

## **Anforderungen an das Training manueller Flugfertigkeiten**

Andreas Haslbeck, Ludwig Drees, Karolin Rehmann & Anna Theresa Tüshaus

### **Zusammenfassung**

Manuelle Flugfertigkeiten werden in hochautomatisierten Verkehrsflugzeugen zu selten angewandt, was zu latenten Schwächen in deren Ausführung führt. Dieser Aufsatz adressiert das Training von Piloten, zeigt Konzepte für gezieltes Training manueller Flugmanöver und stellt einen Ansatz zur technischen Realisierung eines einfachen Flugübungsgerätes zum manuellen Fliegen vor.

### **1 Einleitung**

Manuelles Fliegen entspricht einer psychomotorischen Tätigkeit und wird von Piloten ursprünglich während ihrer Ausbildung erlernt. Beim manuellen Fliegen erfolgt die visuelle Informationsaufnahme über Anzeigen im Flugzeugcockpit, hauptsächlich dem Primary Flight Display. Das Steuern (Informationsumsetzung) geschieht je nach Flugzeugtyp hauptsächlich über einen Sidestick oder ein Steuerhorn und den Schubregler. Erst nachdem das Fliegen in gering automatisierten Kleinflugzeugen erlernt worden ist, wird Flugschülern die Bedienung der technischen Systeme hochautomatisierter Flugzeuge, wie z.B. Autopilot oder Flight Management System, beigebracht (JAA, 2006). Ab diesem Moment setzt bereits ein automationsbedingter Abbau manueller Fertigkeiten ein (Wood, 2004; Bertram & Laube, 2008; Balfe et al., 2012). Im weiteren Verlauf der Pilotenlaufbahn gibt es zwei grundsätzliche Möglichkeiten, manuelles Fliegen zu trainieren. Einerseits müssen Piloten regelmäßig zum Simulatortraining, bei dem auch gesetzlich vorgeschriebene Checks abgenommen werden (Training). Die zweite Möglichkeit ist die Anwendung manueller Flugfertigkeiten im täglichen Flugbetrieb (Übung).

Training in Full-Flight-Simulatoren kann Piloten nur in begrenztem Maß angeboten werden, da Flugsimulatoren sehr hohe Anschaffungs- und Betriebskosten mit sich bringen. Daher können Fluglinien den Trainingsumfang nicht beliebig steigern und bieten häufig nur den gesetzlich vorgeschriebenen Trainingsumfang an. Hinsichtlich der Übung erfahren Piloten sehr unterschiedliche Einflüsse. Je nach Fluglinie und Streckenstruktur können Piloten auf der Kurzstrecke durch häufige Flüge ein hohes Niveau an manuellen Flugfertigkeiten aufrecht erhalten, da in der Regel die Landungen bzw. die letzten Minuten des Anflugs manuell geflogen werden. Im Gegensatz dazu ist dies im Einsatz auf der

Langstrecke so umfänglich nicht möglich, da hier aufgrund der vorgeschriebenen Ruhezeiten nur wenige Flugeinsätze pro Monat vorkommen. Daher sind Langstreckencrews besonders von diesem Übungsverlust betroffen. Eine experimentelle Studie unter Piloten hinsichtlich der manuellen Flugfertigkeiten (Haslbeck et al., 2012b) zeigt diesen Unterschied deutlich. Die zufällig ausgewählten Piloten wurden nach der Anzahl der selbst durchgeführten Landungen innerhalb der letzten 30 Tage vor dem Versuch befragt. Während Kapitäne auf der Langstrecke (n=30) im Mittel 3,4 Landungen nannten, gaben Erste Offiziere auf der Kurzstrecke (n=30) an, im Mittel 16,6 Landungen absolviert zu haben. Diese Zahlen sind charakteristisch für die beiden genannten Streckenstrukturen, Lang- und Kurzstrecke. Die vorgeschriebenen Flugdienst- und Ruhezeiten begrenzen auch hier die Möglichkeiten, manuell zu fliegen – wenn auch sehr unterschiedlich. Bedingt durch die unterschiedliche Trainiertheit fanden die Autoren der Studie Unterschiede in der manuellen Flugleistung hinsichtlich des Blickverhaltens (Gontar & Haslbeck, 2012) sowie des Steuerverhaltens (Haslbeck et al., 2012a). Die Arbeiten weiterer Autoren (Childs & Spears, 1986) antizipieren bzw. dokumentieren (Veillette, 1995; Gillen, 2008) ebenfalls abnehmende manuelle fliegerische Fertigkeiten. Ebbatson (2009) bezeichnet dieses Phänomen sogar als „*loss of manual flying skills*“.

## 2 Ableitung der Zielsetzung

Basierend auf diesen Randbedingungen ist es die Zielsetzung dieser Arbeit, Vorschläge zur Aufrechterhaltung und Wiederherstellung bzw. Verbesserung der manuellen Flugfertigkeiten für Piloten zu entwickeln. Aufgrund der bereits diskutierten Situation ist es notwendig, dass entsprechende Maßnahmen einerseits verhältnismäßig kostengünstig realisiert werden können und andererseits jedoch auch bei Piloten sowie Fluglinien auf Akzeptanz stoßen.

Eine Möglichkeit, die Unterschiede in der Trainiertheit zwischen Piloten von Lang- und Kurzstrecke etwas auszugleichen, stellt ein veränderter Flugbetrieb (Erhöhen der Übung) dar. Hierzu sind zwei Wege denkbar:

- Bedienen stark frequentierter Kurzstrecken mit Langstreckenmaschinen bei reduzierter Häufigkeit an Verbindungen;
- Wechselnder Einsatz von Piloten auf Lang- und Kurzstrecken, verbunden mit dem Halten mehrerer Musterzulassungen (*Type-Ratings*).

Beide Möglichkeiten sind mit größeren organisatorischen Veränderungen innerhalb der Luftfahrtunternehmen verbunden, so dass eine Abschätzung der Kosten und Auswirkungen entsprechender Maßnahmen an dieser Stelle nicht möglich ist. Der Weg, welchen diese Arbeit verfolgt, ist ein Ausbau des Trainings in Bereich des manuellen Fliegens. Es soll hier jedoch keine Forderung aufgestellt werden, die bisherigen Kapazitäten von Flugsimulatoren zu erhöhen. Dazu stehen prinzipiell Full-Flight-Simulatoren der Typen A bis D zu Verfügung. Diese unterscheiden sich im Wesentlichen hinsichtlich Reaktionszeiten zwischen Steuer-

eingabe und Reaktion des Simulators, dargestelltem Sichtfeld, simulierter Tageszeit und Geräusche sowie der Genauigkeit der Flugmodelle (Bodenmodelle). Die Simulatoren des Typs A besitzen den geringsten Realitätsgrad, jene des Typs D den höchsten. Für das reguläre Training von Piloten werden in der Regel Full-Flight-Simulatoren des Typs D verwendet (JAA, 1999). Ziel ist es hingegen, ein einfaches und kostengünstiges Trainingsgerät zu entwickeln, welches Piloten ermöglicht, ihre manuellen Flugfertigkeiten zu trainieren.

### 3 Entwicklung eines Trainingskonzepts für manuelles Fliegen

Im Bereich der Trainingswissenschaft wird zwischen großen und kleinen Spielen unterschieden (Weineck, 2010). Während bei großen Spielen komplexere und zusammenhängende Muster trainiert werden, konzentrieren sich kleine Spiele auf einzelne Bewegungsabläufe, und diese sollen im Folgenden zunächst weiter betrachtet werden. Indem hier einzelne Bewegungsausführungen eingeübt werden, lassen sich diese auch separat bewerten und daher gezielt trainieren. Weineck (2010) nennt unterschiedliche Trainingsmethoden zur Anwendung im Sport. Diese lassen sich für manuelles Fliegen adaptieren (siehe Tabelle 1).

Tab. 1: Adaption von Trainingsmethoden nach Weineck (2010) an manuelles Fliegen

Trainingsmethode	Übertragen auf das manuelle Fliegen
Variation der Bewegungsausführung	Darbieten von Flugaufgaben für starke sowie schwache Bewegungsausschläge (Steuerinputs)
Verändern der äußeren Bedingungen	Variation von Wind- und Wetterbedingungen sowie von Turbulenzen; Variation von Anflugarten: Sichtanflug, Instrumentenanflug
Kombinieren von Bewegungsfertigkeiten	Kombinieren von Kurven-, Steig- und Sinkflug, Start- und Landemanövern
Üben unter Zeitdruck	Darbieten von Flugaufgaben mit zeitlichen und örtlichen Einschränkungen, z.B. Landung
Variation der Informationsaufnahme	Variation zwischen taktilen, visuellen, akustischen und vestibulären Informationen
Üben nach Vorbelastung	Zusammensetzen einzelner Übungen zu komplexeren Flugaufgaben

Dieser Ansatz dient nicht zum Neuerlernen von Bewegungsmustern, sondern soll bereits erlernte Inhalte auffrischen und wieder (hoch-)automatisieren. Nach Rockmann-Rüger (1991) erlauben hochautomatisierte Bewegungen eine geringe Störanfälligkeit, da die Ausführenden kaum Gedächtniskapazitäten dafür benötigen. Zudem ist die Ausführung entsprechend erlernter Prozesse häufig nur geringfügig an die bewusste Aufmerksamkeit gebunden. In diesem Zusammenhang lassen sich vier generelle Maßnahmen für den Automatisierungsprozess formulieren (Rockmann-Rüger, 1991):

- Üben unter normalen Bedingungen,
- Üben mit veränderten Bewegungsparametern,
- Üben unter veränderten Umweltbedingungen,
- Üben in veränderten Kombinationen.

Einen weiteren wichtigen Aspekt beim (sensomotorischen) Lernen stellt die Rückmeldung (*Feedback*) über den Erfolg dar.

Während internes Feedback eine Beurteilung der eigenen Leistung darstellt, wird bei externem Feedback dieses beispielsweise von einem Trainer gegeben. Beide Arten sind für Piloten relevant. Über externes Feedback ist es möglich, Fehler beim Training sowie passende Abhilfestrategien klar zu benennen. Jedoch herrscht hier gleichzeitig eine für manche Personen unangenehme Prüfungssituation, ähnlich wie im regulären Training im Full-Flight-Simulator. Daher ist auch internes Feedback miteinzubeziehen.

Im Simulatortraining für Piloten, welches in der Regel von einem erfahrenen Piloten (Instruktor) geleitet wird, kommt sehr häufig subjektives Feedback zum Einsatz. Hierbei gibt der Beobachter (Instruktor) den Piloten eine subjektive Einschätzung von deren Leistung; häufig verbunden mit einer Handlungsempfehlung. Objektives Feedback basiert auf messbaren Trainingsdaten. Diese unterliegen, solange sich die Leistung im Rahmen der gesetzlich geforderten Mindeststandards befindet, keiner Bewertung bzw. Auslegung durch einen Beobachter.

Die Rückmeldung lässt sich für das Trainieren des manuellen Fliegens noch weiter spezifizieren (vgl. Rockmann-Rüger, 1991):

- Inhalt: die Trainierenden sollen über Erfolg im Umgang mit den Fluginstrumenten und der Steuerung des Flugzeugs informiert werden.
- Zeitstruktur: Die direkte Rückmeldung über den Erfolg einer Handlung soll schnellstmöglich gegeben werden. Anschließend ist es vor der nächsten Handlungsdurchführung sinnvoll, ausreichend Zeit zur Reflexion der Rückmeldung und Vorbereitung auf die nächste Handlung zu geben.
- Häufigkeit des externen Feedbacks: diese sollte an den Trainingsstand einer Person angepasst sein – mit zunehmendem Trainingsstand geht eine abnehmende Frequenz der Rückmeldung einher.
- Präzision: da beim manuellen Fliegen – vor allem bei Anflügen und Landungen – häufig präzise Limits einzuhalten sind, sollte eine quantitative Rückmeldung erfolgen. Beispiele hierzu sind die Ablagen von Landekurs (*Localizer*) und Gleitpfad (*Glideslope*) bei instrumentenbasierten Anflügen.

Für Piloten spielen zur Ausübung der Flugaufgabe drei Sinneskanäle eine wesentliche Rolle: der optische, der akustische sowie der vestibuläre Sinneskanal. Für die Bedienung des Flugzeugs, vor allem der Automation, ist zusätzlich der Tastsinn relevant, da viele Bedienelemente formkodiert sind. Zusammenfassend

lassen sich die folgenden Forderungen hinsichtlich eines Trainingskonzepts für manuelles Fliegen aufstellen:

- Durchführen einzelner Flugmanöver (kleine Spiele), um bestimmte Bewegungsabläufe zu trainieren, bis diese hochautomatisiert ablaufen; anschließend kombinierte Manöver (große Spiele), um mehrere Trainingsinhalte in Kombination zu üben;
- Anwenden verschiedener Trainingsmethoden;
- Realisieren eines externen Feedbacks;
- Ansprechen möglichst vieler Sinneskanäle.

Aufgrund der eingangs besprochenen Kostenproblematik soll ein einfaches Trainingsgerät für manuelles Fliegen nicht die vollständige Dynamik des jeweiligen Flugzeuges abbilden. Entsprechende Manöver, bei denen aufwändige physikalische Modelle von einem Bewegungssystem simuliert werden müssen, sind z.B. der Start, das Aufsetzen bei der Landung oder das Ausleiten aus einem instabilen Flugzustand (zum Beispiel Strömungsabriss/*Stall*). Daher ist ein solches System auch nicht als Ersatz, sondern als Ergänzung zum Einsatz bestehender Full-Flight-Simulatoren zu sehen. Die in Tabelle 2 vorgestellten Übungen besitzen eine geringere Anforderung an die physikalische Modellierung und eignen sich daher für die hier vorgestellte Anwendung.

Tab. 2: Mögliche Flugübungen sowie Übungsinhalte

Flugübungen	Übungsinhalt
Horizontaler Geradeausflug	Kurs, Höhe und Geschwindigkeit halten
Steig- und Sinkflug	Konstante Steig- oder Sinkrate, halten der Geschwindigkeit innerhalb der Limits
Kurvenflug	Höhe und Geschwindigkeit halten, Rollwinkel im optimalen Bereich halten
Kurven im Steig- oder Sinkflug	Rollwinkel im optimalen Bereich halten, konstante Steig- oder Sinkrate, halten der Geschwindigkeit innerhalb der Limits
Anpassen der Trimmung	Trimmung anpassen, um Flugzeuglage ohne Steuerinputs zu halten
ILS Landeanflug	Halten von Localizer, Glideslope und Geschwindigkeit innerhalb der Limits
Turbulenzen	Stabilisieren der Lage des Flugzeugs bei Turbulenzen
Langsamflug	Variieren der Höhe
Ausgleich von Triebwerkschwankungen	Erkennen von Drehzahldifferenzen zwischen den Triebwerken und Anpassung der Drehzahlen

Diese Übungen können einzeln oder in Kombination zur Verbesserung der manuellen Flugfertigkeiten durchgeführt werden. Hierzu werden die Übungen einzeln durchgeführt und so oft wiederholt, bis diese hochgeübt, ohne große Anstrengung, also von dem Piloten automatisiert durchgeführt werden können (Automatisierungstraining). Erst dann wird mit weiteren Übungen fortgefahren. Dies entspricht dem kleinen Spiel. Dagegen findet beim Variationstraining eine Aneinanderreihung mehrere Übungen, analog zum großen Spiel, statt.

#### 4 Anforderungen an ein Trainingsgerät für manuelles Fliegen

Unter Berücksichtigung der Trainingsinhalte (siehe z.B. Tabelle 2), für welche ein Trainingsgerät zu konzipieren ist, lassen sich notwendige Funktionen und Teilsysteme definieren. Im Fall des manuellen Fliegens sind zum Trainieren dieser Aufgaben grundsätzlich folgende Subsysteme relevant: Bewegungssystem, Sichtsystem, Akustiksystem, Flugkontrolle, Fluginstrumente, Bedienelemente und Cockpitausstattung. Allerdings ist hierbei zu beachten, dass die Anforderungen an Realitäts- sowie Detailierungsgrad der verschiedenen Systeme teilweise beträchtlich geringer sind als bei einem Full-Flight-Simulator (Tabelle 3). Hierin liegt der Vorteil bezüglich Komplexität sowie Kosten eines entsprechenden Trainingsgeräts.

Tab. 3: Spezifikation für notwendige Systemkomponenten

Subsystem	Spezifikation für ein einfaches Trainingsgerät
Bewegungssystem	Bewegungssystem mit rotatorischen Freiheitsgraden um Roll- und Pitch-Achse, Rüttelmechanik
Sichtsystem	Leinwand mit Projektion oder Bildschirme zur Darstellung von Gleitwinkelanzeige (PAPI) und Landebahnmarkierung, aufleuchtende Lichtquellen im Außenbereich
Akustiksystem	Einfache Tonanlage mit Bässen zur Darstellung von Triebwerks- und Windgeräuschen sowie Warnmeldungen Spracherkennung als Ersatz des PM/PNF
Flugkontrollsystem	Flugkontroll-, Flightmanagementsystem-, Navigations-, Systemüberwachungsanzeige Primäre, sekundäre Bedienelemente originalgetreu Bedienelemente ohne Einfluss auf manuelles Fliegen als Replikat
Fluginstrumente, Bedienelemente, Cockpitausstattung	Sicherheits-, Bodennäherungswarnsystem, Wetterradar, Programm zur Aufzeichnung der Trainingsdaten

Ein vollständiges sechsdimensionales Bewegungssystem mit drei translatorischen und drei rotatorischen Freiheitsgraden macht einen Großteil der Kosten von Full-Flight-Simulatoren aus. Da physikalisch sehr komplexe Flugmanöver vom Trainingskonzept ausgeschlossen sind, sollen nur Rotationen um die x-/Roll-

sowie y-/Nick-Achse des Flugzeugs betrachtet werden. Zudem lassen sich Trainingseffekte auch ohne ein Bewegungssystem erzielen (Go et al., 2000).

Vibrationen des Flugzeugs (z.B. durch Turbulenzen) können mit Hilfe einer Rüttelplatte realisiert werden.

Beim manuellen Fliegen spielt die Außensicht für Piloten keine wesentliche Rolle, solange weder Start noch Landung durchgeführt werden. Bei schlechten Sichtverhältnissen sowie nachts ist die Außensicht daher nicht relevant. Für ein einfaches Trainingsgerät genügt ein Sichtsystem, welches beispielsweise das regelmäßige Aufblitzen von Positionslichtern, sowie Landebahnmarkierungen darstellt.

Das Akustiksystem eines Flugsimulators muss Triebwerks- und Windgeräusche sowie Warn- und Alarmsignale realistisch wiedergeben können.

Dieses Trainingsgerät soll auch von einzelnen Piloten genutzt werden (*Single Pilot Operation*). Daher sind einige wenige Arbeitsschritte, welche im normalen Flugbetrieb der *Pilot Monitoring* (PM, auch *Pilot Non-Flying* - PNF) ausführt, hier vom Trainingsgerät auszuführen. Der *Pilot Flying* gibt verbal die Kommandos, beispielsweise für Fahrwerk oder Landeklappen, und das Trainingsgerät erkennt diese Befehle per Spracherkennung und führt sie aus.

Fluginstrumente, Bedienelemente und Kabinenausstattung müssen möglichst realitätsgetreu nachgebildet sein, damit es beim Training zu keinen Störeffekten aufgrund anderer Systemkomponenten hinsichtlich der Mensch-Maschine-Schnittstelle kommt. Die Flugkontrollsysteme mit der dahinterliegenden Software müssen manuelles Fliegen, jedoch keine Operationen unter Automation ermöglichen.

Neben diesen technischen Systemen, welche für das Flugtraining nötig sind, soll es ein Datenaufzeichnungssystem geben, welches die erzeugten Flugleistungsdaten der Piloten aufzeichnet. Relevante Daten hierbei können die ILS-Ablagen hinsichtlich Gleitpfad und Landekurs oder die Anfluggeschwindigkeit sein. Dadurch werden unterschiedliche Auswertungen ermöglicht. Einzelne Piloten können sich Trainingsfortschritte über der Zeit anzeigen lassen, während sich eine Flottenleitung anonymisiert verallgemeinerte Leistungsdaten aller Piloten zur zukünftigen Trainingsplanung anzeigen lassen kann.

## 5 Diskussion

Die hier vorgestellten Konzepte für ein Training manueller Flugfertigkeiten sowie für ein zugehöriges Trainingsgerät sind ein Entwurf basierend auf Literaturstudien und Erfahrungen aus dem Flug- und Trainingsbetrieb von Airlines sowie wissenschaftlichen Studien hinsichtlich des manuellen Fliegens. Die nächsten Schritte zur Realisierung und Validierung sind ein grundlegender Aufbau eines entsprechenden Flugübungsgerätes und die Implementierung der vorgeschlagenen Übungen für das Training. Erst dann lässt sich objektiv untersuchen, ob das

Trainingskonzept einen zusätzlichen Nutzen hinsichtlich der manuellen Flugfertigkeiten hat und ein positiver Trainingseffekt erzielt werden kann.

Ein Kostenvorteil im Vergleich zur ausschließlichen Nutzung von Full-Flight-Simulatoren lässt sich dann erreichen, wenn Teile des manuellen Flugtrainings auf einfachere Trainingsgeräte verlagert werden können. Eine vollständige Verlagerung ist nicht anzustreben, da diese Simulatoren einen geringeren Realitätsgrad besitzen. Einfache Flugübungsgeräte sind jedoch auch als Ergänzung bzw. zusätzliche Trainingsmöglichkeit für Piloten zu sehen. Dies wäre unter Berücksichtigung der Tatsache, dass manuelle Flugfertigkeiten von Piloten generell abbauen (Veillette, 1995; Gillen, 2008; Ebbatson, 2009, Gontar & Haslbeck, 2012), eine wichtige Ergänzung zum bisherigen Training von Piloten in Flugsimulatoren.

## Literatur

- Balfe, N., Wilson, J. R., Sharples, S. & Clarke, T. (2012). Development of design principles for automated systems in transport control. *Ergonomics*, 55 (1), 37-54.
- Bertram, A. M. & Laube, W. (2008). *Sensomotorische Koordination: Gleichgewichtstraining auf dem Kreisel* (Physiofachbuch). Stuttgart: Thieme.
- Childs, J. M. & Spears, W. D. (1986). Flight-skill decay and recurrent training. *Perceptual and Motor Skills*, 62 (1), 235-242.
- Ebbatson, M. (2009). *The Loss of Manual Flying Skills in Pilots of Highly Automated Airliners*. PhD Thesis, Cranfield University. Cranfield
- Gillen, M. (2008). *Degradation of Piloting Skills*. Master's Thesis, University of North Dakota. Grand Forks
- Go, T. H., Bürki-Cohen, J. & Soja, N. N. (2000). The Effect of Simulator Motion on Pilot Training and Evaluation. In American Institute of Aeronautics and Astronautics (Hrsg.), *Proceedings of the Modeling and Simulation Technologies Conference*.
- Gontar, P. & Haslbeck, A. (2012). Untersuchung der Nutzung des Primary Flight Displays durch Piloten unterschiedlicher Trainiertheit mittels Blickerfassung. In M. Grandt & S. Schmerwitz (Hrsg.), *Fortschrittliche Anzeigesysteme für die Fahrzeug- und Prozessführung* (DGLR-Bericht, 2012-01, S. 263–271). Bonn: Deutsche Gesellschaft für Luft- und Raumfahrt e.V..
- Haslbeck, A., Gontar, P. & Schubert, E. (2012a). The way pilots handle their control stick - effects shown in a flight simulator study. In C. Lemmer (Hrsg.), *30th European Annual Conference on Human Decision-Making and Manual Control* (Reports of the DLR-Institute of Transportation Systems, Bd. 19, S. 21–26). Braunschweig: DLR-Institut für Verkehrssystemtechnik.
- Haslbeck, A., Schubert, E., Onnasch, L., Hüttig, G., Bubb, H. & Bengler, K. (2012b). *Manual flying skills under the influence of performance shaping factors*. *Work: A Journal of Prevention, Assessment and Rehabilitation*, 41 (Supplement 1/2012), 178-183. Verfügbar unter <http://dx.doi.org/10.3233/WOR-2012-0153-178>.
- Joint Aviation Authorities. (1999). *Joint Aviation Requirements - Aeroplane Flight Simulators: JAR-STD 1A*.
- Joint Aviation Authorities. (2006). *Joint Aviation Requirements - Flight Crew Licensing (Aeroplane): JAR-FCL 1 (Amendment 7)*.

- Rockmann-Rüger, U. (1991). *Zur Gestaltung von Übungsprozessen beim Erlernen von Bewegungstechniken: Ausgewählte Theorien und experimentelle Befunde* (Beiträge zur Sportwissenschaft, Bd. 18). Frankfurt am Main, Thun: Deutsch.
- Veillette, P. R. (1995). Differences in aircrew manual skills in automated and conventional flight decks. *Transportation Research Record (1480)*, 43-50.
- Weineck, J. (2010). *Optimales Training: Leistungsphysiologische Trainingslehre unter besonderer Berücksichtigung des Kinder- und Jugendtrainings* (16. Aufl.). Balingen: Spitta.
- Wood, S. (2004). *Flight Crew Reliance on Automation: CAA PAPER 2004/10* (Safety Regulation Group, Ed.). Civil Aviation Authority.

### **Autoren**

Dipl.-Ing. A. Haslbeck

Technische Universität München  
Lehrstuhl für Ergonomie

Dipl.-Ing. L. Drees

Technische Universität München  
Lehrstuhl für Flugsystemdynamik

Dipl.-Ing. K. Rehmann

Dipl.-Ing. A.T. Tüshaus

Kontakt: [haslbeck@tum.de](mailto:haslbeck@tum.de)

