

Belastung des Hand-Arm-Komplexes durch Übertragung von Impact-Kräften in der Automobil-Montage

Lukas HAUSMANNINGER

Institut für Biomechanik und Orthopädie, Deutsche Sporthochschule Köln

Kurzfassung: Muskuloskeletale Erkrankungen des Hand-Arm-Systems zeigen in der Automobil-Montage eine immer weiter steigende Prävalenz. Aufgrund der fixen Taktzeit und teilweise erschwerten Erreichbarkeit zu den Fügestellen nutzen Werker die Hand häufig auch als Schlagwerkzeug. Bisherige Studien zu den typischen Belastungsmustern in der Automobil-Montage liefern keine konkreten Informationen, wie die Hand als Schlagwerkzeug in der Montage eingesetzt und belastet wird. Ziel dieser Studie war es daher, Schlagfälle an typischen Arbeitsplätzen in der PKW-Montage bezüglich der Krafrichtung und Hand-Arm-Stellungen zu analysieren. Im Rahmen der Analyse wurden fünf Montagelinien mit insgesamt 2430 Arbeitsplätzen untersucht. An 170 ($\approx 7\%$) Arbeitsplätzen wurde die Hand regelmäßig als Schlagwerkzeug eingesetzt. Insgesamt konnten im Schnitt 120 Schlagfälle pro Produktionslinie identifiziert werden. Dabei sind ca. 42% der Schlagfälle mit signifikant hoher Kraftübertragung identifiziert worden. Die häufigsten Schlagfälle waren an Verkleidungsteilen oder Fahrzeugteilen mit Klammer-/Clips-Verbindungen erkennbar. Mit ca. 38% aller Schlagfälle stellen Schläge nach unten die häufigste Schlagrichtung dar.

Schlüsselwörter: Handimpact, Maximalkräfte, Automobil-Montage, Hand als Hammer

1. Einleitung

In der Automobil-Industrie haben sich zur Optimierung der Montageprozesse sowie zur Reduzierung der Montagekosten Clipsverbindungen als Befestigungstechnik etabliert (Salmanzadeh, 2011). Montageteile, speziell Verkleidungsteile im Fahrzeuginnenraum, werden vom Werker mit der Hand durch Druck und bei hohen Widerständen nicht selten durch Schläge mit der Handfläche oder Handkante in die Karosserie eingesetzt und verrastet. Dabei werden Gelenke und Hand sowie deren beteiligte Weichteil- und Knochenstrukturen hohen Belastungen ausgesetzt. Die dadurch auftretenden kumulativen Belastungserkrankungen durch stumpfe Stoßbelastungen zeigen steigende Inzidenzen (Potvin et al., 2000). Eine hohe Kraftübertragung mit einer gleichzeitig hohen Wiederholungsrate verhindert die notwendige Regenerationsphase im Gewebe, wodurch langfristig chronische Erkrankungsbilder, wie das Hypothenar-Hammer-Syndrom, auftreten können. In einer typischen Montagelinie der PKW-Fertigung sind Arbeitsplätze mit einem hohen Kraftanforderungsprofil für die Werker keine Seltenheit. Bisher fehlen Studien zu den verschiedenen Gelenkstellungen, Krafrichtungen sowie zur Häufigkeit des Schlagens in der PKW-Montage.

2. Analysemethodik

Zur Analyse der Schlagtätigkeiten an den verschiedenen Arbeitsplätzen wurde eine Checkliste mit den wesentlichen Faktoren entworfen (siehe Abbildung 1). Biomechanisch relevant sind beim Schlagen (Impulshaltige Kraftübertragung) die Schlagrichtung, die Oberflächengeometrie sowie die Handstellung. Die Richtung der Kraftübertragung wurde in Schläge nach unten, nach vorne, zur Seite nach innen, zur Seite nach außen, nach oben und zum Körper hin eingeteilt. Zusätzlich sollte im Analyse-Feld „Hohe Kraft“ ein augenscheinlich hoher Kraftaufwand beim Schlagen markiert werden. Die Oberflächengeometrie an der Kraftübertragungsstelle am Bauteil wurde in eine schmale Kontaktfläche, bei der die Fläche kleiner als die Fläche des Kleinfingerballens ist, in eine abgerundete Kontaktfläche mit einer Fläche größer als der Kleinfingerballen aber nicht plan und in eine plane Kontaktfläche mit einer Fläche größer als die Handfläche und komplett plan eingeteilt. Die Handstellungen wurden unabhängig von der Schlaganzahl pro Arbeitsplatz erfasst.

Schlagfälle Montage	Σ	Schläge							Arbeitsplätze				He		
ML (25)	107	42	22	23	6	9	5	45	18	55	34	24	1	11	1
	%	39	21	21	6	8	5	42	17	51	32	96	4	44	4
1130	12	4	4	4					12			1		1	

Abbildung 1: Ausschnitt der Checkliste mit den verschiedenen Schlagfaktoren

3. Ergebnisse

Im Rahmen der Analyse wurden fünf Montagelinien mit insgesamt 2430 Arbeitsplätzen untersucht. An 170 (≈7%) Arbeitsplätzen wurde die Hand regelmäßig als Schlagwerkzeug eingesetzt. Insgesamt konnten im Schnitt 135 Schlagfälle pro Produktionslinie identifiziert werden. Dabei wurden ca. 42% der Schlagfälle mit einer offensichtlich hohen Kraftübertragung eingestuft. Starkes Schlagen tritt

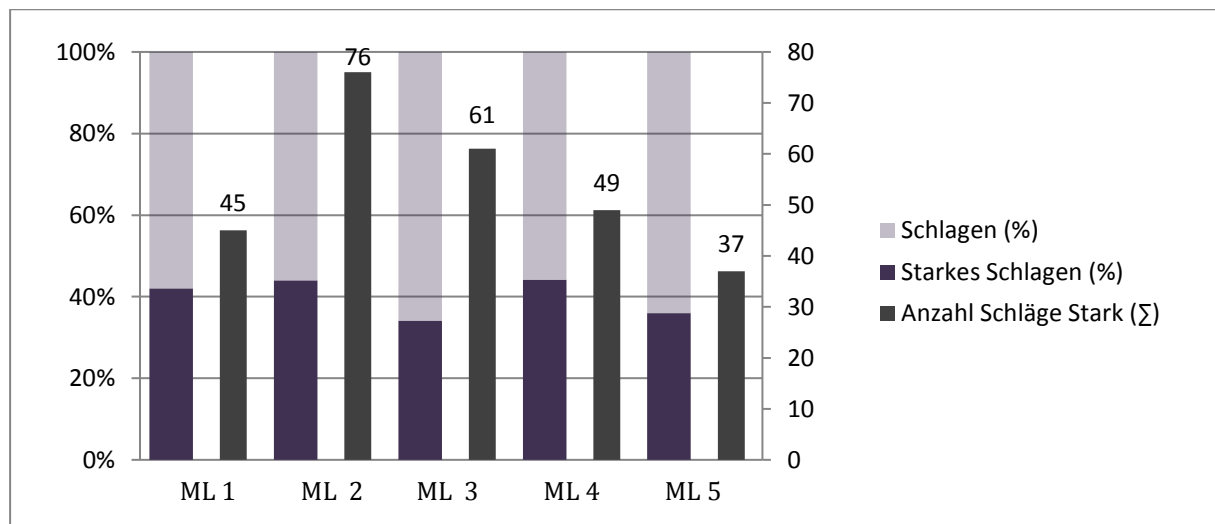


Abbildung 2: Verteilung der Anzahl von starken Schlägen im prozentualen Vergleich sowie in absoluten Zahlen

typischerweise immer dort auf, wo ein hoher Widerstand durch die Klammer-/Clips-Verbindung zu überwinden ist oder das Bauteil durch den Schlag gleichzeitig positioniert und gefügt wird. Die häufigsten Schlagfälle waren an Verkleidungsteilen am Exterieur sowie Interieur erkennbar. Mit ca. 38% aller Schlagfälle stellten Schläge nach unten die häufigste Schlagrichtung dar. Der größte Anteil der Schläge erfolgte auf abgerundeten Flächen (≈54%) (siehe Abbildung 2 und 3).

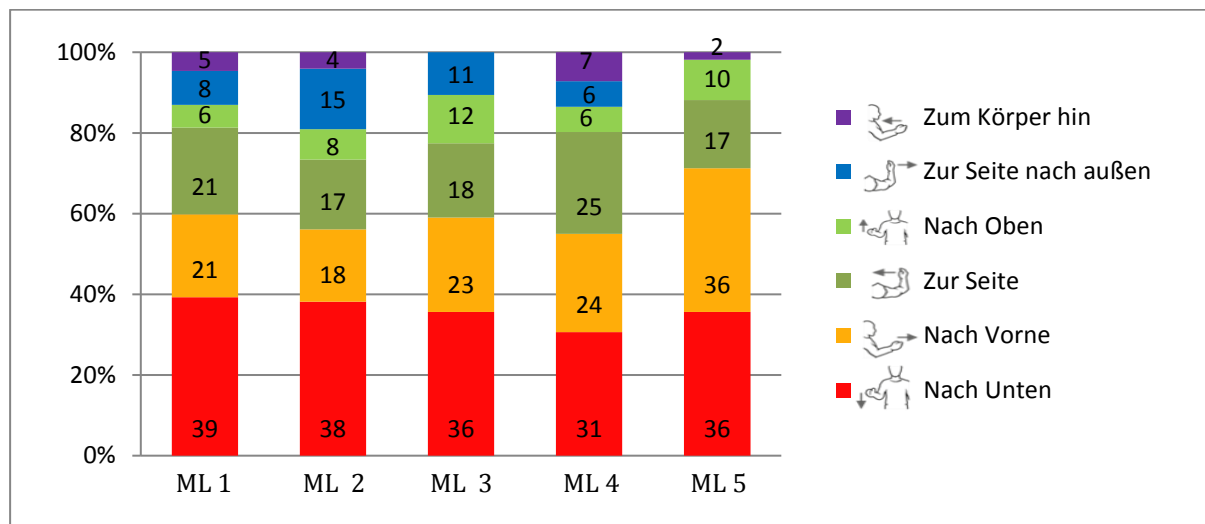


Abbildung 3: Prozentualer Vergleich der ausgeführten Krafrichtungen im Hand-Arm-Komplex

Abbildung 4 zeigt in dieser Analyse die häufigsten Kombinationen aus Handstellung und Schlagrichtung. Absteigend sortiert beginnend bei 1 für Handflächenschlag nach unten bis zu seitlichem Schlagen mit der Faust nach außen.

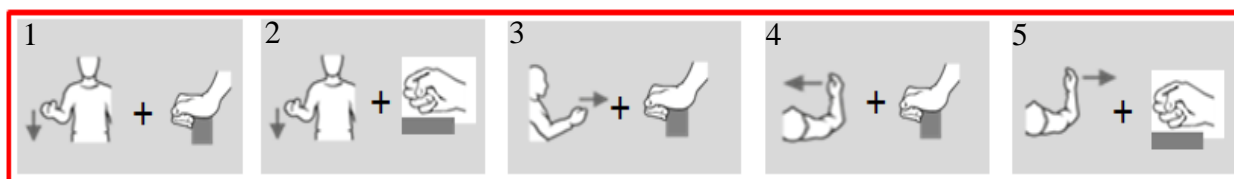


Abbildung 4: Darstellung der häufigsten Kombinationen aus Schlagrichtung sowie Handstellung

4. Diskussion

Die Ergebnisse dieser Studie zeigen, dass die Schlagrichtung nach unten mit der Handfläche und der Faust sowie der Schlag nach vorne mit der Handfläche als häufigste Schlagtätigkeit einhergehen. Bei der Betrachtung bisheriger Studien mit dem Thema Impact-Belastung auf die Hand zeigt Potvin et al. (2000) Ergebnisse zu gemessenen Hand-Impact-Kräften bei Schlägen mit der Handfläche zur Seite. Typischerweise wird dieser Schlag mit dem bei einem Tennis-Vorhand-Schlag verglichen. Ein weiteres Ergebnis dieser Analyse zeigt, dass gerade bei sehr hohen Schlagkräften die Schläge nach unten besonders häufig auftreten. Aus der biomechanischen Betrachtung zeigen extern auftretende Drehmomente hohe im

Gelenk wirkende Kräfte, welche das Gelenk sowie die betroffene Muskulatur belasten. Unterschiede in der Belastung für das Handgelenk bei dem Vergleich zwischen der Handfläche und der Faust sind in der Literatur nicht bekannt. In der Praxis zeigt sich, dass der Werker bei sehr hohem Widerstand die Faust zur Kraftübertragung verwendet. Die kleinere Fläche der Faust ermöglicht eine gezieltere kleinflächige Druckverteilung bei gleichem Kraftaufwand. Die Analyse der Schlagfälle an den Montagelinien dient als Ausgangssituation für zukünftige biomechanische Untersuchungen der Auswirkungen von Schlagbelastungen auf den Hand-Arm-Komplex.

5. Fazit

Die häufigsten auftretenden Schlagrichtungen sind Schläge nach unten sowie zur Seite mit der Handfläche oder bei besonders harten Schlägen mit der Faust. Im Zusammenhang mit der runden Oberflächengeometrie, welche über 50% der geschlagenen Flächen ausmachen, sollte gerade die Druckverteilung und die Belastung für die Weichteilstruktur bei Schlägen mit Hand untersucht werden. Ebenso wird empfohlen, Krafrichtungen sowohl in vertikaler (bei Schlägen nach unten) als auch in horizontaler Richtung zu vergleichen. Weitere Untersuchungen sollten speziell den Vergleich zwischen Druck- und Schlagkräften behandeln. Hierbei ist zu vermuten, dass der erforderliche Kraftaufwand in den Schlägen von der Art und der Höhe des Widerstands des jeweiligen Fügepunktes abhängt. Dass der Werker an der Montagelinie versucht mit Schlägen Bauteile mit Clips-Einrastverbindungen zu verbauen, liegt an der deutlich schnelleren Ausführung der Montage und ist somit nachvollziehbar und kann nicht vermieden werden. Vielmehr sollten durch biomechanische Untersuchungen gezielt Risikofaktoren und bestenfalls Grenzen für risikofreies Schlagen identifiziert werden, damit der Werker in der PKW-Montage auch in Zukunft seine Hand ohne Schutzhandschuh beschwerdefrei als Hammer verwenden kann.

6. Literatur

- BGIA-Report 3 (2009): Der montagespezifische Kraftatlas. Institut für Arbeitswissenschaft der Technischen Universität Darmstadt IAD. (Hrsg) Institut für Arbeitsschutz der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung DGUV Berlin. ISBN 978-3-88383-788-8.
- Salmanzadeh, H. (2011): Einflüsse von Greif- und Kontaktbedingungen auf die Montage von Clipsverbindungen aus der Automobilindustrie. Dissertation. Technische Universität Darmstadt. Fachbereich Maschinenbau.
- Potvin J.R.; Chiang, J.; Mckean, C. and Stephens, A. (2000): A psychophysical study to determine acceptable limits for repetitive hand impact severity during automotive trim installation. Journal of Industrial Ergonomics. Volume 26, Issue 6, Pages 625–637.

