

# Ergonomieanalyse

Dr.-Ing. Tobias Hellig  
Institut für Arbeitswissenschaft der RWTH Aachen University



## Einleitung

Der Begriff der Muskel- und Skeletterkrankungen subsummiert eine Reihe von Erkrankungen des menschlichen Bewegungsapparates. Hierzu zählen neben Gelenkerkrankungen wie z. B. Arthrose und die Rheumatoide Arthritis auch Rückenschmerzen. Sie treten häufig bei degenerativen Erkrankungen der Wirbelsäule auf (bspw. Bandscheibenvorfälle). Muskel- und Skeletterkrankungen können eine Vielzahl an Ursachen zugrunde liegen: Fehlbelastungen, Schädigungen oder Erkrankungen können Knochen, Gelenke, Bindegewebe, Muskel oder Nerven betreffen. (Robert Koch-Institut 2015)

Muskel- und Skeletterkrankungen stellen eine große Herausforderung für die meisten Industrienationen dar. In Deutschland wie auch weltweit sind Muskel- und Skeletterkrankungen der häufigste Grund von Schmerzen und Funktionseinschränkungen, die häufigste Ursache von Arbeitsunfähigkeitstagen (AU-Tagen) sowie der zweithäufigste Anlass für gesundheitsbedingte Frühberentungen (Robert Koch-Institut 2015). In der vergangenen Dekade ist eine steigende Anzahl an Muskel- und Skeletterkrankungen zu beobachten (Vos et al. 2017). Im Jahr 2017 verursachten Muskel- und Skeletterkrankungen ein Viertel aller Arbeitsunfähigkeitstage unter den Versicherten der deutschen Betriebskrankenkassen und unter denen der Allgemeinen Ortskrankenkassen (AOK), deren Versicherte zusammen fast 40 % aller gesetzlich versicherten Erwerbstätigen in Deutschland darstellen (Knieps et al. 2018; Meyer et al. 2018).

Die Ergonomie befasst sich mit der systematischen Analyse und Beurteilung der Gestaltung der menschlichen Arbeit. Ziel ist gleichermaßen die Steigerung des menschlichen Wohlbefindens sowie der Leistung von Arbeit (Schlick et al. 2018). Hierzu ist neben der Gestaltung der Arbeit auch der arbeitende Mensch mit seinen Leistungsvoraussetzungen in die Analyse mit einzubeziehen. Denn die Auswirkungen von Arbeitsbedingungen auf den arbeitenden Menschen werden neben den Arbeitsbedingungen insbesondere auch durch die Merkmale der Arbeitsperson wie z. B. Alter, Geschlecht, körperlicher Trainingszustand etc. bedingt.



## Gefährdungsbeurteilung bei arbeitsbedingten Muskel- und Skeletterkrankungen

Für die Reduzierung und Prävention von arbeitsbedingten Muskel- und Skeletterkrankungen bedarf es zunächst einer Analyse der Arbeitsbedingungen sowie einer nachfolgenden Risikobewertung der Arbeitsbedingungen für das Entstehen von Muskel- und Skeletterkrankungen. Dies wird durch einschlägige Rechtsvorschriften der Europäischen Union, wie z. B. der EU-Arbeitsschutz-Rahmenrichtlinie, vorgeschrieben und wurde durch das deutsche Arbeitsschutzgesetz (ArbSchG) in nationales Recht umgesetzt.

Die beobachtungs-basierte Erhebung von Arbeitsbedingungen stellt bis heute die am weitesten verbreitete Vorgehensweise zur Analyse von Arbeitsbedingungen dar. Praxisorientierte und wissenschaftliche Forschung und Entwicklung haben eine Vielzahl an Methoden zur beobachtungs-basierten Erhebung von Arbeitsbedingungen erarbeitet. Für den Einsatz dieser Methoden in der industriellen Praxis nehmen insbesondere die kurze Analysedauer sowie die nachvollziehbare Darstellung der Ergebnisse einen besonderen Stellenwert ein.

Zur Abschätzung der Auswirkungen der erfassten Arbeitsbedingungen sowie der Einleitung von Präventionsmaßnahmen ist nach der Erfassung eine Bewertung der Arbeitsbedingungen notwendig. Die etablierten Methoden beinhalten hierzu eine entsprechende Vorgehensweise. Für die einzelnen erfassten Arbeitsbedingungen erfolgt i. d. R. eine Vergabe von sog. Belastungspunkten für ergonomisch ungünstige Arbeitsbedingungen. Die Summe der Belastungspunkte erhöht sich mit zunehmender Belastungsdauer und -höhe. Die Risikoabschätzung erfolgt üblicherweise anhand der Einteilung der Belastungspunkte in ein Dreizonenmodell, auch Ampelschema genannt. Dabei wird zwischen einem vernachlässigbaren bzw. grünen Risiko, einem erhöhten bzw. gelben Risiko und einem hohen bzw. roten Risiko unterschieden. Je mehr Belastungspunkte vergeben werden, desto höher fällt die Summe der Belastungspunkte aus. Hohe Summen der Belastungspunkte führen zu einer Einteilung des Arbeitsplatzes in eine höhere Risikozone.



**FlexDeMo**

GEFÖRDERT VOM



Zusammen.  
Zukunft.  
Gestalten.

Etablierte Verfahren für den Bereich von manuellen Tätigkeiten sind bspw. die Leitmerkalmethoden der Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin zur Analyse von:

- Manuellem Heben, Halten und Tragen von Lasten,
- Manuellem Ziehen und Schieben von Lasten,
- Manuellen Arbeitsprozessen,
- Ganzkörperkräften,
- Körperfortbewegung und
- Körperzwangshaltungen.

Nähere Informationen zu den Leitmerkalmethoden sowie die zur Durchführung benötigten Formblätter finden sich online auf den Seiten der Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin ([Link](#)).

Daneben existieren für die Anwendung im Bereich der Analyse von

- Montagetätigkeiten die Methode des Ergonomic Assessment Worksheet (EAWS) nach Schaub et al. 2013,
- Schwerer körperlicher Arbeit die Methode des Ovako Working Posture Analysing System (OWAS) nach Karhu et al. 1977 und Stoffert 1985
- Repetitiven Tätigkeiten des Hand-Arm-Finger-Systems die Methode des Occupational Repetitive Action (OCRA) nach Occhipinti 1998.

Darüber hinaus sind im Forschungsbereich der messtechnischen Erfassung von Arbeitsbedingungen in den letzten Jahren weitreichende Fortschritte zu verzeichnen. Hierzu gehören insbesondere Sensorsysteme, welche eine messbasierte Erfassung von Körperhaltungen ermöglichen und unter dem Begriff der Motion-Capturing-Systeme zusammengefasst sind. Zu den Motion-Capturing-Systemen gehören Sensortechnologien, wie z. B. Kamera- und Tiefensensoren sowie körpergetragene Sensoren.

Die optisch basierte Erkennung von Körperhaltungen mit Kamerasystemen kann mithilfe von sog. Markern erfolgen, indem mehrere Kameras die Position der Marker im Raum erfassen und durch die Software des Kamerasystems aus der Position der Marker ein Skeletmodell abgeleitet wird. Zudem eignen sich sog. Tiefensensoren, die auf Basis der Silhouettenerkennung durch die Reflexion kurz-gepulster Laserimpulse eine Erfassung von Körperteilen ermöglichen, wie z. B. die Microsoft Kinect V2 oder die Intel RealSense; diese Systeme sind nicht auf die Verwendung von Markern angewiesen.

Weiterhin stehen neben den optischen Systemen auch körpergetragene Sensoren zur Erfassung von Körperhaltungen zur Verfügung. Hierzu gehören Winkelmesser, magnetische Systeme, inertielle Messeinheiten (englisch: inertial measurement unit) sowie Kombinationssysteme.

Neben dem Vorteil der Reduzierung der benötigten Ressourcen, wie z. B. Zeit- und Personalaufwand für die Erfassung von Arbeitsbedingungen sowie einen starken Zuwachs an Genauigkeit der erhobenen Daten, ist zudem eine individuelle Risikobetrachtung möglich. Durch die Softwareseitige Verarbeitung der messtechnisch erfassten Bedingungen ist auch eine Bewertung dieser anhand persönlicher Merkmale wie Alter, Geschlecht, Körpergröße etc. möglich. Somit bietet die messtechnische Erfassung auch eine Möglichkeit zur Erhöhung der Wirksamkeit von Präventionsmaßnahmen, da diese auf die Bedürfnisse der individuellen Arbeitsperson abstimbar sind.

Das Institut für Arbeitswissenschaft der RWTH Aachen University entwickelt und gestaltet mit langjähriger Erfahrung in der Abteilung Ergonomie und Mensch-Maschine-Systeme anwendungsnahe Methoden und Lösungen zu ergonomischen Fragestellungen in der Praxis. Im Rahmen dieser Forschungs- und Entwicklungsarbeit entstand am IAW die sog. ErgoCAM. Diese ermöglicht auf Basis eines Tiefensensors die Erfassung von Körperhaltungen durch kurz-gepulste Laserimpulse. Mit den so erfassten Daten ist eine messtechnisch basierte Risikobewertung, bspw. im Rahmen der Lastenhandhabung, möglich (Brandl 2017; Hellig 2019; Hellig et al. 2020).



### **Prävention von arbeitsbedingten Muskel- und Skeletterkrankungen**

Auf Basis der Erfassung und Bewertung der Risiken von Arbeitsbedingungen sind Interventionsmaßnahmen (Verbesserungsmaßnahmen) abzuleiten, welche zu einer Reduzierung des Risikos für das Entstehen von Muskel- und Skeletterkrankungen beitragen. Eine Orientierungshilfe zur Entwicklung von Interventionsmaßnahmen bietet der TOP-Ansatz der Arbeitssicherheit (Schlick et al. 2018), der die Schaffung von technischen (T), organisatorischen (O) und persönlichen (P) Voraussetzungen vorsieht, die einer schädigenden Wirkung von Belastungen im Arbeitssystem entgegenwirken. Dem Ansatz zufolge ist zunächst eine Entwicklung technischer Maßnahmen (T) anzustreben, welche eine gesundheitsgefährdende Auswirkung von Arbeitsbedingungen reduzieren können. Demnach sind konstruktive oder technische Lösungen in das Arbeitssystem zu integrieren, welche dazu dienen, bspw. ungünstige Körperhaltungen zu vermeiden oder einen Wechsel zwischen Sitzen, Stehen und Gehen ermöglichen. In der Praxis wird dies durch eine räumliche Gestaltung des Arbeitsplatzes realisiert, welche sich an der Anthropometrie der Arbeitspersonen ausrichtet (Schlick et al. 2018).



Der Entwicklung technischer Lösungen ist die Entwicklung organisatorischer Maßnahmen (O) untergeordnet, die bei nicht ausreichender Wirksamkeit von technischen Maßnahmen zu ergreifen sind. Bspw. stellen zeitliche Merkmale wie lange Arbeitszeiten oder hohe Bewegungsfrequenzen eine Ursache von Erkrankungsrisiken dar. Zur Reduzierung des gesundheitlichen Risikos von Arbeitspersonen zielen organisatorische Maßnahmen auf eine Reduzierung der zeitlichen Merkmale ab.

Ergänzend zu technischen und organisatorischen Lösungen sind persönliche Maßnahmen (P) zu treffen, welche darauf abzielen, die Arbeitsperson aktiv oder passiv vor schädigenden Einflüssen zu schützen (Schlick et al. 2018). Hier sind beispielsweise Schulungen und Trainingsmaßnahmen zu nennen, die auf eine optimierte Körperhaltung der Arbeitsperson und somit eine Reduzierung von Risiken durch Körperhaltungen abzielen (Daniels et al. 2017). Da persönlichen Maßnahmen nach dem TOP-Ansatz die geringste Effektivität zugemessen wird, stellen diese grundsätzlich die letzte Stufe der Interventionsmaßnahmen dar.

### Literatur:

- Brandl, C. (2017). *Ergonomische Analyse von Körperhaltungen in Produktionssystemen für eine computergestützte Arbeitsgestaltung und –organisation* (Dissertation, RWTH Aachen University).
- Daniels, K., Gedikli, C., Watson, D., Semkina, A. & Vaughn, O. (2017). Job design, employment practices and well-being: A systematic review of intervention studies. *Ergonomics*, 60(9), 1177–1196. <https://doi.org/10.1080/00140139.2017.1303085>
- Hellig, T. (2019). *Muskuloskeletale Beanspruchung unter Berücksichtigung der Wechselwirkungen von Körperteilhaltungen* (Dissertation, RWTH Aachen University).
- Hellig, T., Johnen, L., Mertens, A., Nitsch, V. & Brandl, C. (2020). Prediction model of the effect of postural interactions on muscular activity and perceived exertion. *Ergonomics*, 63(5), 593–606. <https://doi.org/10.1080/00140139.2020.1740333>
- Karhu, O., Kansi, P. & Kuorinka, I. (1977). Correcting working postures in industry: a practical method for analysis. *Applied Ergonomics*, 8(4), 199–201. [https://doi.org/10.1016/0003-6870\(77\)90164-8](https://doi.org/10.1016/0003-6870(77)90164-8)
- Knieps, F., Pfaff, H. & Bauer, S. (Hrsg.). (2018). *Arbeit und Gesundheit Generation 50+. Zahlen, Daten, Fakten* (BKK Gesundheitsreport, 42.2018). Medizinisch Wissenschaftliche Verlagsgesellschaft.
- Meyer, M., Wenzel, J. & Schenkel, A. (2018). Krankheitsbedingte Fehlzeiten in der deutschen Wirtschaft im Jahr 2017. In B. Badura, A. Ducki, H. Schröder, J. Klose & M. Meyer (Hrsg), *Fehlzeiten-Report 2018. Sinn erleben - Arbeit und Gesundheit* (S. 331–536). Springer. [https://doi.org/10.1007/978-3-662-57388-4\\_29](https://doi.org/10.1007/978-3-662-57388-4_29)
- Occhipinti, E. (1998). OCRA: A concise index for the assessment of exposure to repetitive movements of the upper limbs. *Ergonomics*, 41(9), 1290–1311.
- Robert Koch-Institut. (2015). *Gesundheit in Deutschland. Gesundheitsberichterstattung des Bundes. Gemeinsam getragen von RKI und Destatis*. Robert-Koch-Institut.
- Schaub, K., Caragnano, G., Britzke, B. & Bruder, R. (2013). The European Assembly Worksheet. *Theoretical Issues in Ergonomics Science*, 14(6), 616–639. <https://doi.org/10.1080/1463922X.2012.678283>
- Schlick, C., Bruder, R. & Luczak, H. (2018). *Arbeitswissenschaft*. Springer. <https://doi.org/10.1007/978-3-662-56037-2>
- Stoffert, G. (1985). Analyse und Einstufung von Körperhaltungen bei der Arbeit nach der OWAS-Methode. *Zeitschrift für Arbeitswissenschaft*, 39(11), 31–38.
- Vos, T., Abajobir, A. A., Abate, K. H., Abbafati, C., Abbas, K. M., Abd-Allah, F., Abdulkader, R. S., Abdulle, A. M., Abebo, T. A., Abera, S. F., Aboyans, V., Abu-Raddad, L. J., Ackerman, I. N., Adamu, A. A., Adetokunboh, O., Afarideh, M., Afshin, A., Agarwal, S. K., Aggarwal, R., ... Murray, C. J. L. (2017). Global, regional, and national incidence, prevalence, and years lived with disability for 328 diseases and injuries for 195 countries, 1990–2016. A systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2016. *The Lancet*, 390(10100), 1211–1259. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(17\)32154-2](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(17)32154-2)

