

Kraftmessung bei der Montage mit Winkelschraubern – eine Grundlagenstudie unter Laborbedingungen

Christian BOEKELS, Annette HOPPE

*Brandenburgische Technische Universität Cottbus-Senftenberg,
Lehrgebiet Arbeitswissenschaft/ Arbeitspsychologie,
Siemens-Halske-Ring 14, D-03046 Cottbus*

Kurzfassung: Zur ergonomischen Analyse sowie zur Bewertung von Arbeitsplätzen in der Fertigung und Montage stehen Unternehmen vor der großen Herausforderung, Kraftwerte, die auf Produktionsmitarbeiter wirken, präzise zu bestimmen. Der Einsatz von Drucksensoren ermöglicht eine direkte sowie objektive Erfassung von Montagekräften unter realitätsnahen Bedingungen. Für die Montage mit Winkelschraubern ist exemplarisch ein Grundlagenversuch konzipiert worden, um die Gesamtkräfte auf der rechten Hand während des Schraubprozesses mittels Drucksensorik zu messen. Ziel dieser Grundlagenstudie ist es, die Eignung von Drucksensorsystemen zur Kraftmessung bei der Montage mit Winkelschraubern aufzuzeigen sowie insbesondere auch Möglichkeiten zur detaillierten ergonomischen Analyse darzulegen.

Schlüsselwörter: Winkelschrauber, Drucksensorik, Kraftmessung, Montagekräfte, Ergonomiebewertung

1. Einleitung

Menschengerecht gestaltete Produktionsarbeitsplätze sind neben gesetzlichen Anforderungen für produzierende Unternehmen vor allem auf Grund wirtschaftlicher Aspekte von großer Bedeutung. Kosten, die im Zusammenhang mit ergonomisch mangelhaft gestalteten Arbeitsplätzen gesehen werden, sind beispielsweise Qualitätseinbußen, Entgeltfortzahlung bei Arbeitsunfähigkeit, erhöhte Mitarbeiteranzahl usw. (vgl. Punnet 1999). Zur Gefährdungsbeurteilung vor einem ergonomischen Hintergrund existieren mehrere sog. Screeningverfahren, die der Erfassung und Bewertung von physischen Belastungen dienen (vgl. Schlick et al. 2010). In der betrieblichen Praxis stehen die Anwender dabei vor der schwierigen Aufgabe, Körperhaltungen anhand von Winkeln sowie Kraftwerte von unterschiedlichsten Tätigkeiten zu bestimmen (vgl. Walther & Gerhard 2014). Geeignete Messmittel, die eine direkte Erfassung unter realitätsnahen Bedingungen ermöglichen, sind derzeit wenig verbreitet, weshalb Kraftwerte oft nur durch Schätzungen bestimmt werden (vgl. Franzke & Walther 2015). Präzise Kraftwerte sind aber vor allem wichtig, um eine adäquate ergonomische Analyse zur Identifikation gesundheitsgefährdender Tätigkeiten zu ermöglichen. Im Weiteren bildet dies eine Grundlage zur Kontrolle sowie zur zielgerichteten Steuerung von ergonomischen Verbesserungen. Drucksensorsysteme ermöglichen eine Messung von Kraftwerten auf der Hand (vgl. Komi et al. 2010). Vor diesem Hintergrund wurde zur Kraftmessung mittels Drucksensorik ein Grundlagenversuch exemplarisch für Schraubtätigkeiten konzipiert.

2. Methode

Auf Basis einer Analyse relevanter Einflussfaktoren an Produktionsarbeitsplätzen mit Winkelschraubereinsatz ist bei der Entwicklung des Versuchsaufbaus insbesondere auf eine reproduzierbare sowie verifizierbare Simulation von Drehmoment, Schraubfallhärte, Schraubstrategie und Körperhaltung der Probanden geachtet worden (vgl. Boekels & Hoppe, in Druck). Die Datenauswertung erfolgt auf Basis der gemessenen Druckprofile sowie der Aufnahme relevanter Schraubdaten.

2.1 Versuchsaufbau

Abbildung 1 stellt wesentliche Komponenten des Versuchsaufbaus dar. Zu erkennen ist ein kubischer Profilaufbau mit höhenverstellbaren Elementen zum Realisieren unterschiedlicher Körperhaltungen. Mit Hilfe eines mechanischen Schraubfallsimulators wird die Schraubfallhärte eingestellt. Die kapazitive Drucksensormatte ist über einen 3D-gedruckten Griffadapter am Winkelschrauber positioniert. Bei der Griffkonstruktion ist neben den technischen Restriktionen und Anforderungen ebenfalls darauf geachtet worden, die Griffhöhe sowie den Griffdurchmesser in einem ergonomisch akzeptablen Bereich (Länge: 100 bis 130 mm; Durchmesser 30 bis 45 mm) zu halten (vgl. Lindqvist & Skogsberg 2008). Die Drehzahl sowie das Drehmoment werden über ein Steuersystem geregelt.

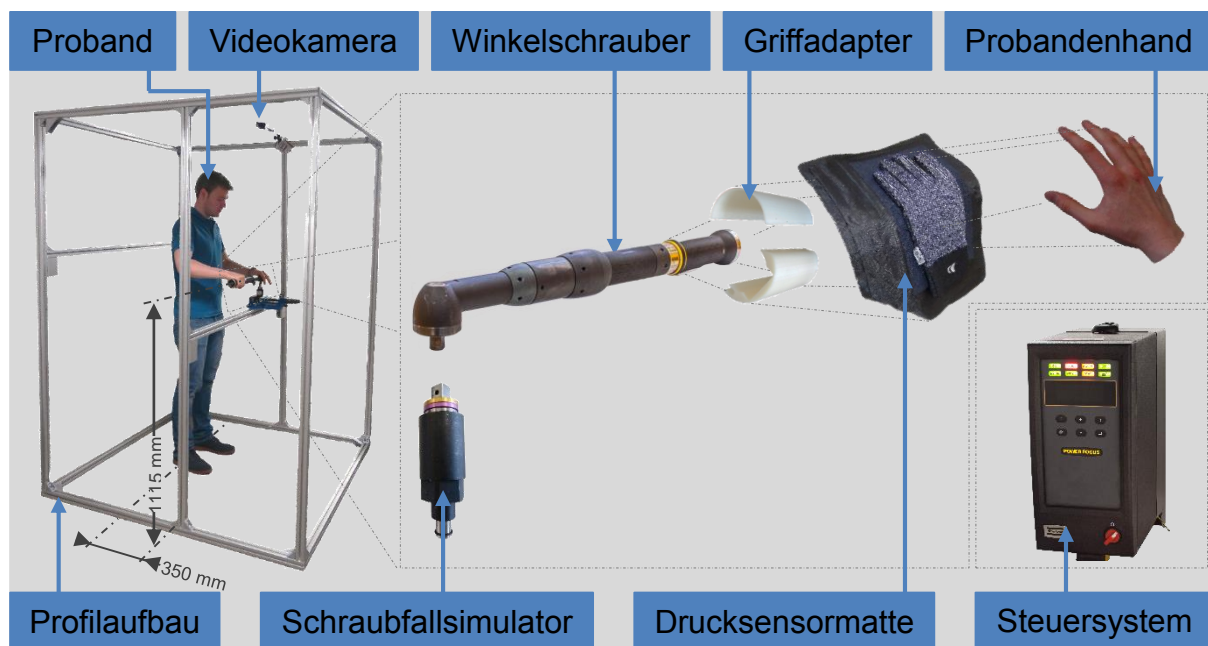


Abbildung 1: Versuchsaufbau mit wesentlichen Komponenten für die Grundlagenstudie

Im Rahmen dieser Grundlagenstudie wurde der Profilaufbau auf eine ergonomisch günstige Schraubposition entsprechend dem 50. Perzentil Männer nach DIN 33402-2 justiert.

2.2 Datenauswertung

Die Auswertung der Gesamtkraft der rechten Hand erfolgt über die gemessenen Druckprofile sowie die Flächengröße aktivierter Drucksensoren. Abbildung 2 stellt

exemplarisch ein Druckprofil der rechten Hand während der Verschraubung mit dem Winkelschrauber dar. Zur besseren Visualisierung werden bestimmte Druckbereiche in unterschiedlichen Farben gekennzeichnet. So sind beispielsweise hohe Druckbereiche rot markiert und niedrigere Druckbereiche blau markiert. Gut zu erkennen sind die einzelnen Finger der Hand des Probanden. Auf Grund der zylindrischen Form des Griffadapters respektive der Drucksensormatte ist das Längenmaß von 140 mm als Umfang aufzufassen. Folglich ist durch diese Anordnung der Daumen oberhalb der Zeigefingerspitze erkennbar.

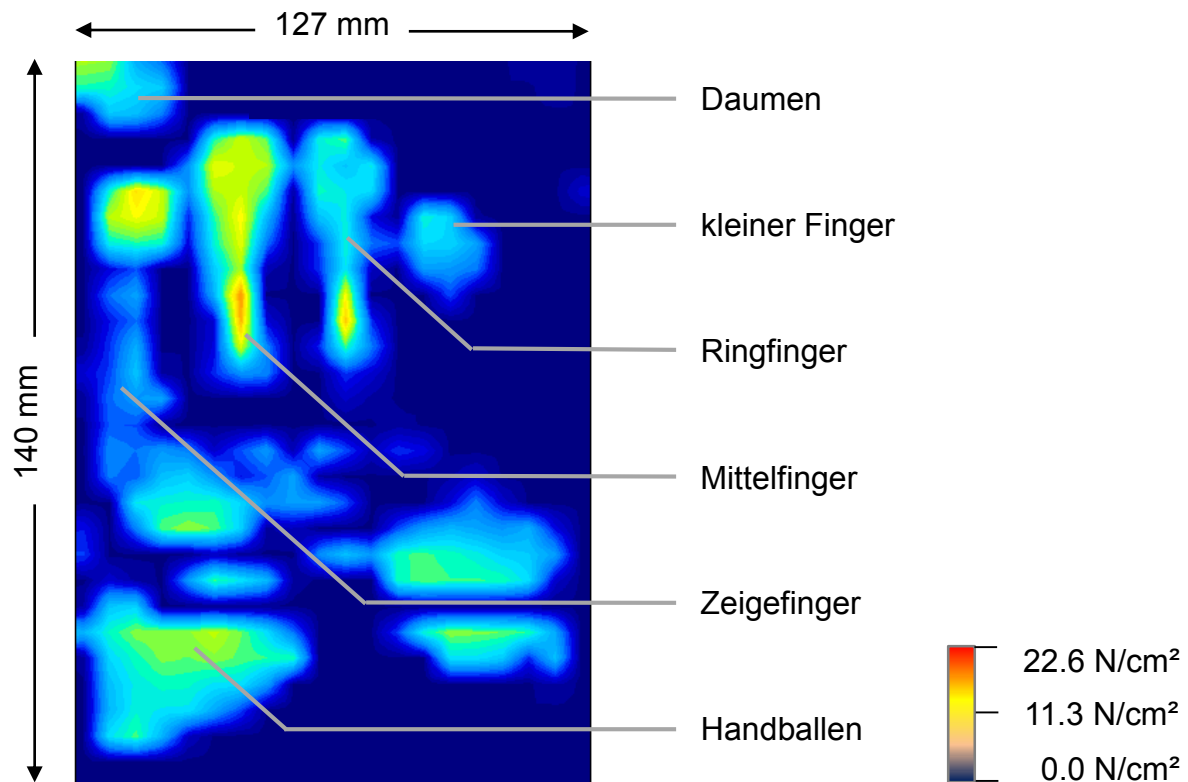


Abbildung 2: Druckprofil der rechten Hand beim Verschrauben mit Winkelschrauber

Darüber hinaus veranschaulichen die Druckprofile lokale Hauptkraftbereiche und geben insbesondere Aufschluss über den Anteil einzelner Handregionen zur Gesamtkraft.

3. Ergebnis

In Abbildung 3 ist das Messergebnis der Gesamtkraft der rechten Hand bei einer zweistufigen Verschraubung auf 30 Nm dargestellt. Die zweistufige Schraubstrategie ist der Drehmomentkurve gut zu entnehmen. So ist erkennbar, dass in der ersten Stufe mit höherer Drehzahl auf 15 Nm angezogen wird und für den Endanzug auf 30 Nm auf eine niedrigere Drehzahl umgeschaltet wird. Zudem wurden die Druckprofile mit relevanten Schraubdaten synchronisiert, die ebenfalls in Abbildung 3 mit Drehwinkel und Drehmoment dargestellt sind. Durch diese Synchronisation ist eine Zuordnung der Gesamtkraft zu spezifischen Schraubstufen möglich, wodurch die Zunahme der Gesamtkraft vom Einschrauben über die erste Stufe und zweite Stufe bis hin zum Endanzug gut zu erkennen ist (vgl. Boekels & Hoppe 2015). Weiterhin

sind in Abbildung 3 ausgewählte Druckprofile abgebildet. Deutlich wird vor allem die zunehmende physische Belastung im Bereich der Finger. Neben der präzisen Messung von Kraftwerten zeigt dies insbesondere die Bedeutung von Drucksensoren zur detaillierten ergonomischen Analyse der physischen Belastung bestimmter Bereiche der Hand.

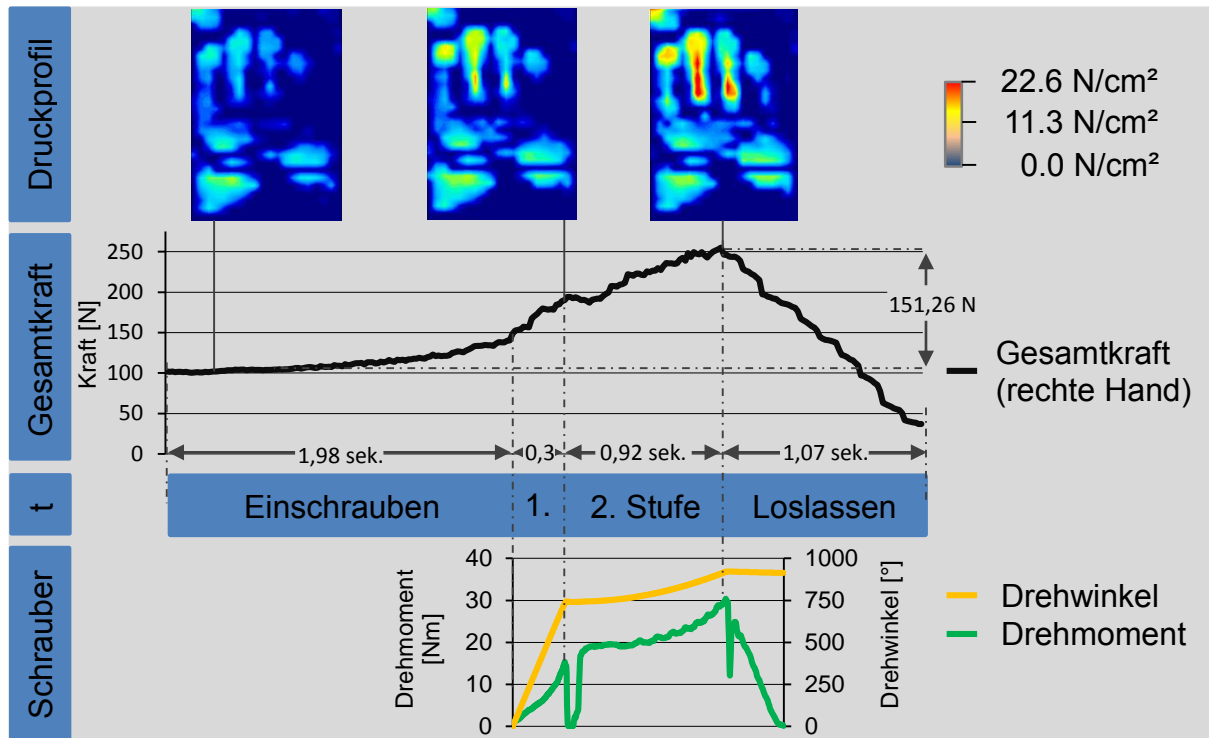


Abbildung 3: Messergebnis der Gesamtkraft sowie ausgewählte Druckprofile (rechte Hand) einer zweistufigen Verschraubung auf 30 Nm

Abschließend belegen die Ergebnisse Einsatzmöglichkeiten und Eignung von Drucksensorsystemen als Messverfahren zur ergonomischen Analyse von Montagetätigkeiten mit Winkelschraubern.

4. Ausblick

Festzuhalten ist, dass ein entsprechend standardisiertes Messverfahren sowie der Versuchsaufbau Analysemöglichkeiten für weitere Grundlagenstudien bieten. Denkbar ist die Variation relevanter Schraubeinflussparameter wie beispielsweise der Eigenschaften der Materialpaarung, ein veränderter Schraubenkopf sowie unterschiedlicher Schraubstrategien.

5. Literatur

Boekels C, Hoppe A (2015) Drucksensorsysteme zur Kraftmessung von Montagetätigkeiten. In: Stoll R, Kreuzfeld S (Hrsg.) 19. Symposium Arbeitsmedizin und Arbeitswissenschaft für Nachwuchswissenschaftler. Rostock: Universität Rostock, 9.

- Boekels C, Hoppe A (in Druck) Ergonomische Analyse von Belastungen an industriellen Schraubarbeitsplätzen. In: Tagungsband zur 56. Wissenschaftlichen Jahrestagung der Deutschen Gesellschaft für Arbeitsmedizin und Umweltmedizin e.V. (DGAUM), 9.-11. März 2016 in München
- DIN 33402-2 (2005) Ergonomie – Körpermaße des Menschen – Teil 2: Werte, Berlin: Beuth.
- Franzke B, Walther M (2015) Ermittlung von Aktionskräften durch „Nachstellen“ des Kraftaufwandes. In: Gesellschaft für Arbeitswissenschaft (Hrsg) VerANTWORTung für die Arbeit der Zukunft. Dortmund: GfA-Press, Beitrag B 1.25, 1-6.
- Komi E, Roberts J, Rothberg S (2007) Evaluation of thin, flexible sensors for time-resolved grip force measurement. In: Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part C: Journal of Mechanical Engineering Science, Volume 221, Issue 12, 1687-1699.
- Lindqvist B, Skogsberg L (2008) Ergonomie bei Handwerkzeugen. Beurteilung von Kraftwerkzeugen, Strokirk-Landströms: Atlas-Copco-Drucksache.
- Punnett L (1999) The costs of work-related musculoskeletal disorders in automotive manufacturing. In: Levenstein C (Ed) New solutions: A Journal of Environmental and Occupational Health Policy, Volume 9, Number 4, Amityville, NY: Baywood Publishing Company, Inc., 403-426.
- Schlick C, Bruder R, Luczak H (2010) Arbeitswissenschaft, 3. Auflage. Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag.
- Walther M, Gerhard C (2014) Einsatz von Druckverteilungsmesssensoren zur Erfassung von Aktionskräften in der Automobilproduktion. In: Gesellschaft für Arbeitswissenschaft (Hrsg) Gestaltung der Arbeitswelt der Zukunft. Dortmund: GfA-Press, 596-598.