

Komfortdrehmomente bei Heizkörperthermostaten

Ivana GRUBISIC¹, Bernhard KURZ¹, Johannes BROMBACH¹, Linda ZAORALKOVA²

¹ Hochschule für angewandte Wissenschaften München Fk09,
Lothstr.64, 80335 München

² Honeywell GmbH, Hardhofweg, 74821 Mosbach

Kurzfassung: Mit dem Ziel, Komfortdrehmomente für Heizkörperthermostate zu evaluieren wurden umfangreiche Messungen mit Fingerumfassung sowie Fingerzuffassung an verschiedenen Ventilkappenformen und Kappenkonturen unter standardisierten Laborbedingungen durchgeführt. Durch Maximalmomentmessungen konnte ein Abgleich mit recherchierten Literaturangaben erfolgen. Für eine Standardform wurde als Komfortbereich bei Dreifinger-Zuffassung ein Wert von etwa 0,2 bis 0,25 Nm ermittelt. Für Dreifinger-Umfassung ergibt sich ein Komfortbereich von etwa 0,3 bis 0,55 Nm. Da der Umfassungsriff meist überwiegt empfiehlt sich für Heizkörperthermostate mit Standard-Kappenform ein Wert zwischen 0,4 und 0,5 Nm. Entsprechende Losbrechmomente sollten unter 0,85 Nm liegen.

Schlüsselwörter: Komfortdrehmoment, Handdrehmoment, Thermostatdrehmoment, Produktergonomie

1. Ausgangssituation

Auf der Suche nach Empfehlungen für zulässige Drehmomente bei Handbetätigungen findet man nur spärliche sowie immer wiederkehrende Informationen. So weisen das Handbuch für Ergonomie (Schmidtke & Rühmann 1989), das EKIDES-Datenbanksystem (Schmidtke & Fraczek 2009) sowie die ergonomischen Standardwerke (Koether et al. 2001) Grenzwerte für maximal mögliche Drehmomente an Betriebsmitteln, Stellteilen und Werkzeugen aus, die alle auf die Grundlagenuntersuchungen von Schmidtke und Rühmann zurückzuführen sind. Die gerundeten Werte betragen für Schraubendreher bis zu 6 Nm, bei sitzend betätigten Drehknöpfen (horizontal wie vertikal) maximal 3 Nm. In der ergonomischen Datensammlung (Lange & Windel 2011) dagegen wird auf die DIN EN 894 (ehemals DIN 33401) Bezug genommen und ein Maximalwert von 0,7 Nm für überwiegende Handumfassung angegeben. Explizite Aussagen zu Komfortgrenzwerten für Handdrehmomente konnten nicht recherchiert werden. Lediglich in einer Untersuchung von Fritzsche (Fritzsche 2009) wird ein kraftabhängiger Diskomfort bei Kraft- und Drehmomentaufbringung, im Schulter- und Ellbogenbereich analysiert. In beiden Fällen wird ab etwa 30% Maximaldrehmoment ein Diskomfortwert nach CP50-Skala erreicht. Bei einer ersten Analyse der auftretenden Drehmomente an Heizkörperthermostaten wurde deutlich, dass abgesehen von suboptimaler Usability (Geometrie, Durchrutschen) insbesondere die Losbrechmomente im recherchierten Diskomfortbereich auftreten. Aus dieser Problematik heraus wurden die nachfolgend beschriebenen Untersuchungen an der Hochschule München in Zusammenarbeit mit der Honeywell GmbH an einem ausgewählten Kollektiv (n=10 bzw. n=30) durchgeführt.

2. Methodik

2.1 Versuchskollektiv

Als Probanden wurden Personen unterschiedlichen Alters und Geschlechts ausgewählt. Diese verteilen sich im Altersbereich 24 bis 64 Jahre mit etwa 40% Frauenanteil und Körpergrößen zwischen 164 und 200 cm. Die Testpersonen sind überwiegend normalgewichtig (BMI zwischen 18 und 25 kg/m²), normal trainiert bis sportlich, ohne Beeinträchtigungen im Hand/Arm-Bereich sowie Rechtshänder.

2.2 Versuchsaufbau und -ablauf

Die Vorgabe der Drehmomente erfolgte durch pneumatische Schwenkantriebe der Marke SMC mit 270° Drehbereich. Diese Antriebe zeigen nahezu kein Losbrechmoment bei Bewegung und weisen in Verbindung mit einem Druckspeicher bei den jeweiligen Betriebsdrücken konstante Drehmomente über den gesamten Drehbereich auf. Zur Überprüfung der in den Datenblättern ausgewiesenen Druck-Drehmoment-Zuordnung (vgl. Tab1) diente ein HIOS Digital Torque Meter HP-100, mit dem bei verschiedenen Betriebsdrücken sowie unterschiedlichen Drehwinkeln und Drehrichtungen jeweils über 10 Sekunden die Drehmomentverläufe ermittelt wurden. Danach konnten die Herstellerangaben für die wichtige Baugröße 10 mit einer Genauigkeit von -0.02/+0.04 Nm bestätigt werden und somit die Vorgaben für die Komfort- und Maximalmomentversuche ausschließlich über die Einstellungen der Betriebsdrücke realisiert werden. Die Baugrößenvariationen bedingen sich aus den teils geringen und teils hohen Erwartungswerten für Komfort- bzw. Maximalmomente.

Tabelle 1: Herstellerangaben zum effektiven Drehmoment [SMC 2014]

Baugröße	Betriebsdruck [MPa]									
	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0
10	0.18	0.36	0.53	0.71	0.89	1.07	1.25	1.42	1.60	1.78
30	0.55	1.09	1.64	2.18	2.73	3.19	3.82	4.37	4.91	5.45
50	0.93	1.85	2.78	3.71	4.64	5.57	6.50	7.43	8.35	9.28

Für die Versuche waren die Antriebe mit Schraubklemmen an einem Tisch (Höhe 76cm) befestigt und die Standpositionen durch Bodenmarkierungen vorgegeben. Die Kappenvarianten konnten mit Hilfe von Adaptern und Schrauben auf den Antrieben gewechselt werden. Als zweckmäßige Greifarten wurden Dreifinger- Zufassung und Dreifinger-Umfassung (vgl. Abb. 1) ausgewählt, obwohl letzterer nach (Bullinger & Solf 1979) dem für Heizkörperthermostate üblichen Griff entspricht, aber bspw. bei überbauten Heizkörpern nicht anwendbar ist. Zur Sicherstellung vergleichbarer, d.h. nur durch Kappenform und – oberfläche der Heizkörperthermostate beeinflusster Drehmomente wurden Testkappen und Hände vor jedem Versuch mit Alkohol gereinigt. Einer Ermüdung der Testpersonen konnte durch intermittierende Erholphasen entgegengewirkt werden.

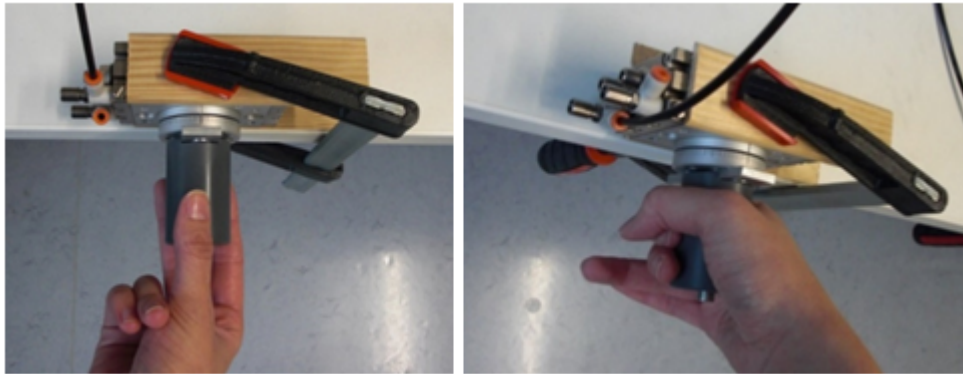


Abbildung 1: Greifarten: Dreifinger-Zufassung (links) und Dreifinger-Umfassung (rechts)

2.3 Versuchsreihen

Die beiden durchgeführten Testreihen sind so konzipiert, dass einerseits ein Abgleich mit verfügbaren Fakten sichergestellt werden kann, andererseits die spezielle Thematik Komfortdrehmomente zusätzliche wissenschaftliche Erkenntnisse zutage fördert:

Die erste Versuchsreihe (Grundversuch) wurde mit drei zylindrischen Standardformen mit glatter Oberfläche aus PVC durchgeführt. Durchmesser (35, 50 und 60mm) und Länge (55mm) orientieren sich an üblichen Abmessungen von Heizkörperthermostaten. Für beide Greifarten (3-Fingerzu- und 3-Fingerumfassung) wurde sowohl im als auch gegen den Uhrzeigersinn um 45 Grad bei steigenden Momenten gedreht und die Testpersonen nach jeder Umdrehung zum Komfortempfinden befragt (mögliche Einstufungen: zu leicht, komfortabel, erhöht und zu hoch). Parallel dazu wurden jeweils die Maximalwerte für Zufassung und Umfassung als objektive Abgleichreferenz ermittelt und die subjektive Beurteilung von Durchmesser, Form und Oberfläche dokumentiert.

Die zweite Versuchsreihe (Variantentest) wurde mit sechs verschiedenen Kappenmodellen (vgl. Abb. 2) durchgeführt, ein bereits bestehendes (#6) sowie fünf neu gestaltete. Als Grundlage für die Maße der neuen Modelle dienten die Ergebnisse aus der ersten Versuchsreihe. Mit Hilfe von Empfehlungen aus ergonomischen Standardwerken wie (Bullinger & Solf 1979) wurden mögliche Kappenformen und – oberflächen ausgewählt und mittels 3D-Druck (Material: ABS) erstellt.

Der Versuchsablauf war identisch mit dem der Versuchsreihe 1 und sollte zusätzliche Erkenntnisse hinsichtlich bevorzugter Kappenform bringen. Hierfür wurden den einzelnen Stufen von Drehmoment-, Größe-, Form- und Oberflächenbewertungen Punkte (bspw. 1 für „zu leicht“) zugeordnet, die nach Mittelung über das Gesamtkollektiv zu einem Rangwert führten und mit der jeweiligen Bedienkomfortnote der ProbandInnen so validiert werden konnten.

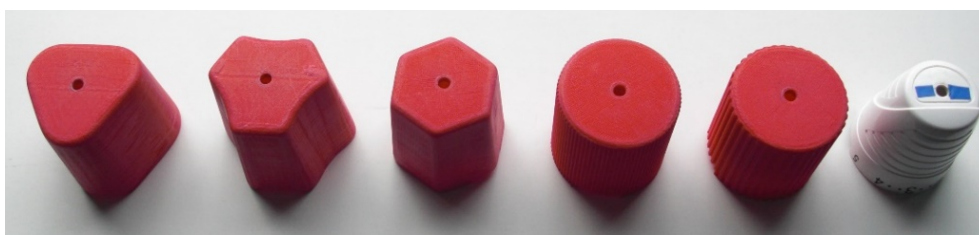


Abbildung 2: In der zweiten Versuchsreihe untersuchte Kappenformen (#1 – #6 von links nach rechts)

3. Ausgewählte Untersuchungsergebnisse und Konsequenzen

Nach den Ergebnissen der Versuchsreihe 1 wird von den drei untersuchten Größenstandards der 50mm-Durchmesser für beide Greifarten bevorzugt. Die entsprechenden Bewertungen sowie die dabei zugrunde gelegten Drehmomente sind in Abbildung 3 ausgewiesen.

Erwartungsgemäß liegen die Werte für Zufassung niedriger als jene für Umfassung. Für Dreifinger-Zufassung käme als komfortable Drehmomenteinstellung ein Wert von etwa 0,2 Nm in Frage. Das Losbrechmoment sollte für diese Greifart 0,4 – 0,45 Nm nicht übersteigen, da dieses unbedingt unter dem als „zu hoch“ bewerteten Drehmoment liegen sollte. Für Dreifinger-Umfassung konnte ein komfortabler Drehmomentbereich von etwa 0,3 - 0,5 Nm ermittelt werden. Als komfortable Einstellung wäre hier also etwa 0,4 Nm zu wählen. Das Losbrechmoment sollte bei Betätigung mit dieser Greifart 0,8 – 0,85 Nm nicht übersteigen.

Grundsätzlich lässt sich hieraus ableiten, dass Losbrechmomente nicht mehr als das Doppelte der Komfortmomente betragen sollten.

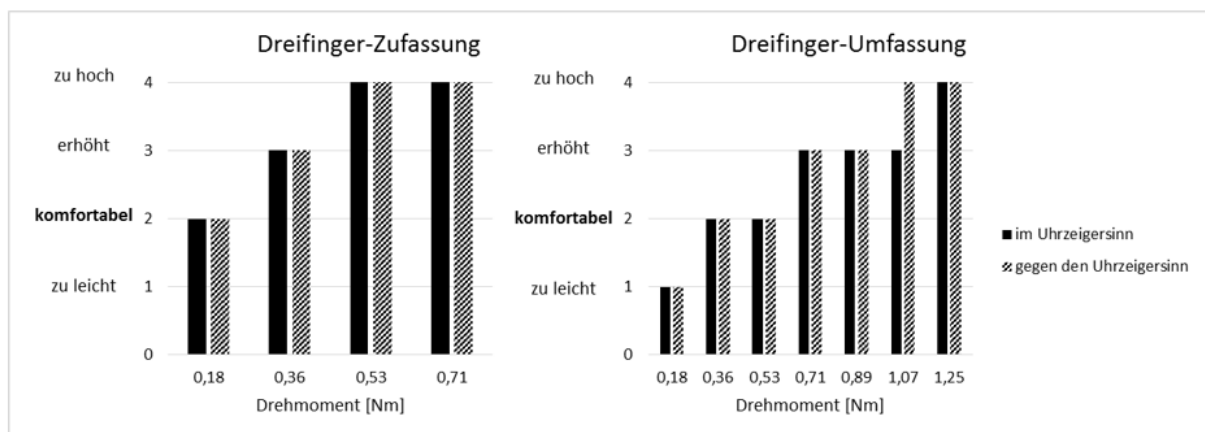


Abbildung 2: Komfortmomentbereiche für Standardform mit 50mm Durchmesser

Von den sechs untersuchten Formen in Versuchsreihe 2 sind nachfolgend die Ergebnisse der beiden runden Modelle mit axialem Profil (#4/Feinprofil und #5/Grobprofil in Abb.2) ausgewählt. Erwartungsgemäß sind im Vergleich zu den Standardformen der Versuchsreihe 1 leichte Erhöhungen (ca. 0,05 Nm) bei den Komfortdrehmomenten aufgetreten. Ebenfalls erhöht sind die Bewertungspunkte des Bedienkomforts sowie die Maximalmomente (vgl. Tab.2), hervorgerufen durch die axialen Profilierungen.

Tabelle 1: Maximalmomente für Männer und Frauen

	Greifart	Gemittelte und gerundete Maximalmomente [Nm]		
		Standardform	Kappe #4 Feinprofil	Kappe #5 Grobprofil
Männer	Dreifinger-Zufassung	0,7	1	0,9
	Dreifinger-Umfassung	3,4	4,3	4,3
Frauen	Dreifinger-Zufassung	0,6	0,9	0,8
	Dreifinger-Umfassung	2,3	2,4	2,5

Der Tabelle 2 sind zudem geschlechtsspezifische Unterschiede zu entnehmen. Diese zeigen nur geringe Variabilitäten bei Zufassung im Vergleich zu den deutlich variierenden Maximalmomenten bei Umfassung. Ähnliches spiegelt sich auch in den Bewertungen zu den Komfortmomenten wieder.

Folglich sind sowohl Greifart wie auch die geschlechtsspezifisch niedrigeren Momentwerte bei einer technischen Auslegung zu berücksichtigen. Zudem können Komfortmomente nicht einfach als Prozentsatz aus Maximalmomenten bestimmt werden.

Obwohl sich die in der Literatur ausgewiesenen Maximalwerte meist auf Handumfassung beziehen und die recherchierten Angaben für Fingerzufassung bei anderer Handhaltung oder im Sitzen ermittelt wurden (Schmidtke & Rühmann 1989 und Bullinger 1994), ergibt ein Vergleich mit den in der aktuellen Studie ermittelten Maximalwerten vor allem für Umfassung eine gute Übereinstimmung und stellt damit die repräsentative Validität für die ermittelten Komfortmomente sicher.

Stehen bei einer suboptimalen Greifsituation auch Aspekte wie Positionserkennung oder räumliche Einschränkung eine Rolle, sind neben den zylindrischen Formen auch Alternativen zu beachten.

4. Literatur

- Bullinger H J, Solf J J (1979) Ergonomische Arbeitsmittelgestaltung I, Systematik. Forschungsbericht Nr. 196 der Bundesanstalt für Arbeitsschutz, Dortmund. Bremerhaven: Wirtschaftsverlag NW
- Bullinger H J (1994) Ergonomie, Produkt- und Arbeitsplatzgestaltung. Stuttgart: Teubner
- Fritzsche F (2009) Kraft- und Haltungsabhängiger Diskomfort unter Bewegung. Dissertation, TUM Fakultät Maschinenbau, München
- Koether R, Kurz B, Seidel U A, Weber F (2001) Betriebsstättenplanung und Ergonomie. München Wien: C. Hanser Verlag.
- Lange W, Windel A (2011) Kleine ergonomische Datensammlung. Köln: TÜV Media, Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin (Hrsg).
- Schmidtke H, Rühmann H (1989) Handbuch der Ergonomie. Koblenz: Bundesamt für Wehrtechnik und Beschaffung.
- Schmidtke H, Fraczek I J (2009) EKIDES – ergonomisches Datenbanksystem V8.08.LFE 2009. SMC (01.12.2014): https://www.smc.eu/portal_ssl/WebContent/local/DE/E1-Katalog/Kataloge/MSQB.pdf