

Arbeitsprozesse und Wertschöpfungsbeiträge bei der Flugzeug-Enteisung

Kurt LANDAU, Sylvie NADEAU, Tiphaine LE FLOCH, Françoise MORENCY

École de technologie supérieure (ÉTS), Montréal/Canada

Kurzfassung: Der folgende Aufsatz befasst sich mit Arbeits- und Zeitstudien und den ergonomischen Konsequenzen bei der Flugzeug-Enteisung. Wir haben am Flughafen Pierre Elliott Trudeau in Montréal im Zeitraum von Dezember 2016 bis März 2017 videogestützte Arbeitsstudien bei 11 Enteisern in offenen Körben vorgenommen (n = 1192 Einzelbeobachtungen, Dauer der Beobachtungssessions 59 – 96 min). Nach einer Darstellung der Arbeitssysteme der Enteisler erfolgte eine hierarchische Aktivitätenanalyse nach der REFA-Methodik. Aus den Aktivitäten wurden Arbeitsenergieumsätze berechnet. Sie liegen – je nach Witterungsbedingungen, Flugverkehr, Arbeitsweisen der Enteisler u.a. – zwischen 4 und 13 kJ/min. Die Wertschöpfungsbeiträge der einzelnen Aktivitäten wurden klassifiziert. Etwa ein Drittel der Enteisungsaktivitäten ist direkt wertschöpfend, zwei Drittel sind nur indirekt wertschöpfend oder ohne Wertschöpfung.

Schlüsselwörter: Enteisung, Flugsicherheit, Arbeitsstudie, Arbeitsenergieumsatz, Ergonomie, Wertschöpfung

1. Fragestellung

Die Enteisung der Flugzeuge am Boden hat sicherheitstechnische und ökologische Aspekte, ist aber zugleich auch eine sehr große Herausforderung für die betroffenen Mitarbeiter. So berichtet z.B. *Transport Canada* allein für den Zeitraum ab 2009 von 19 Unfällen oder Vorkommnissen, die auf fehlerhafte Flugzeugenteisung zurückgeführt werden konnten.

Arbeitsgestaltung und Arbeitsorganisation bei der Flugzeugenteisung sind auf den verschiedenen Großflughäfen durchaus unterschiedlich realisiert. Die Enteisung kann entweder durch die Luftfahrtgesellschaft selbst oder durch einen Dienstleister vorgenommen werden. Als Enteisungstechniken kommen chemische oder thermische Applikationen infrage. Auf thermische Applikationen sowie auf ökologische Aspekte der Enteisung wird hier nicht weiter Bezug genommen. Der ergonomische Forschungsstand wird bei Nadeau et al (2017) besprochen.

Wir beziehen uns in diesem Aufsatz auf die Betriebsorganisation der Enteisung wie sie an zahlreichen Flughäfen in Nordamerika und in Nordeuropa durchgeführt wird. Die Beschäftigten leisten statische Haltungs- und Haltearbeit, schwere dynamische und einseitige dynamische Arbeit sowie in geringerem Umfang auch informativ-mentale Arbeit, vor allem bei der Kommunikation und Informationsweitergabe. Sie sind zahlreichen physikalisch-chemischen Umgebungseinflüssen ausgesetzt, das sind Lärm, Vibrationen, Blendung und vor allem im Regelfall sehr ungünstige Witterungsbedingungen durch Kälte, Regen, Schneefall und Wind. Die Gefahrstoffbelastung durch Ethylenglykol ist keinesfalls zu vernachlässigen. Hinzu kommen zahlreiche Arbeitssicherheitsaspekte, angefangen vom Absturzrisiko, dem Risiko der Interaktion mit Propellern und Flugzeugaußenhaut sowie Unfällen durch den fließenden

Verkehr, einmal beim Verfahren der LKWs, zum anderen jedoch auch beim Ausstieg aus dem Korb und dem Begehen des Flugfeldes.

2. Beschreibung des Arbeitssystems

Der Enteiser führt seine Tätigkeit in unterschiedlichen Stehhaltungen in einem am LKW montierten dreidimensional verstellbaren Korb aus. Er benutzt dazu zwei schlauchgebundene Sprühpistolen zum Aufbringen der Enteisungsflüssigkeit Typ 1 (zur Beseitigung einer vorhandenen Eisschicht) und Typ 4 (zur Prävention der Eisneubildung nach dem Start des Flugzeuges). Er verfügt über einen feuchtigkeitsgeschützten Flachbildschirm und Sprechfunkeinrichtung zur Kommunikation mit Kollegen und Vorgesetzten. Die Korbposition sowie die Position des LKWs auf dem Flugfeld wird über ein Bedienungstableau hergestellt. Es sei darauf hingewiesen, dass der Mitarbeiter im Korb auch das Verfahren des LKWs direkt aus dem Korb vornimmt. Es ist kein zweiter Mitarbeiter im LKW-Führerstand vorhanden.

Zum Makroarbeitssystem gehören das eigentlich zu enteisende Flugzeug, die sich auf dem Flugfeld bewegenden Flugzeuge und Fahrzeuge, die Kollegen des Enteisers in anderen Fahrzeugen sowie der Kontrollturm. In Abhängigkeit von der Flugzeuggröße werden zwischen zwei und fünf Enteisungsfahrzeuge simultan eingesetzt. Bei mittelgroßen Verkehrsflugzeugen, z.B. Airbus A 320, ist im Regelfall von vier Enteisungsfahrzeugen je Flugzeug auszugehen. Die Arbeit ist hier so aufgeteilt, dass sich zwei Fahrzeuge mit offenen Körben den beiden Tragflächen widmen, zwei Fahrzeuge mit geschlossenen Körben enteisen den Heckbereich des Flugzeugs. Im Regelfall herrscht bei der Enteisung ein erheblicher Zeitdruck. Am Flughafen Montréal müssen in Spitzenzeiten stündlich bis zu 50 Flugzeuge enteist werden. Daher können bis zu 24 Enteisungs-LKWs in 8 Enteisungsstationen aktiv sein.

3. Methodik

Wir gehen in diesem Aufsatz nur auf die Durchführung von Zeitstudien ein. Die Methoden und Ergebnisse zur Körperhaltungsanalyse und zur Beanspruchungsanalyse werden bei Le Floch et al (2018) und Nadeau et al (2017) behandelt. Aus Gründen der Flughafensicherheit und auch unter Berücksichtigung erheblicher Umgebungsanforderungen konnten keine Zeitstudien direkt auf dem Flugfeld durchgeführt werden. Stattdessen nahmen wir Zeitstudien anhand von Videoaufzeichnungen vor (Software DMC-Ortim, REFA-Methodik (REFA, 1997)).

Aus den Ergebnissen der Zeitstudie haben wir nach der Summenbewertungstabelle von Spitzer et al (1982) die Arbeitsenergieumsätze berechnet. Selbstverständlich haben wir unabhängig davon auch Herzschlagfrequenz und Atemfrequenz aufgenommen, auf die jedoch an anderer Stelle eingegangen wird (Le Floch et al 2018). Die Risiken für Muskel-Skelett-Erkrankungen des Enteisungspersonals werden bei Nadeau et al (2017) behandelt.

Zur Berechnung der Arbeitsenergieumsätze haben wir für jede Aktivität die typische Körperhaltung und die typische Arbeitsform bestimmt und aus der Gruppenbewertungstabelle nach Spitzer et al (1982) die zugeordneten Energieumsätze ermittelt ($AEU_{\text{Haltung}} + AEU_{\text{Arbeitsform}}$) und mit der jeweiligen Zeit für die Aktivität multipliziert: Wir haben die errechneten Arbeitsenergieumsätze mit anerkannten Grenzwerten (s. z.B. Bokranz, Landau, 2012) verglichen (16.5 – 17.5 kJ/min für Männer; 12 –

13 kJ/min für Frauen). Auf die Grenzen dieser Berechnungsmethode wird bei Nadeau et al 2017 hingewiesen.

Darüber hinaus haben wir aus den Zeitstudienresultaten auch drei summarische (ökonomische) Kennziffern zur Wertschöpfung berechnet. Es handelt sich dabei sicherlich um eine sehr strenge Klassifikation der Wertschöpfung, aber maßgebend schien für uns die Sichtweise der Fluggesellschaften, die ausschließlich für die Enteisung und die sicherheitsrelevante Prüfung bezahlen.

4. Durchführung der Untersuchungen

Es liegen insgesamt 11 ganzschichtige Videoaufzeichnungen vor (Zeitraum: 1.12.2016-31.3.2017; 11 (freiwillige) Probanden (10 männlich, 1 weiblich)). Jede Videodatei enthält Aufzeichnungen aus drei Kameras: Zwei Kameras die im rechten Winkel zueinander am Korb appliziert sind, eine dritte Kamera, die aus dem Kontrollturm eine Gesamtperspektive filmt. Die videogestützten Zeitstudien, über die hier berichtet wird, stützen sich auf jeweils 1 bis 1,5 Stunden Extrakt aus der Ganzschichtaufzeichnung. Wir haben versucht, immer jeweils einen repräsentativen Zeitabschnitt auszuwählen, dies gelang jedoch nicht immer, da z.B. extreme Witterungsbedingungen eine Kameraaufzeichnung aus dem Turm heraus unterbanden, z.B. bei der Kombination von starkem Schneefall und Dunkelheit.

Die Daten der Versuchspersonen werden bei Nadeau et al (2017) dargestellt, ebenso die Annahmen und Restriktionen der Arbeits- und Zeitstudien.

Die gesamte Aufnahmezeit für 11 Studien betrug 13,12 Stunden. Dabei wurden 1192 Beobachtungen gemacht, je Studie also etwa 110 Beobachtungen. Es erfolgte keine Leistungsgradbeurteilung, sie wäre angesichts der hohen Anteile statischer Haltearbeit beim Halten von Sprühpistole und Schlauch auch nicht sinnvoll.

5. Ergebnisse

Bei Nadeau et al (2017) werden die Zeitstudienresultate anhand der hierarchischen Zeitgliederung nach REFA (1997) dargestellt. Abb. 1 fasst die Ergebnisse zusammen.

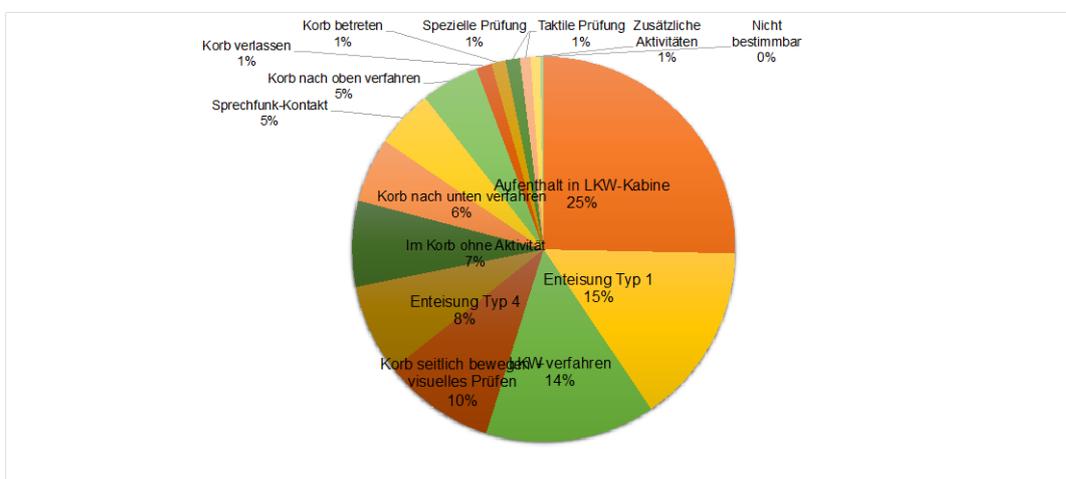


Abbildung 1: Anteile der verschiedenen Aktivitäten an der gesamten Beobachtungszeit (jeweils: n = 11 Vp, 1192 Einzelbeobachtungen, insgesamt 13,12 Stunden).

Ein Viertel der Zeit bleiben die Mitarbeiter in der LKW-Kabine, um auf ihren nächsten Einsatz zu warten. Diese Zeit kann nicht als echte Erholungszeit gewertet werden, da die Mitarbeiter im Sprechfunkkontakt bleiben müssen und den Anweisungen des Towers bzw. ihrer Teamleiter zu folgen haben. Deshalb wird dieser Zeitanteil als ablaufbedingtes Warten eingestuft. Naturgemäß ist der Rückzug aus Kälte, Wind und Schnee in die Kabine eine Erleichterung, allerdings kommt es durch den Wechsel zwischen Kabine und Korb zu einem häufigen Klimawechsel, der u.a. auch mit einer Erkältungsgefahr verbunden ist. An zweiter Stelle der Zeitverwendung steht die eigentliche Enteisung mit Flüssigkeitstyp 1 mit 15,1 %. Der drittgrößte Anteil ist das Verfahren des LKWs auf dem Flugfeld mit 14,3 %. Die laterale Bewegung des Korbs oberhalb der Flügel mit 9,5 % der Zeit hat eine große Bedeutung, da hier nicht nur die beste Position für das anschließende Besprühen gesucht wird, sondern das visuelle Prüfen des Eisbefalls bzw. des erzielten Enteisungsergebnisses im Vordergrund stehen. Taktiles Prüfen auf der Flügeloberfläche ist ebenso essentiell. Erst nach Rückmeldung des Ergebnisses erfolgt die Freigabe zur Applikation des Anti-Eisungsmittels Type 4 – soweit erforderlich. Die taktile Prüfung erfolgt mit nackter Hand ohne Handschuh. Um manuellen Kontakt mit der Flügeloberfläche zu erhalten, ist der Korb nach unten und anschließend wieder nach oben zu verfahren. Diese Korbverfahrzeiten machen zusammen über 10 % der Arbeitszeit aus. Die anderen Zeiten sind selbsterklärend.

Die arithmetischen Mittelwerte des Arbeitsenergieumsatzes differieren sehr stark und liegen zwischen 4 kJ/min und 13 kJ/min. Die Wartezeit in der LKW-Kabine (sitzend ohne manuelle Aktivitäten) hat hierauf den starken Einfluss. Weiterhin führen Witterungseinflüsse und Verkehrsaufkommen über die damit verbundene Dringlichkeit und die Arbeitsgeschwindigkeit zu höheren Arbeitsenergieumsatzwerten. Auch die individuelle Arbeitsweise ist zu bedenken.

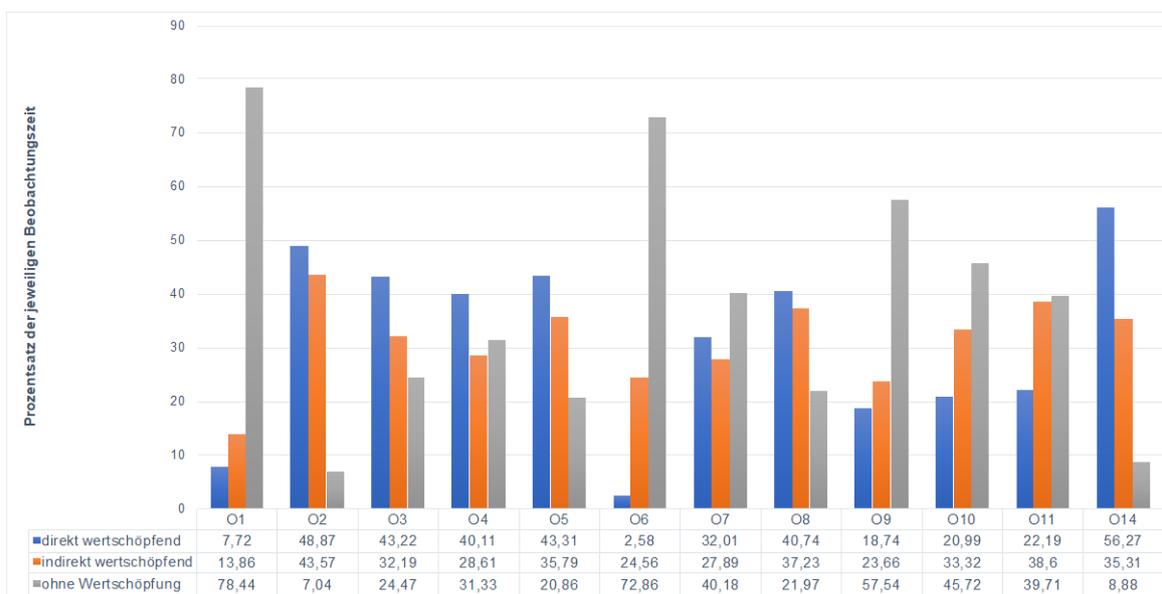


Abbildung 2: Wertschöpfungsanteile der verschiedenen Versuchspersonen (O1 bis O14) (jeweils: n = 11 Vp, 1192 Einzelbeobachtungen, insgesamt 13,12 Stunden).

Abb. 2 weist darauf hin, wie unterschiedlich der Wertschöpfungsbeitrag der einzelnen Versuchspersonen war. Die Ursachen hierfür sind vielfältig: An erster Stelle steht die aktuelle Witterung und – damit zusammenhängend – das Verkehrsaufkommen. An zweiter Stelle ist die aktuelle Schichtbesetzung zu nennen. Standen nicht

hinreichend Mitarbeiter zur Verfügung, mussten die vorhandenen Enteisler mit höherem Arbeitsdruck rechnen. Natürlich spielen auch hier die Arbeitsweise der Mitarbeiter und das Einsatzgeschick der Vorgesetzten eine Rolle.

6. Diskussion

Wegen der geringen Zahl an Probanden möchten wir keine Ergebnisdiskussion im Hinblick auf Schichteinflüsse sowie auf Alter, Geschlecht und körperliche Verfassung der untersuchten Mitarbeiter durchführen.

Die Arbeitsenergieumsätze bewegen sich nach unseren Berechnungen zwischen 4 kJ/min und 13 kJ/min. Für männliche Arbeiter handelt es sich also um niedrige bis moderate Arbeitsintensitäten. Es kommt zwar zu sehr vielfältigen Körperhaltungen, z.T. gebeugt bis stark gebeugt, Oberkörper tordiert und/oder seitlich geneigt. Es erfolgt Zweiarbeit beim Sprühen, z.T. an der Grenze der Armreichweite. Dies würde – allein betrachtet – zu hohen Arbeitsenergieumsätzen führen, die Wartezeiten im LKW und Korb sowie die übrigen Aktivitäten beim Verfahren von LKW oder Korb haben jedoch nur niedrige Arbeitsenergieumsätze zur Folge, so dass sich eher niedrige arithmetische Mittelwerte ergeben.

Bei der Mehrzahl der Versuchspersonen überwiegt der direkte Wertschöpfungsbeitrag mit Sprühen Typ 1 und Typ 4 plus Kontrollaktivitäten gegenüber den indirekten Wertschöpfungsbeiträgen. Die Spannweite der direkten Wertschöpfung reicht von 7,7 % bis 56,3 % der Beobachtungszeit. Für hohe Werte der direkten Wertschöpfung gibt es zwei Hauptursachen:

1. Die Arbeitsweise des Mitarbeiters: Mitarbeiter ohne Erfahrung und mit geringem Übungsgrad (z.B. Vp. 2 in Abb. 2) neigen dazu, Sprühen und Kontrollaktivitäten mehrfach zu wiederholen, um auf jeden Fall „auf der sicheren Seite zu sein“. Dies führt zu einem hohen Beitrag zur direkten Wertschöpfung.
2. Extreme Witterungsbedingungen: Beim Einsatz von Vp. 14 lag Eisregen und extreme Windbelastung vor. Um die Eisschicht auf der Flugzeugaußenhaut zuverlässig zu detektieren und zu beseitigen, war besonders hoher Kontrollaufwand und intensives Sprühen notwendig.

Bei den Aktivitäten ohne Wertschöpfungsbeitrag kommt es zu einer extrem großen Spannweite: Vp. 1 hat 78,4 % Wartezeiten im LKW und im Korb und liefert damit in dieser Zeit keinen Wertschöpfungsbeitrag. Bei Vp. 2 haben nur 7 % der Aktivitäten keinen Wertschöpfungsbeitrag. Bei Vp. 14 liegen mit 8,9 % ebenfalls nur geringe Wartezeiten in LKW oder Korb vor. Die Ursachen für beide – unterschiedlich gelagerten Fälle - wurden oben schon erwähnt.

Wir führten bereits aus, dass wir uns zu einer rigiden Wertschöpfungsklassifikation entschlossen haben. Insoweit überrascht die Drittelung der Aktivitäten nicht (direkt wertschöpfend 34 %, indirekt wertschöpfend 32 %, ohne Wertschöpfung 34 %). Es empfiehlt sich jedoch, alle Arbeitsanweisungen auf ihre arbeitsgestalterische und – organisatorische Stichhaltigkeit zu überprüfen, da lange Wartezeiten in der LKW-Kabine oder hohe Verfahrszeiten auf dem Flugfeld keinesfalls wünschenswert sind und zudem die Zeiten in der LKW-Kabine nicht als echte Erholungszeit gerechnet werden können.

7. Literatur

- Bokranz R.; Landau K.: Handbuch Industrial Engineering. 2. Aufl., 2 Bde, Stuttgart: Schäffer-Poeschel, 2012.
- Le Floch T.; Nadeau S.; Morency F.; Landau K. (2018): Physiological results of a stress-strain study for on-ground de-icing. Submitted for presentation 2018 Spring Congress Gesellschaft für Arbeitswissenschaft, Frankfurt/Germany.
- Landau K.; Nadeau S.; Le Floch T.; Morency F. (2017): Ergonomic time and motion studies of aircraft de-icing work. J. Ergonomics, 7,2017, 4. DOI: 10.4172/2165-7556.10000204.
- Nadeau S.; Le Floch T.; Morency F.; Landau, K.: Ergonomie du degivrage aeronatique en nacelles ouvertes. Rapport de recherche de l'ÉTS, 2017
- REFA (Hrsg.): Methodenlehre der Betriebsorganisation - Datenermittlung. München: Hanser, 1997.
- Spitzer H., Hettinger Th.; Kaminsky G.: Tafeln für den Energieumsatz bei körperlicher Arbeit. Berlin - Köln: Beuth 1982.

Danksagung: Für die Unterstützung unseres Forschungsvorhabens danken wir besonders: Natural Sciences and Engineering Research Council of Canada (NSERC), École de technologie supérieure (ÉTS) sowie DMC-ORTIM.



Gesellschaft für
Arbeitswissenschaft e.V.

ARBEIT(s).WISSEN.SCHAF(F)T
Grundlage für Management & Kompetenzentwicklung

64. Kongress der
Gesellschaft für Arbeitswissenschaft

FOM Hochschule für
Oekonomie & Management gGmbH

21. – 23. Februar 2018

GfA Press

Bericht zum 64. Arbeitswissenschaftlichen Kongress vom 21. – 23. Februar 2018

FOM Hochschule für Oekonomie & Management

Herausgegeben von der Gesellschaft für Arbeitswissenschaft e.V.

Dortmund: GfA-Press, 2018

ISBN 978-3-936804-24-9

NE: Gesellschaft für Arbeitswissenschaft: Jahresdokumentation

Als Manuskript zusammengestellt. Diese Jahresdokumentation ist nur in der Geschäftsstelle erhältlich.

Alle Rechte vorbehalten.

© **GfA-Press, Dortmund**

Schriftleitung: Matthias Jäger

im Auftrag der Gesellschaft für Arbeitswissenschaft e.V.

Ohne ausdrückliche Genehmigung der Gesellschaft für Arbeitswissenschaft e.V. ist es nicht gestattet, den Kongressband oder Teile daraus in irgendeiner Form (durch Fotokopie, Mikrofilm oder ein anderes Verfahren) zu vervielfältigen.

Die Verantwortung für die Inhalte der Beiträge tragen alleine die jeweiligen Verfasser; die GfA haftet nicht für die weitere Verwendung der darin enthaltenen Angaben.

USB-Print:

Prof. Dr. Thomas Heupel, FOM Prorektor Forschung, thomas.heupel@fom.de

Screen design und Umsetzung

© 2018 fröse multimedia, Frank Fröse

office@internetkundenservice.de · www.internetkundenservice.de