47,9	94	2,1
2	149	1,3	149	2,0	149	51,0	149	8,1
3	45	0,0	45	2,2	45	48,9	45	2,2
4	51	0,0	51	0,0	51	56,9	51	7,8
5	15	0,0	15	0,0	15	20,0	15	0,0
6	12	8,3	12	8,3	12	58,3	12	8,3
7	23	0,0	23	0,0	23	60,9	23	4,3
8	19	0,0	19	0,0	19	52,6	19	5,3

N = Anzahl der teilnehmenden Beschäftigten insgesamt; Arbeitsplatzgruppen: 1 = Einmaschinenbedienung (CNC), 2 = Mehrmaschinenbedienung (CNC), 3 = Manuelle Maschine, 4 = Montage, 5 = Kontrolle, 6 = Härterei, 7 = Organisatorische Tätigkeit, 8 = Sonstige

