

2 Methode

2.1 Experimentelles Design

Die Studie basiert auf drei unabhängigen Variablen, die in einem 2 x 4 x 3 (Zusatzaufgabe x Entscheidungssituation x Flugszenario)-mixed-Design (Tabelle 8) zusammengeführt wurden. Die Variable Zusatzaufgabe wurde als Between-subject-Faktor mit den Stufen mit und ohne Zusatzaufgabe gewählt. Im Gegensatz dazu wurden die unabhängigen Variablen Entscheidungssituation (k=4 Entscheidungssituationen) und Flugszenario (k=3 Flugszenarien) als Within-subject-Faktoren realisiert. Alle drei Flugszenarien basieren auf demselben Anflug (Klagenfurt NDB-Approach), wobei ein Flugszenario die Entscheidungssituationen 1 und 3 (K 13), ein weiteres die Entscheidungssituationen 2 und 4 (K 24) und ein drittes keine Entscheidungssituationen (Kontrollbedingung) beinhaltet. Um Effekte der Messwiederholung, wie den Positionseffekt, zu kontrollieren, wurde der Within-subject Faktor Flugszenario vollständig permutiert. Das vollständige Ausbalancieren der drei Flugszenarien ergibt 6 mögliche Abfolgen, die im Permutationsplan in Tabelle 9 dargestellt sind. Die Zuordnung der Probanden zu den permutierten Abfolgen erfolgte randomisiert für beide Stufen des Between-subject-Faktors Zusatzaufgabe. Das Auftreten der Entscheidungssituationen in den Flugszenarien erfolgte standardisiert, d.h. immer in der gleichen Reihenfolge zu festgesetzten Zeitpunkten. Die detaillierten Beschreibungen der unabhängigen Variablen und deren Faktorstufen werden in den folgenden Unterkapiteln vorgenommen.

Tabelle 8: Experimentelles Design

Flugszenario*		K 13		K 24		K 0	n
Entscheidungssituation		1	3	2	4	0	
Zusatzaufgabe	mit	12	12	12	12	12	12
	ohne	12	12	12	12	12	12
		24	24	24	24	24	24

Anmerkung. *Within-subject-Faktor Flugszenario wurde vollständig permutiert

K 13=Flugszenario Klagenfurt NDB-Approach mit Entscheidungssituationen (1) Seiten- und (3) Rückenwind

K 24=Flugszenario Klagenfurt NDB-Approach mit Entscheidungssituationen (2) ATC-Aufforderung: Sinkflug auf 7000 ft (unter MHA) und (4) blockierte Landebahn

K 0=Flugszenario Klagenfurt NDB-Approach ohne Entscheidungssituation (0)

Tabelle 9: Permutationsplan für Within-subject-Faktor Flugszenario

Abfolge	Position			<i>n</i>	
	1	2	3	mit Zusatz- aufgabe	ohne Zusatz- aufgabe
Abfolge 1	K 0	K 13	K 24	2	2
Abfolge 2	K 0	K 24	K 13	2	2
Abfolge 3	K 13	K 0	K 24	2	2
Abfolge 4	K 13	K 24	K 0	2	2
Abfolge 5	K 24	K 0	K 13	2	2
Abfolge 6	K 24	K 13	K 0	2	2

Anmerkung. *Within-subject-Faktor Flugszenario wurde vollständig permutiert

K 13=Flugszenario Klagenfurt NDB-Approach mit Entscheidungssituationen (1) Seiten- und (3) Rückenwind

K 24=Flugszenario Klagenfurt NDB-Approach mit Entscheidungssituationen (2) ATC-Aufforderung: Sinkflug auf 7000 ft (unter MHA) und (4) blockierte Landebahn

K 0=Flugszenario Klagenfurt NDB-Approach ohne Entscheidungssituation (0)

2.1.1 Unabhängige Variablen

2.1.1.1 Flugszenario

Für die Simulationsstudie kamen drei Flugszenarien unter Instrumentenflug(IFR)-Bedingungen zum Einsatz, was bedeutet, dass die Piloten in Bezug auf Informationen über Position und Höhe von den Cockpitinstrumenten abhängig sind. In zwei Szenarien bestanden jeweils zwei Entscheidungssituationen (K 13: Anflug mit Entscheidungssituationen Seiten- und Rückenwind vs. K 24: Anflug mit Entscheidungssituationen ATC-Aufforderung: Sinkflug auf 7000 ft und blockierte Landebahn), ein Szenario (K 0), als Kontrollbedingung, beinhaltete keine Entscheidungssituation. Alle drei Flugszenarien basierten auf dem jeweils gleichen Anflug – Klagenfurt NDB(*non-directional beacon*)-Approach – mit gleicher Ausgangsposition, -konfiguration und identen anfänglichen Wetterbedingungen, um die Entscheidungssituationen durch das Konstanthalten des Schwierigkeitsgrades der Simulationsbedingungen vergleichen zu können (durch die Permutation der Flugszenarien erfolgte eine Kontrolle des Positionseffekts). Ebenfalls zur besseren Vergleichbarkeit wurden die Entscheidungssituationen in den einzelnen Flugszenarien zeitlich gleichartig gelagert. Die Entscheidungssituationen Seitenwind (1) und ATC-Aufforderung zum Sinkflug auf 7000 ft (2) treten auf, nachdem das Klagenfurt NDB das erste Mal passiert wurde bzw. kurz vor dem NDB mit Einflug ins Holding. Im Endanflugkurs, nachdem das Klagenfurt NDB das dritte Mal passiert wurde, wurden jeweils die Informationen über Rückenwind (3) und blockierte Landebahn (4) gegeben. Eine Kurzbeschreibung der Flugszenarien mit

den jeweiligen Auftretenszeitpunkten der Entscheidungssituationen sowie, den für alle Szenarien identen Ausgangsbedingungen wird in Tabelle 10 dargestellt. Alle Informationen über die Ausgangsbedingungen (Ausgangsposition, Wetterbedingungen, allgemeine Bedingungen) wurden in einem modifizierten *Automatic-Terminal-Information-Service*(ATIS)-Blatt an die Probanden für das Briefing weiter gegeben (Beschreibung ATIS-Blatt siehe Kapitel 2.5.3).

Tabelle 10: Beschreibung der Flugszenarien und deren allgemeiner Ausgangsbedingungen

Flugszenario	Beschreibung
K 0	Keine Entscheidungssituation
K 13	Entscheidungssituationen und Zeitpunkte des Auftretens: 1 – Seitenwind (nach KFT NDB) 3 – Rückenwind (am Endanflugkurs)
K 24	Entscheidungssituationen: 2 – ATC-Aufforderung: Sinkflug auf 7000 ft (unter MHA) (Holding, Outbound Course) 4 – blockierte Landebahn (am Endanflugkurs)
Allgemeine Bedingungen	
Klagenfurt NDB-Approach Runway 28 (<i>Shuttle Procedure</i>)	
IMC (OVC) – keine Sicht, Wolken bis kurz vor der Landebahn	
Klagenfurt Radar außer Betrieb	
Ausgangsposition	
Ausgangsposition	QDM 217 KFT NDB
Geschwindigkeit	200 kts
Höhe	8500 ft
Höhenmessereinstellung	1013 hPa
NAV/COM-Setting	Nicht für Landeanflug eingestellt
Anfängliche Wetterbedingungen	
Windrichtung/-geschwindigkeit	Calm (Windstille)
Sicht	5 km
Wolken	OVC 3000
Temperatur/Taupunkt	17/15
QNH	1013
Trend	NOSIG

Hinsichtlich Entscheidungssituation ATC-Aufforderung Sinkflug auf 7000 ft (K 2) ergab sich eine Besonderheit für das Flugszenario (K 24): Nachdem die Probanden auf die ATC-Aufforderung reagiert hatten, wurde vom Fluglotsen mittels Funkspruch (kein Sinkflug: „*OE-FHJ, disregard 7000ft, maintain 8500ft*“ oder Sinkflug wird eingeleitet: „*OE-FHJ, disregard 7000ft, climb immediately to 8500ft*“) der Flugverlauf korrigiert, damit alle Probanden, unabhängig von ihrer

Entscheidung, wieder die gleiche Position für den weiteren Landeanflug einnehmen. Für jedes Flugszenario wurde ein Ablaufschema erstellt, um ein standardisiertes Vorgehen zu ermöglichen – in Kapitel 2.5.2 erfolgt eine Beschreibung der Ablaufschemen.

Wie bereits beschrieben, basieren alle drei Flugszenarien auf den gleichen Rahmenbedingungen. Als Ausgangspunkt wurde ein Anflug auf den Flughafen Klagenfurt gewählt, da dieser bei österreichischen Piloten als grundsätzlich wenig bekannt gilt, um damit Effekte des Übungsgrades auszuschließen. Um die Schwierigkeit des Anflugs und somit der Flugszenarien zu erhöhen, wurde ein Nicht-Präzisionsanflugverfahren (*non-precision approach*), ein NDB(*non-directional beacon*)-Anflug gewählt, da dieser deutlich mehr Navigationsaufwand erfordert als ein ILS (Instrumentenlandesystem) Approach, der den Piloten mit einem Leitstrahl für den Landekurs sowie für den Gleitpfad (Höhe) unterstützt. Darüber hinaus wird der NDB-Anflug deutlich weniger oft durchgeführt als ein ILS-Anflug, der das meist genutzte Verfahren an Flugplätzen mit entsprechenden Einrichtungen darstellt. Beim gewählten Anflugverfahren handelt es sich um ein *Shuttle Procedure*, d.h., es hat ein stufenweiser Sinkflug von einem Funkfeuer (KFT NDB) zum anderen (KW Lctr) zu erfolgen. Die Herausforderung dieses Anflugverfahrens besteht darin, die vorgegebene Geschwindigkeit bei ständigem Sinkflug zu halten, und in der Kontrolle etlicher Checkpoints (7 Funkfeuer), was Konzentration erfordert. Das gebirgige Gelände, das den Flughafen Klagenfurt umgibt, trägt weiter zur Schwierigkeit des Landeanflugs bei. Hinsichtlich des Wetters (OVC 3000) war das Fliegen nach Instrumentenflugregeln (IMC) erforderlich, da es keine Sicht bis kurz vor der Landebahn gab. Hankins und Wilson (1998) konnten unter IFR-Flug im Vergleich zum Sichtflug die erhöhte Beanspruchung von Piloten ($N=15$ Piloten mit Berufs- oder Privatpilotenschein; Flugerfahrung: $M=690$ Flugstunden, $M=110$ IFR-Stunden) verzeichnen. Als weitere Bedingung wurde definiert, dass das Radar außer Funktion war und der Autopilot nicht verwendet werden durfte, was jegliche Vereinfachung des Anflugs z.B. durch Verlangen von Radarvektoren oder Automatisierung durch den Autopiloten, unterband. Generell dauerte ein Flugszenario zwischen 25 und 35 Minuten, abhängig von der Flugleistung des jeweiligen Probanden. Die Beschreibung der Szenarienerstellung mit den Schwerpunkten Realitätsnähe und Induktion mittlerer bis hoher Beanspruchung kann in Kapitel 2.5.1 Simulationsumfeld nachgelesen werden.

2.1.1.2 Entscheidungssituation

Die unabhängige Variable Entscheidungssituation wird unterteilt in vier Faktorstufen: Entscheidungssituation Seitenwind, ATC-Aufforderung zum Sinkflug auf

7000 ft (unter MHA), Rückenwind und blockierte Landebahn. Wie bereits in Kapitel Flugszenario beschrieben, sind jeweils zwei Entscheidungssituationen in ein Szenario eingebaut. Allgemein sind die Situationen so gewählt, dass für die Piloten das Eingehen eines gewissen Risikos noch vertretbar ist (Ausnahme: Entscheidungssituation 2 – Sinkflug auf 7000 ft, unter MHA). Im Folgenden werden die eingesetzten Entscheidungssituationen detailliert beschrieben.

Entscheidungssituation 1: Seitenwind (12 kts, 020°)

Im Flugszenario K 13 tritt nach dem ersten Passieren des Klagenfurt NDB (Funkfeuer) Seitenwind mit 12 kts von 020° auf. Zusätzlich zur Instrumentenanzeige gibt der Fluglotse das Auftreten des Windes bekannt: „*OE-FHJ, new wind 020 degree, 12 knots*“ (markiert genau das Eintreten des Windes). Seitenwind mit 12 kts (mäßige Brise – Stärke 4 auf der Beaufort-Skala) stellt allgemein keine große Bedrohung dar, allerdings ist der Wind bereits so stark, dass er ohne Korrektur das Flugzeug vom Kurs abbringen kann. Für die Entscheidung zu berücksichtigende Faktoren:

- Windrichtung: 020°
- Windstärke: 12 kts
- Abschnitt des Anfluges: *Final Approach Course*

Der Pilot kann sich theoretisch zwischen den Optionen keine Windkorrektur, Windkorrektur nur Richtung und Windkorrektur Größe (und Richtung) entscheiden mit den jeweiligen Konsequenzen für die Kurseinhaltung und daraus resultierend die Sicherheit des Fluges (siehe Attributmatrix Tabelle 11). Bei einer Entscheidung für eine Windkorrektur können mehrere Arten der Windkorrektur durchgeführt werden, z.B. die Drittelregel, *Wind Correction Angle* (WCA), 60er-Regel oder Vorhaltewinkel genannt.

Tabelle 11: Optionen und Attribute für Entscheidungssituation Seitenwind

Optionen		Attribute	
		Sicherheit	Kurs
Keine Windkorrektur		Noch vertretbar, da nicht böig	Hohe Wahrscheinlichkeit, vom Kurs abzukommen
Windkorrektur	Windkorrektur - Richtung	Sicherer, aber keine vollständige Korrektur	Ungenau auf dem Kurs bleiben
	Windkorrektur – Größe (und Richtung)	Sehr sicher	Auf dem Kurs bleiben

Entscheidungssituation 2: ATC-Aufforderung: Sinkflug auf 7000 ft (unter MHA)

In Flugszenario K 24, kurz bevor das Luftfahrzeug das erste Mal das Klagenfurt NDB erreicht, wird der Pilot vom Fluglotsen aufgefordert, ins Holding (Wartekunde, d.h., Flugzeug wartet über einem festgelegten Punkt auf weitere Freigaben) einzufliegen („*OE-FHJ, disregard clearance, enter holding overhead KFT NDB as published*“). Im Holding (über KFT VOR) erhält der Pilot die Anweisung vom Fluglotsen, auf 7000 ft zu sinken („*OE-FHJ, descent 7000 ft*“), was bedeutet, dass die Minimum Holding Altitude (MHA), die bei 8500 ft liegt, unterschritten werden soll. Bei dieser Entscheidungssituation handelt es sich um einen Fehler oder ein Versehen des Fluglotsen, auf das der Pilot reagieren soll. Die Mindesthöhe der Warteschleife (MHA) gibt die Flughöhe an, über die für den Piloten noch Hindernisfreiheit besteht. (Wird diese Mindesthöhe eingehalten, ist ein vertikaler Abstand zu Hindernissen von mindestens 1000 ft bzw. von mindestens 2000 ft in gebirgigem Gelände gegeben.) Ein Unterschreiten dieser Höhe ist nur in Ausnahmen möglich. Im Falle des Szenarios wird eine Unterschreitung von 1500 ft verlangt, was zusätzlich zu den Instrumentenflugbedingungen (keine Sicht) und Radarausfall bei gebirgigem Gelände ein sehr hohes Sicherheitsrisiko bedeutet und nicht erlaubt ist. Für die Entscheidung zu berücksichtigender Faktor: Minimum Holding Altitude von 8500 ft, die auf dem Anflugblatt vermerkt ist. Der Pilot kann sich theoretisch zwischen den Optionen Anweisung des Fluglotsen folgen oder Anweisung des Fluglotsen nicht folgen bzw. rückfragen, ob die Anweisung korrekt ist, entscheiden. Aber an sich darf der Pilot die Mindesthöhe nicht unterschreiten und sollte diese Regel auch ausführen. Ausnahmen für eine Unterschreitung sind zwar möglich, aber aufgrund der Tatsache, dass es sich um eine Unterschreitung von 1500 ft bei gebirgiger Geländebeschaffenheit handelt, ist eine Unterschreitung der Mindesthöhe nicht vertretbar. In Tabelle 12 sind die Optionen Sinkflug einleiten vs. nicht einleiten in Bezug auf die Attribute Regeleinhaltung und Sicherheit zusammengefasst.

Tabelle 12: Optionen und Attribute für Entscheidungssituation Sinkflug auf 7000 ft (unter MHA)

Optionen	Attribute	
	Sicherheit	Regeleinhaltung
Anweisung folgen – Sinkflug einleiten	Sehr gefährlich, da Hindernisfreiheit nicht gewährleistet	Regelverstoß
Rückfrage – Sinkflug nicht einleiten	Sicher, Hindernisfreiheit gewährleistet	Kein Regelverstoß

Entscheidungssituation 3: Rückenwind (8 kts, 100°)

Im Endanflugkurs des Flugszenarios K 13, nachdem das Flugzeug KFT NDB auf 3500 ft erreicht und kurz vor Erreichen des Fehlanflugpunktes (MAP), gibt der Fluglotse zusätzlich zur Instrumentenanzeige das Auftreten von Rückenwind mit einer Stärke von 8 kts ohne Böen aus 100 Grad bekannt und fragt nach dem weiteren Vorhaben des Piloten („*OE-FHJ, for information: wind is now from 100 degrees with 8 knots. Report your further intentions*“). Wie für Entscheidungssituation 1 markiert der Funkspruch genau das Eintreten des Windes. Durch das Umschlagen des Windes auf Rückenwind für die Landung wird die zweite Pistenrichtung in Betrieb genommen und der Pilot steht vor der Entscheidung, ob er mit Rückenwind direkt landet oder eine Landung von der gegenüberliegenden Seite mittels *Circle-to-land Procedure* oder *Missed Approach Procedure* (Durchstarten am *Missed Approach Point*, MAP, und Anflugverfahren von der anderen Seite durchführen) vornimmt. Rückenwind von 8 kts für die Landung ist einerseits vertretbar, da die meisten Flugzeuge für maximal 10 kts Rückenwind zugelassen bzw. diese von den meisten Unternehmen vorgegeben sind. Andererseits wird oft von einer Grenze von 6 kts für eine Rückenwindlandung als Faustregel gesprochen. Eine Landung mit Rückenwind bringt das Risiko einer höheren Aufsetzgeschwindigkeit und dadurch mehr benötigter Landerollstrecke mit sich (Gefahr, Landebahn zu überschießen), außerdem birgt sie die Gefahr, dass bei zunehmender Windstärke doch durchgestartet werden muss. Für die Entscheidung zu berücksichtigenden Faktoren:

- Windstärke: 8 kts, beeinflusst Aufsetzgeschwindigkeit
- Windrichtung: 100°
- Länge der Landebahn bzw. verfügbare Landedistanz
- Performance des Flugzeugs

Abhängig von der Entscheidung sind Sicherheit bei der Landung, Länge der Landebahn (verfügbare Landedistanz: Schwelle bis Pistenende) und Dauer des Verfahrens (siehe Attributmatrix Tabelle 13). Die Entscheidung, durchzustarten und von der anderen Seite zu landen, ist zwar die sicherste, allerdings mit Zeitverlust verbunden, der möglicherweise erheblich sein kann aufgrund von Variablen, die der Pilot nicht beeinflussen kann (z.B. Fluglotse gibt keine Landefreigabe und schickt Pilot in Holding). Ein *Circle-to-land Procedure*, ein Anflug nach Sicht (in diesem Bereich ist Sicht gegeben), von der anderen Seite ist sicher, allerdings ebenfalls mit Zeitverlust verbunden. Hinsichtlich der Sicherheit ist eine Landung mit Rückenwind gerade noch vertretbar, zusätzlich ist die Landebahn kürzer, allerdings ist sie zeitlich gesehen am effektivsten.

Tabelle 13: Optionen und Attribute für Entscheidungssituation Rückenwind

Optionen		Attribute		
		Sicherheit	Länge der Landebahn	Verlängerung des Verfahrens
Direkte Landung	Rückenwindlandung	Noch vertretbar Wind 8 kts, nicht böig	2393 m	0 min.
Landung von der gegenüberliegenden Seite	Circle-to-land Procedure	Sicher	2520 m	3-4 min.
	Missed Approach Procedure	Sehr sicher, da neue Positionierung für Anflugverfahren vorgenommen wird	2520 m	Zeitverlust, abhängig vom darauffolgenden Anflugverfahren (Unsicherheitsfaktor: Holding)

Entscheidungssituation 4: Blockierte Landebahn – Ausweichflughafen

Im Flugszenario K 24, Endanflug, kurz nachdem das Flugzeug KFT NDB auf 3500 ft erreicht, meldet der Fluglotse, dass die Landebahn aufgrund eines defekten Flugzeugs blockiert ist und der Pilot sein weiteres Vorhaben bekannt geben soll („*OE-FHJ, runway is blocked due to a broken aircraft. Report your further intentions*“). Da der Pilot nicht landen kann, muss er den Anflug abbrechen und dem auf der Anflugkarte publizierten *Missed Approach Procedure* (spezifisches Durchstarte-, Steigmanöver) folgen, um dann, abhängig von seiner Entscheidung, ins Holding einzufliegen oder den Ausweichflughafen anzufliegen (da Klagenfurt nur über eine Landebahn verfügt, ist es nicht möglich, auf eine andere auszuweichen).

Als Dauer für die Blockade der Landebahn wurden 1.5 Stunden bestimmt (was eine sehr lange Zeit für ein Holding wäre), damit die Piloten sich gegen das Holding und entsprechend für einen Ausweichflughafen entscheiden. Zeitlich ist es gut zu schaffen, einen Ausweichflughafen anzufliegen und mit dem Transport der Passagiere zurück nach Klagenfurt zu beginnen. Die Dauer der Sperre wird erst auf Verlangen der Piloten vom Fluglotsen kommuniziert. In dieser Entscheidungssituation kommt der Unsicherheitsfaktor hinzu, dass die Sperre möglicherweise länger andauern kann bzw. früher aufgehoben wird. Für die Entscheidung, ob die Sperre im Holding abgewartet oder ein Ausweichflughafen ange-

flogen wird, ist die Dauer der Sperre der Landebahn der ausschlaggebende Faktor (wie bereits beschrieben, ist diese Entscheidung aufgrund der langen Wartezeit eher unwahrscheinlich). Für die Wahl des Ausweichflughafens zu berücksichtigende Faktoren:

- Entfernung des Ausweichflughafens
- Wetter am Ausweichflughafen
- Verkehrsaufkommen am Ausweichflughafen
- Kenntnis vom Ausweichflughafen
- Länge der Landebahn am Ausweichflughafen
- Verfügbare Anflugverfahren am Ausweichflughafen

Um Anfragen auf Wetterverhältnisse an Ausweichflughäfen standardisiert beantworten zu können, wurden diese für acht umliegende Flughäfen definiert (siehe 2.5.2 Arbeitsplatz und Material für Fluglotsen und Tabelle B-3 Material Fluglotse: Wetterinformationen für Ausweichflughäfen). Die Wetterbedingungen variierten in der Weise, dass einem Ausweichflughafen mit vielen Vorteilen ein schlechteres Wetter und einem Flughafen mit weniger Vorteilen ein gutes Wetter zugeteilt wurde, damit es keine definitiv beste Alternative gab, z.B. Wien: gute Wetterbedingungen, aber nicht der nächstgelegene Flughafen und mit hohem Verkehrsaufkommen vs. Graz: schlechteres Wetter als in Wien aber weniger Verkehrsaufkommen und näher an Klagenfurt gelegen. Eine Auflistung der wichtigsten Wetterbedingungen sowie weiterer Attribute wie Entfernung, verfügbare Anflugverfahren und Verkehrsaufkommen für die möglichen Ausweichflughäfen sind in der Attributmatrix in Tabelle 14 dargestellt, allerdings sind die Attribute nicht erschöpfend z.B. könnten verfügbare Anflugblätter ein zusätzliches Attribut darstellen.

Tabelle 14: Optionen und Attribute für Entscheidungssituation blockierte Landebahn

Optionen	Attribute					
	Entfernung	Wetter	Verkehrsaufkommen	Kenntnis von Flughäfen	Länge der Landebahn	Verfügbare Anflugverfahren
Laibach	26 NM; 48 km	Wolkenuntergrenze 1500 ft; Wind 200°, 10 ktn (mittel-schlecht)	Mittel	?	> 2.5 km	1 x ILS; 1 x NDB
Graz	50 NM; 93 km	Wolkenuntergrenze 2500 ft; Wind 080°, 8 ktn (mittel)	Mittel	?	> 2.5 km	1 x ILS; 2 x VOR; 1 x NDB; 1 x GPS
Marburg	57 NM; 106 km	Gewitter (schlecht)	Gering	?	2.5 km	1 x ILS, 1 x LOC
Triest Ronchi	61 NM; 113 km	Wolkenuntergrenze 3000 ft; Regen; Sicht 2,5 km (mittel)	Mittel	?	> 2.5 km	1 x ILS; 1 x VOR; 1 x NDB

Aus den einzelnen Ausprägungen der Attribute ergeben sich Konsequenzen für eine Entscheidung: Die Entfernung zum Ausweichflughafen ist relevant, um die kürzeste Strecke zu wählen, dementsprechend weniger Sprit zu verbrauchen, und bedeutet den kürzesten Weg nach Klagenfurt für die Passagiere. Aufgrund von schlechtem Wetter können sich Verzögerungen für eine Landefreigabe ergeben, ebenso bei Flughäfen mit hohem Verkehrsaufkommen. Die Länge der Landebahn ist ausschlaggebend dafür, ob überhaupt auf diesem Flughafen gelandet werden kann (in diesem Fall wenig relevant), denn je mehr Anflugverfahren verfügbar sind, desto weniger spielt es eine Rolle, wenn eines ausfallen sollte und verzögert die Landung nicht. Für die Piloten persönlich kann es von Vorteil sein, den Flughafen des Anflugverfahrens bereits zu kennen oder zu wissen, dass ein weniger aufwändiges ILS-Verfahren zur Verfügung steht. Für den Verbleib im Holding spricht, dass die Passagiere direkt am Zielort ankommen und möglicherweise die Blockade vor der angekündigten Zeit aufgehoben wird. Allerdings sind 1.5 Stunden im Holding eine sehr lange Zeit – die Spritreserven sind zu bedenken, eine mögliche Verlängerung der Sperre der Landebahn und daraus folgend noch mehr Zeitverlust ist ebenso möglich wie die evtl. Notwendigkeit, doch einen Ausweichflughafen anzufliegen.

Tabelle 15: Merkmale der Entscheidungssituationen hinsichtlich kognitiver Aspekte

Merkmale	Entscheidungssituation			
	Seitenwind	ATC-Aufforderung: Sinkflug auf 7000 ft (unter MHA)	Rückenwind	Blockierte Landebahn – Ausweich- flughafen
Bewusst- heit	- Routine durch Schulung und Übung, da Wind immer vorhanden ist - Einfaches Gegenhalten sollte fast automatisch erfolgen - Anfänglich auf höherer kognitiver Ebene angesiedelt	- Konfrontation mit Regeln - Mindesthöhen sollten bei Flugvorbereitung immer berücksichtigt werden	- Standardkonfrontation - Differenzierte Bewertung notwendig	- Seltene Situation - Differenzierte Bewertung

Merkmale	Entscheidungssituation			
	Seitenwind	ATC- Aufforderung: Sinkflug auf 7000 ft (unter MHA)	Rückenwind	Blockierte Landebahn – Ausweich- flughafen
Anforde- rung an Aufmerk- samkeit	- 2 Optionen - Jeweils 2 Attribute	- 2 Optionen - Jeweils 2 Attribute - MHA soll kognitiv präsent sein	- 2 bzw. 3 Optionen - Jeweils 3 Attribute - Nicht eindeutige Situation	- 2 Optionen - 8 mögliche, realistische Optionen bei Folgeentscheidung - 6 oder mehr mögliche Attribute
Generie- rung neuer Informati- onen	- Vorhandene Informationen reichen für die Entscheidung aus	- Vorhandene Informationen reichen für die Entscheidung aus	- Länge der Landebahn ermitteln	- Dauer der Sperre - Bedingungen am Ausweichflughafen
Zeitdauer	- Schnelle Entscheidung	- Schnelle Entscheidung	- Schnelle Entscheidung	- Schnelle Entscheidung bis verzögerte Entscheidung (zuerst Holding, dann für Alternate entscheiden)
Flexibilität	- Kaum, da es sonst zu Kursabweichungen kommen kann	- Nein, sonst Regelverstoß	- Ja, denn Rückenwindlandung ist noch vertretbar	- Viele mögliche Optionen (Ausweichflughäfen)
Gedächtnis-reprä- sentation	- Wind erfordert Reaktion	- Regel wird angewandt	- Welches Verfahren ist für sichere Landung vertretbar?	- Wie sieht weiteres Vorgehen aus? - Welche Schritte sind zu setzen?

Merkmale	Entscheidungssituation			
	Seitenwind	ATC-Aufforderung: Sinkflug auf 7000 ft (unter MHA)	Rückenwind	Blockierte Landebahn – Ausweich- flughafen
Kognitive Prozesse	- Anpassung des Verhaltens an Bedingung	- Regelaktivierung	- Abwägung der vorherrschenden Faktoren	- Planung der weiteren Vorgehensweise

Die Entscheidungssituationen wurden in Anlehnung an die Handlungsebenen bzw. Entscheidungsebenen hinsichtlich des kognitiven Aufwands, wie von Rasmussen (1983) und Svenson (1990) beschrieben (Kapitel 1.1.2), entwickelt. Eine Gegenüberstellung dieser beiden Konzepte findet sich in Tabelle 1. Die erstellten Entscheidungssituationen werden anhand der von Jungermann (2005, S. 38) angeführten Merkmale zum kognitiven Aufwand von Entscheidungsprozessen beschrieben (siehe Tabelle 15). An dieser Stelle soll noch einmal betont werden, dass die Entscheidungen in Anlehnung an die Entscheidungsebenen von Rasmussen (1983) und Svenson (1990), die in Routine- und aktive Entscheidungen zusammenfassbar sind, keine prototypischen Entscheidungen für die jeweilige Ebene darstellen. Darüber hinaus ist die Entwicklung einer Situation, die eine konstruktive bzw. wissensbasierte Entscheidung erfordert, in der Luftfahrt – einem Bereich, der durch viele standardisierte, trainierte Vorgehensweisen für Routine- und Notfallsituationen charakterisiert ist – sehr schwierig, weshalb auf eine Situation zurückgegriffen wird, die eher selten vorkommt. Ein weiterer abweichender Punkt ist die Dauer der Entscheidungsfindung, die auch für wissensbasierte Entscheidungen schnell bis mittelfristig zu erfolgen hat. Seitenwind und die Aufforderung des Fluglotsen, auf 7000 ft, d.h. unter MHA, zu sinken, werden Routineentscheidungen, Rückenwind und blockierte Landebahn bzw. die Wahl eines Ausweichflughafens werden aktiven Entscheidungen zugeordnet.

2.1.1.3 Zusatzaufgabe

Die experimentelle Variable Zusatzaufgabe unterteilt sich in die Faktorstufen, die jeweiligen Flugszenarien ohne vs. mit Zusatzaufgabe zu fliegen. Als Zusatzaufgabe wurden zwei Navigationsaufgaben gewählt:

- Jedes gerade überflogene NDB (*non-directional beacon*, d.h. ungerichtetes Funkfeuer) im Landeanflug zu berichten. Die Anweisung erfolgte vom Fluglotsen zu Beginn des Flugszenarios im Zuge der anfänglichen Kommu-

nikation im Funkverkehr („*OE-FHJ, you are cleared for NDB-Approach RWY 28, report passing every NDB*“).

- QDM (*Magnetic Heading*) und Distanz zum jeweiligen Drehfunkfeuer (VOR) im Landeanflug zu berichten. Dies wurde standardisiert im Laufe des jeweiligen Anflugs ebenfalls vom Fluglotsen erfragt (z.B. Luftfahrzeug nach Baseturn zwischen KI Loc und KFT NDB: „*OE-FHJ, report QDM and Distance to KFT VOR*“). Dabei handelt es sich um die Ermittlung des Kurses, um bei 0 Wind von der aktuellen Position zur VOR-Station zu gelangen. Dafür muss die richtige Frequenz eingedreht und die Distanz abgelesen werden.

Die Zusatzaufgaben wurden im Sinne eingebetteter Nebenaufgaben (siehe 1.2.2.3 Maße der Haupt- und Nebenaufgabe) entwickelt. Diese Navigationsaufgaben stellen nicht nur eine zusätzliche Aufgabe für den Piloten dar, sondern liefern den Probanden auch Informationen über den Kurs und die aktuelle Position, die sie normalerweise nicht erfragen würden, da sie nicht unbedingt benötigt werden.

Detaillierte Informationen zum standardisierten Vorgehen des Fluglotsen bzw. zum Ablaufschema der Flugszenarien sind den Abbildungen B-1 bis B-3 im Anhang zu entnehmen. Wenn ein Proband eine Aufgabe nicht erfüllte, wurde dieser vom Fluglotsen noch einmal zur jeweiligen Aufgabe aufgefordert. Ob die Aufgaben korrekt, fehlerhaft oder nicht erfüllt wurden, wurde jeweils miterhoben. Abhängig vom jeweiligen Flugszenario waren 8 (K 0, K 13) bzw. 9 (K 24) Navigationsaufgaben zu absolvieren. Die Anzahl der Aufgaben variierte je Szenario, da aufgrund der Entscheidungsaufgaben Abweichungen im zu fliegenden Kurs entstanden. Eine Übersicht über die jeweiligen Navigationsaufgaben je Flugszenario ist in Tabelle 16 dargestellt.

Im Zuge der Simulationsstudie wurde am Ende des letzten Interviews erhoben, wie die Probanden (unter der Bedingung Zusatzaufgabe) den Aufwand der flugspezifischen Zusatzaufgabe subjektiv wahrnahmen, was einen Manipulation Check auf subjektiver Ebene darstellt. Das Interview (siehe Anhang B.2.2 Interviewleitfäden) hat erfasst:

- Kategorien und Häufigkeiten für Aufwand durch Zusatzaufgabe für jedes Flugszenario
- Mittelwerte für Aufwand durch Zusatzaufgabe für jedes Flugszenario

Darüber hinaus wurden korrekt erfüllte Zusatzaufgaben dokumentiert. Die Ergebnisse werden in Kapitel 4.4 Flugspezifische Zusatzaufgabe beschrieben und diskutiert.

Tabelle 16: Zusatzaufgaben in den jeweiligen Flugszenarien

Flugszenario	Zusatzaufgabe			
K 0	Aufgabe 1	Bericht: KFT NDB	Aufgabe 5	QDM & Distanz zu: KFT VOR
	Aufgabe 2	QDM & Distanz zu: VIW VOR	Aufgabe 6	Bericht:KFT NDB
	Aufgabe 3	Bericht: KI NDB	Aufgabe 7	Bericht: KFT NDB
	Aufgabe 4	Bericht: KI NDB	Aufgabe 8	Bericht: KI NDB
K 13	Aufgabe 1	Bericht: KFT NDB	Aufgabe 5	QDM & Distanz zu: KFT VOR
	Aufgabe 2	QDM & Distanz zu: VIW VOR	Aufgabe 6	Bericht: KFT NDB
	Aufgabe 3	Bericht: KI NDB	Aufgabe 7	Bericht: KFT NDB
	Aufgabe 4	Bericht: KI NDB	Aufgabe 8	Bericht: KI NDB
K 24	Aufgabe 1	Bericht: KFT NDB	Aufgabe 6	Bericht: KI NDB
	Aufgabe 2	QDM & Distanz zu: KFT VOR	Aufgabe 7	QDM & Distanz zu: KFT VOR
	Aufgabe 3	Bericht: KFT NDB	Aufgabe 8	Bericht: KFT NDB
	Aufgabe 4	QDM & Distanz zu: VIW VOR	Aufgabe 9	Bericht: KFT NDB
	Aufgabe 5	Bericht: KI NDB		

2.1.2 Abhängige Variablen

Die abhängigen Variablen, die für diese Studie herangezogen wurden, werden zu den zwei Hauptkategorien Entscheidungsfindung und aktueller psychischer Zustand mit jeweiligen Subkategorien zusammengefasst.

2.1.2.1 Aktueller psychischer Zustand

Mentale Beanspruchung

Die Erhebung der mentalen Beanspruchung stützt sich auf den sogenannten Mehrebenenansatz, der es erlaubt, ein umfassendes Profil von Effekten abzubilden, indem Daten subjektiver Bewertungen, psychophysiologischer Messungen und von Verhaltenskriterien berücksichtigt werden. Eine Erhebung der subjektiven Ebene gibt Hinweis darauf, wie eine Situation interpretiert bzw. wahrgenommen wird, während psychophysiologische Indikatoren als objektiv gelten und die Darstellung eines multidimensionalen Konstrukts wie mentale Beanspruchung ergänzen. Gerade das Fliegen stellt komplexe mentale Anforderungen an die Piloten und verlangt daher die Anwendung zahlreicher kognitiver Prozesse. Mentale Beanspruchung während eines Fluges oder im Simulator sollte über multiple Messungen erfolgen, um die Multidimensionalität dieser Variable adäquat zu erfassen (Hankins & Wilson, 1998; Veltman, 2002; Wilson, 2002a).

Auf subjektiver Ebene wurde das Konstrukt Beanspruchung mittels des standardisierten Fragebogens NASA-TLX (Hart & Staveland, 1988, in Kapitel 2.5.5 Fragebögen beschrieben) erhoben. Für jedes Flugszenario erfolgte eine Erfassung der subjektiv wahrgenommenen Beanspruchung nach deren Beendigung. Zusätzlich wurde die Beanspruchung für alle vier Entscheidungssituationen nach dem jeweiligen Interview erhoben. Um Daten zur mentalen Beanspruchung zusätzlich zum subjektiven Erleben auf einer als objektiv geltenden Ebene zu erheben, kamen psychophysiologische Messungen in Form einer Elektrokardiographie (EKG) zum Einsatz. Im Zuge des Briefings zur Simulatorstudie wurde den Probanden ein mobiles EKG-Gerät angelegt, das die kardiovaskuläre Aktivität bis zu Studienende kontinuierlich aufzeichnete. Um für die Studie interessante Abschnitte auswählen zu können, wurden während der EKG-Aufzeichnung Markierungen gesetzt. Für die ausgewählten Messstrecken – vor, während und nach der Entscheidungssituation – wurde die Herzrate oder Herzfrequenz (HF/HR), angelehnt an die Studien von Roscoe (1993), in 10-Sekunden-Intervallen in bpm (Beats per Minute) bestimmt. Roscoe (1993) führte mehrere Studien im Simulator sowie im realen Flug durch, insbesondere zu Anflug und Landung, und erhob die mentale Beanspruchung der Piloten jeweils in 10-Sekunden-Intervallen der Herzrate (in bpm). 10-Sekunden-Intervalle der Herzrate umfassen drei Atmungszyklen. Eine Zusammenfassung der abhängigen Variablen für das jeweilige Verfahren ist Tabelle 17 zu entnehmen.

Tabelle 17: Mentale Beanspruchung, angewandte Verfahren und abhängige Variablen

Bereich	Verfahren	Abhängige Variablen
Mentale Beanspruchung	NASA-Task Load Index (NASA-TLX)	Score für <i>geistige Anforderungen</i> für jedes Flugszenario und jede Entscheidungssituation Score für <i>körperliche Anforderungen</i> für jedes Flugszenario und jede Entscheidungssituation Score für <i>zeitliche Anforderungen</i> für jedes Flugszenario und jede Entscheidungssituation Score für <i>Leistung</i> für jedes Flugszenario und jede Entscheidungssituation Score für <i>Anstrengung</i> für jedes Flugszenario und jede Entscheidungssituation Score für <i>Frustrationsniveau</i> für jedes Flugszenario und jede Entscheidungssituation Score für <i>Gesamtwert der Beanspruchung</i> für jedes Flugszenario und jede Entscheidungssituation
	Elektrokardiographie	Score <i>Herzrate in 10-Sekunden-Intervallen (bpm)</i> während der Flugszenarien für jede Entscheidungssituation (15 Messstrecken x 10 sek: 4 Messstrecken vor, 1 Messstrecke zu, 10 Messstrecken nach jeder Entscheidungssituation)

Befindlichkeit

Ebenfalls auf subjektiver Ebene wurde das Konstrukt der Befindlichkeit mit Hilfe der Befindlichkeitsskalierung anhand von Kategorien und Eigenschaftswörtern (BSKE, Janke & Hüppe, 1995) erfasst. Subjektiv wahrgenommene Befindlichkeit wurde nach Ende jedes Flugszenarios erhoben. Eine Zusammenfassung der abhängigen Variablen für den Bereich der Befindlichkeit ist Tabelle 18 zu entnehmen.

Tabelle 18: Befindlichkeit, angewandte Verfahren und abhängige Variablen

Bereich	Verfahren	Abhängige Variablen
Befindlichkeit	<u>B</u> efindlichkeitsskalierung anhand von <u>K</u> ategorien und <u>E</u> igenschaftswörtern (BSKE)	Score für <i>leistungsbezogene Aktivität</i> für jedes Flugszenario Score für <i>allgemeine Desaktivität</i> für jedes Flugszenario Score für <i>Extraversion</i> für jedes Flugszenario Score für <i>allgemeines Wohlbefinden</i> für jedes Flugszenario Score für <i>emotionale Gereiztheit</i> für jedes Flugszenario Score für <i>Angst/Deprimiertheit</i> für jedes Flugszenario Score für <i>somatisches Befinden</i> für jedes Flugszenario

2.1.2.2 Entscheidungsfindung

Entscheidungsfindung teilt sich in die Bereiche des beobachtbaren Entscheidungsverhaltens sowie die subjektiv wahrgenommenen Faktoren der Entscheidungsfindung und beeinflussenden Faktoren.

Performanceparameter der Entscheidung

Für jede definierte Entscheidungssituation werden die tatsächliche Entscheidung (Wahl der Option) sowie die jeweilige beobachtbare Reaktionszeit erhoben. Hierbei handelt es sich um objektiv erfassbare Performanceparameter für den übergeordneten Bereich der Entscheidungsfindung. Mittels Beobachtung der Flugführung (Entscheidungssituationen Seitenwind, ATC-Aufforderung: Sinkflug auf 7000 ft) sowie der Kommunikation mit dem Fluglotsen (Entscheidungssituationen ATC-Aufforderung: Sinkflug auf 7000 ft, Rückenwind und blockierte Landebahn) ist die Entscheidung sowie die sogenannte Reaktionszeit der Probanden während des Flugszenarios ersichtlich (Tabelle 19).

Tabelle 19: Performance der Entscheidung, angewandtes Verfahren und abhängige Variable

Bereich	Verfahren	Abhängige Variablen
Entscheidung	ATC-Kommunikation, teilweise Beobachtung	Häufigkeiten der <i>Entscheidung</i> für jede Entscheidungssituation
Reaktionszeit		Mittlere <i>Reaktionszeit (in sek.)</i> für jede Entscheidungssituation

Entscheidungsfindung und beeinflussende Faktoren

Zur Erfassung der subjektiven Situationsbewertung sowie kognitiver Prozesse bei der Entscheidungsfindung wurden über ein Interview (siehe Kapitel 2.5.6 zur Beschreibung des Interviews) die Konstrukte *Situation Awareness* (SA) und Aufmerksamkeit sowie die Bereiche Entscheidungsfindung, Evaluierung der Entscheidung, Einflussfaktoren, Allgemeines zu Entscheidungssituationen sowie Zusatzaufgabe (nur für Probanden unter der Bedingung mit Zusatzaufgabe) für jede Entscheidungssituation erhoben. Nach Beendigung der Flugszenarien mit Entscheidungssituationen (K 13, K 24) wurde das Interview zuerst für die erste aufgetretene Entscheidungssituation und danach noch einmal für die zweite aufgetretene Entscheidungssituation durchgeführt. Für das Flugszenario ohne Entscheidungssituation (K 0) kam das Interview einmal mit Bezugnahme auf das ganze Szenario zum Einsatz, spezifische Fragen zur Entscheidungsfindung wurden nicht miteinbezogen. Eine Zusammenfassung der abhängigen Variablen für den jeweiligen Bereich des Interviews ist Tabelle 20 zu entnehmen, Ankerbeispiele zu den jeweiligen Kategorien finden sich in Tabelle B-4 (Anhang).

Tabelle 20: Entscheidungsfindung, angewandte Verfahren und abhängige Variablen

Bereich	Verfahren	Abhängige Variablen
Situation Awareness		Kategorien und Häufigkeiten für <i>Bild der Situation</i> für jede Entscheidungssituation
		Mittelwerte für <i>Zeitdruck</i> für jede Entscheidungssituation
Aufmerksamkeit		Mittelwerte für <i>Risiko</i> für jede Entscheidungssituation
		Kategorien und Häufigkeiten für <i>Aufmerksamkeit</i> für jede Entscheidungssituation und Flugszenario K 0
Entscheidungsfindung	Interview	Mittelwerte für <i>Aufmerksamkeit</i> für jede Entscheidungssituation
		Kategorien und Häufigkeiten für <i>weiteres Vorgehen</i> für jede Entscheidungssituation
		Kategorien und Häufigkeiten für <i>Regeln und Anwendung</i> für jede Entscheidungssituation
		Kategorien und Häufigkeiten für <i>verfolgtes Ziel</i> für jede Entscheidungssituation
		Kategorien und Häufigkeiten für <i>herangezogene Informationen zur Entscheidung</i> für jede Entscheidungssituation
Evaluierung der Entscheidung		Kategorien und Häufigkeiten für <i>Alternativen</i> für jede Entscheidungssituation
		Kategorien und Häufigkeiten für <i>kognitiven Aufwand für Entscheidung</i> für jede Entscheidungssituation
Einflussfaktoren		Kategorien und Häufigkeiten für <i>Überprüfung der Entscheidung auf Erfolg</i> für jede Entscheidungssituation
		Kategorien und Häufigkeiten für <i>unangenehme Faktoren</i> für jede Entscheidungssituation und Flugszenario K 0
		Kategorien und Häufigkeiten für <i>hilfreiche Faktoren</i> für jede Entscheidungssituation und Flugszenario K 0
		Kategorien und Häufigkeiten für <i>mögliche hilfreiche Faktoren</i> für jede Entscheidungssituation und Flugszenario K 0

Bereich	Verfahren	Abhängige Variablen
Allgemeines zu Entscheidungssituationen		Kategorien und Häufigkeiten für <i>Erfahrung mit der Entscheidungssituation</i> für jede Entscheidungssituation
		Kategorien und Häufigkeiten für <i>Bewertung der (Entscheidungs-)Situation</i> für jede Entscheidungssituation und Flugszenario K 0
		Mittelwerte für <i>Sicherheit</i> für jede Entscheidungssituation und Flugszenario K 0
		Mittelwerte für <i>Zufriedenheit</i> für jede Entscheidungssituation und Flugszenario K 0
		Mittelwerte für <i>Schwierigkeit</i> für jede Entscheidungssituation und Flugszenario K 0
		Mittelwerte für <i>subjektives Gefühl</i> für jede Entscheidungssituation und Flugszenario K 0
		Mittelwerte für <i>Beanspruchung</i> für jede Entscheidungssituation und Flugszenario K 0

2.1.3 Moderatorvariablen

In Bezug auf die Stichprobe sowie auf die Simulationsstudie selbst wurden mehrere Moderatorvariablen erhoben, um mögliche Einflüsse auf die abhängigen Variablen zu erheben.

Zur Stichprobenbeschreibung wurden Trait- und State-Variablen berücksichtigt, um mögliche Unterschiede zwischen den Faktorstufen der Between-subject-Variable Zusatzaufgabe (Flugszenarien ohne vs. mit Zusatzaufgabe) herauszufiltern. Aufgrund der Annahme, dass Persönlichkeitsmerkmale die Entscheidungsfindung und wahrgenommene mentale Beanspruchung beeinflussen können, wurden fünf Hauptdimensionen der Persönlichkeit – bezeichnet als Big Five – sowie das Merkmal Sensation Seeking zu Beginn der Simulatorstudie, nach einer kurzen Erläuterung, mittels Fragebogen erfasst. Auch wurde angenommen, dass der aktuelle allgemeine Zustand der Probanden, vor allem die aktuelle Beanspruchung und Erholung, sowie die Flugerfahrung möglichen Einfluss auf die fliegerische Leistung, das subjektive Befinden oder auch auf physiologische Prozesse während der Simulatorstudie haben. Probanden, die bereits zu Beginn der Studie ermüdet sind oder vergleichsweise wenig absolvierte Flugstunden aufweisen können, empfinden die Flugszenarien möglicherweise als anstrengender, sind danach erschöpfter oder zeigen schlechtere Leistung als jene mit viel Flugerfahrung oder gut erholte Probanden. Die Erfassung der Ausgangslage, der Erholung und Beanspruchung sowie der Flugerfahrung erfolgte mittels Fragebögen anschließend an die Erhebung der Persönlichkeitsmerkmale. Zur Beschreibung der Stichprobe wurden anhand des biographischen Erhebungsbogens zusätzlich zur Flugerfahrung und -ausbildung soziodemographische Daten wie Alter, Geschlecht, Nationalität, Familienstand, Bildung und Beruf erfragt. Eine Aufstellung der angewandten Verfahren und damit erfassten Bereiche und Moderatorvariablen enthält Tabelle 21, die dazu gehörigen Ergebnisse werden in der Stichprobenbeschreibung berücksichtigt. Die Beschreibung des verwendeten Materials findet sich in Kapitel 2.5.5 Fragebögen.

Tabelle 21: Erfasste Bereiche, angewandte Verfahren und Moderatorvariablen (Stichprobe)

Bereich	Verfahren	Variablen
Persönlichkeitsmerkmale	NEO-Fünf-Faktoren-Inventar (NEO-FFI)	Score für Neurotizismus
		Score für Extraversion
		Score für Offenheit für Erfahrung
		Score für Verträglichkeit
		Score für Gewissenhaftigkeit
	Sensation Seeking-Skalen Form V (SSS-V)	Score für Gefahr- und Abenteuersuche Score für Enthemmung Score für Erfahrungssuche Score für Empfänglichkeit für Langeweile Score für Sensation Seeking-Gesamiskala
Zustand der aktuellen Beanspruchung und Erholung	Erholungs-Belastungs-Fragebogen (EBF-24A/3)	Score für Bereich Beanspruchung Score für Bereich Erholung Score für Beanspruchungsskalen: allgemeine Belastung – Niedergeschlagenheit, emotionale Belastung, soziale Spannungen, ungelöste Konflikte, Übermüdung, Energielosigkeit, körperliche Beschwerden
		Score für Erholungsskalen: Erfolg, Erholung im sozialen Bereich, körperliche Erholung, allgemeine Erholung, erholsamer Schlaf
		Angaben zu Aktivitäten vor der Simulatorstudie, Schlafqualität und -dauer, aktuelle somatische Beschwerden, Konsum von Genussmitteln und Medikamenten
Allgemeiner Ausgangszustand	Fragebogen zum Ausgangszustand	
Soziodemographische Daten und Flugerfahrung	Biographischer Erhebungsbogen	Angaben zur Flugausbildung (Erwerb von Lizenzen), Flugstunden bzw. Flugerfahrung, beruflicher fliegerischer Tätigkeit sowie zu soziodemographischen Variablen (z.B. Alter)

In Bezug auf die Simulationsstudie wurde am Ende des letzten Interviews erfasst, wie viel Erfahrung die Probanden mit dem spezifischen Flugszenario haben. Es wird vermutet, dass sich viel Erfahrung oder Training mit dem Anflugverfahren auf die mentale Beanspruchung auswirken kann und diese erfahrenen Probanden den Anflug nicht mehr als beanspruchend wahrnehmen. Ebenfalls am Ende des letzten Interviews wurde das Erinnerungsvermögen an die Flugabschnitte ermittelt. Schlechte Erinnerung an die relevanten Flugabschnitte könnte sich auf die Bewertung der Entscheidungsfindung und deren beeinflussende Faktoren auswirken. Eine Aufstellung der für die Simulationsstudie erfassten Moderatorvariablen ist Tabelle 22 zu entnehmen. Die Ergebnisse für diese Moderatorvariablen werden in Kapitel 4.3 Effekte der Moderatorvariablen beschrieben und deren potentieller Einfluss auf die Ergebnisse der Studie diskutiert.

Tabelle 22: Erfasste Bereiche, angewandte Verfahren und Moderatorvariablen (Simulationsstudie)

Bereich	Verfahren	Abhängige Variablen
Erfahrung Flugszenario	Interview	Kategorien und Häufigkeiten für <i>Erfahrung mit dem Flugszenario</i> am Ende des letzten Interviews
Rekonstruktion Flugverlauf bzw. Entscheidungssituation	Interview	Kategorien und Häufigkeiten für <i>Erinnerung der Flugabschnitte</i> am Ende des letzten Interviews

2.2 Testläufe der Studie

Im Vorfeld der experimentellen Hauptstudie wurden zwei Testläufe durchgeführt, um das Simulationsumfeld und die eingesetzten Verfahren, vorrangig das Interview, zu testen. Generell boten diese die Möglichkeit, den Ablauf sowie die Verständlichkeit von Instruktionen zu optimieren, den Zeitplan zu überprüfen und die Abläufe für den Leiter der Flugsimulation und die Versuchsleiterin einzuüben. Eingesetzte Methoden wie Fragebogen und Interview sowie Flugszenarien und Entscheidungssituationen werden im Methodenteil der Hauptstudie ausführlich behandelt.

2.2.1 Testlauf I

Testlauf I sollte die für die Hauptstudie entwickelten Flugszenarien dahingehend untersuchen, ob diese höhere Beanspruchung als die Referenzszenarien induzie-

ren. Darüber hinaus sollte das Interview im Hinblick auf Verständlichkeit der Fragen und deren Akzeptanz bewertet werden.

Fragestellungen:

- Induzieren die als schwierig eingestuften Flugszenarien höhere subjektiv wahrgenommene Beanspruchung als die einfachen Flugszenarien?
- Werden die als schwierig definierten Flugszenarien als subjektiv schwieriger eingestuft als die einfachen Flugszenarien?
- Gibt es einen Unterschied in der subjektiven Befindlichkeit zwischen den als schwierig vs. einfach definierten Flugszenarien?
- Gibt es einen Unterschied im Entscheidungsverhalten zwischen den als schwierig vs. einfach definierten Flugszenarien?

Methode

Um die Frage zu beantworten, ob das definierte Flugszenario als schwierig eingestuft wird und Beanspruchung induziert, wurde als Referenz ein einfaches Flugszenario, nach vordefinierten Kriterien eines schwierigen vs. einfachen Landeanflugs (Tabelle 40, Kapitel 2.5.1 Simulationsumfeld), entwickelt.

Die unabhängige Variable Flugszenario teilt sich in die Faktorstufen:

- | | |
|---|-------------|
| ▪ Innsbruck mit Entscheidungssituationen 1, 3 | (schwierig) |
| ▪ Innsbruck mit Entscheidungssituationen 2, 4 | (schwierig) |
| ▪ Linz mit Entscheidungssituationen 1, 3 | (einfach) |
| ▪ Linz mit Entscheidungssituationen 2, 4 | (einfach) |

mit den Entscheidungssituationen aufkommender Seitenwind (1), ATC-Aufforderung: Sinkflug unter MHA (2), Rückenwind (3) und blockierte Landebahn (4). Aus zeitlichen Gründen wurde auf eine Bedingung ohne Entscheidungssituation verzichtet. Die Entscheidungssituationen wurden in den Testlauf mit aufgenommen, um Zusatzinformationen zur wahrgenommenen Schwierigkeit je nach Flugszenario sowie Erfahrungswerte hinsichtlich der Realisierung am Simulator zu gewinnen. Darüber hinaus dienten sie der Einübung der Abläufe und der Bewertung des Interviews auf Verständlichkeit und Akzeptanz.

Die ausgearbeiteten Flugszenarien enthielten keine Zusatzaufgaben. Eine ausführliche Beschreibung der Flugszenarien mit Eintritt der Entscheidungssituationen und allgemeinen Ausgangsbedingungen sind in Tabelle 41 (Kapitel 2.5.1 Simulationsumfeld) für die Flugszenarien Innsbruck (schwierig) dargestellt. Für

die Charakteristik der Entscheidungssituationen siehe Kapitel 2.1.1 Unabhängige Variablen.

Die Erhebung der abhängigen Variablen erfolgte auf subjektiver Ebene und umfasste die Bereiche Beanspruchung, Befindlichkeit, Schwierigkeit und Performance (siehe Tabelle 23). Mit Ausnahme des Zusatzes im Interview zum Vergleich der Schwierigkeit der Flugszenarien wurden die abhängigen Variablen auch in der Hauptstudie eingesetzt.

Tabelle 23: Testlauf I: Erfasste Bereiche, angewandte Verfahren und abhängige Variablen

Bereich	Verfahren	Abhängige variablen
Beanspruchung	NASA- <u>T</u> ask <u>L</u> oad Index (NASA-TLX)	Summenwert für <i>Gesamtwert der Beanspruchung</i> für jedes Flugszenario
	Interview	Antwort auf die Frage zu <i>Zeitdruck</i> für jede Entscheidungssituation Antwort auf die Frage zu <i>Auslastung</i> für jede Entscheidungssituation Antwort auf die Frage zu <i>Beanspruchung</i> für jede Entscheidungssituation
Schwierigkeit	Interview	Antwort auf die Frage zu <i>Schwierigkeit</i> für jede Entscheidungssituation Antwort auf die Frage zu <i>unterschiedlicher Schwierigkeit der Flugszenarien</i>
Befindlichkeit	<u>B</u> efindlichkeitsskalierung anhand von <u>K</u> ategorien und <u>E</u> igenschaftswörtern (BSKE)	Mittelwert für Bereich <i>positive Befindlichkeit</i> für jedes Flugszenario Mittelwert für Bereich <i>negative Befindlichkeit</i> für jedes Flugszenario
Performance	Entscheidungsverhalten	Reaktion auf Entscheidungssituationen

Stichprobe

Der Testlauf wurde mit einem Probanden durchgeführt. Ausschlaggebend dafür war das Ergebnis zur wahrgenommenen Schwierigkeit der entwickelten Flugszenarien und zur daraus folgenden wahrgenommenen Beanspruchung. Die Wahrscheinlichkeit, dass weitere Piloten das Flugszenario mit dem Anflug auf den

Flughafen Innsbruck aufgrund des bekannt schwierigen Landeanflugs ebenfalls eingeübt haben und daher gut damit vertraut waren, wurde als sehr hoch eingeschätzt. Die zusätzlichen Bedenken, genügend geeignete Probanden für die Hauptstudie zu finden, veranlassten dazu, den Testlauf I nach dem ersten Probanden zu beenden und neue, hinsichtlich der Bekanntheit neutralere Flugszenarien zu entwickeln.

Tabelle 24: Testlauf I: Stichprobenbeschreibung

Variablen	Ausprägung	Variablen	Ausprägung
Alter (in Jahren)	24	Geschlecht	Männlich
Absolvierte Flugstunden gesamt (ohne Simulator)	500	Berufliche fliegerische Aktivität	Nebenberuflich
VFR-Stunden	430	Hauptbetätigungsfeld (Haupt- und nebenberuflich)	Fluglehrer
IFR-Stunden	70	(Höchste) Fluglizenz	ATPL (frozen)
Simulatorstunden	180	(Höchste) Instructor-Berechtigung	PPL

An Testlauf I nahm ein männlicher Pilot im Alter von 24 Jahren teil. Zusätzlich zur erwünschten Voraussetzung, der Lizenz für Verkehrspiloten (frozen), besaß er eine Instructor-Berechtigung für PPL und übte nebenberuflich die Fluglehrertätigkeit aus. Die Flugerfahrung betreffend, verfügte der Proband über 500 Flugstunden (davon 70 Stunden Instrumentenflug) und 180 Simulatorstunden an zertifizierten Simulatoren (Tabelle 24).

Für die als Kontrollvariablen (Tabelle 25) erfassten Persönlichkeitsmerkmale weisen die Variablen Neurotizismus ($z=-1.36$) und Offenheit für Erfahrung ($z=-1.07$) eine gering unter dem Durchschnitt liegende Ausprägung auf, was bedeutet, dass sich der Proband als ausgeglichen und ruhig beschreibt sowie eher Bekanntes dem Neuen vorzieht. In Bezug auf die Eigenschaften Gewissenhaftigkeit ($z=1.38$), die mit Zuverlässigkeit und Genauigkeit einhergeht, als auch Verträglichkeit ($z=2.05$), die sich in Rücksichtnahme und Kooperation äußert, weist der Proband überdurchschnittliche Werte auf. Für das Persönlichkeitsmerkmal *Sensation Seeking* ergeben sich unterdurchschnittliche Werte für die Suche nach Erfahrungen durch nonkonformistischen Lebensstil ($T=35$) sowie für Empfänglichkeit für Langeweile ($T=32$). Hinsichtlich des aktuellen Erholungs- und Beanspruchungszustands zeigt sich im Hinblick auf die angeführten Referenzwerte, dass der vorliegende aktuelle Beanspruchungswert die Referenzwerte unterschreitet und der aktuelle Erholungswert die Referenzwerte überschreitet. Den

Ausgangszustand betreffend weist der Proband keine Auffälligkeiten in Schlafgewohnheiten, somatischen Beschwerden oder Konsum von Genussmitteln oder Einnahme von Medikamenten auf. Zusammenfassend dargestellt, beschreibt sich der Proband als ausgeglichen und umgänglich mit der Tendenz zu traditionellen Werten und wenig Bereitschaft, Risiken für neue intensive Erfahrungen einzugehen. Darüber hinaus ist sein (psycho-)physischer Gesamtzustand als entspannt und ausgeglichen zu bezeichnen.

Tabelle 25: Testlauf I: Stichprobenbeschreibung – Kontrollvariablen

Verfahren	Variablen	Werte
NEO-Fünf-Faktoren-Inventar (NEO-FFI)	Neurotizismus	$z=-1.36$
	Extraversion	$z=0.73$
	Offenheit für Erfahrung	$z=-1.07$
	Verträglichkeit	$z=2.05$
	Gewissenhaftigkeit	$z=1.38$
<i>Sensation Seeking</i>-Skalen Form V (SSS-V)	Gefahr- und Abenteuersuche	$T=56$
	Enthemmung	$T=50$
	Erfahrungssuche	$T=35$
	Empfänglichkeit für Lange- weile	$T=32$
	<i>Sensation Seeking</i>- Gesamtskala	$T=44$
<u>Erholungs-Belastungs-Fragebogen (EBF-24A/3)</u>	Bereich Beanspruchung	$M=0.14$ (Referenzwerte: 1.43-1.96)*
	Bereich Erholung	$M=4.30$ (Referenzwerte: 2.11-3.45)*

Anmerkung. $n=1$; Normskala z -Werte ($M=0$, $SD=1$); Normskala T -Werte ($M=50$, $SD=10$)

*Referenzwerte beziehen sich auf Mittelwerte der Subtests des EBF-72 (72 Items) für eine Untersuchungstichprobe von $N=420$ (Kallus, 1995)

Ablauf

Der Ablauf des Testlaufs I, dargestellt in Tabelle A-1 (Anhang), entspricht dem experimentellen Ablauf der Hauptstudie (Tabelle 34) mit den Ausnahmen, dass in Testlauf I keine Herzratenmessung erfolgte und die Beanspruchung über NA-SA-TLX nicht zusätzlich nach den Rekonstruktionsinterviews erhoben wurde. Die Vorgabe der Flugszenarien erfolgte in der Reihenfolge:

- Szenario 1: Linz mit Entscheidungssituationen 1, 3
- Szenario 2: Linz mit Entscheidungssituationen 2, 4
- Szenario 3: Innsbruck mit Entscheidungssituationen 1, 3
- Szenario 4: Innsbruck mit Entscheidungssituationen 2, 4.

Material

Nachdem der Testlauf I zusätzlich dem Zweck dienen sollte, die eingesetzten Verfahren, erstelltes Material und Instruktionen auf ihre Verständlichkeit und Eignung zu überprüfen sowie generell den Ablauf zu optimieren, setzt sich das verwendete Material aus dem in der Hauptstudie verwendeten Material und flug-szenarienspezifischen Unterlagen, die von der Hauptstudie abweichen (*kursiv dargestellt*), zusammen.

Material für den Fluglotsen bzw. Leiter der Flugsimulation:

- *Ablaufschemen für Flugszenarien mit Wetterinformationen für Ausweich-flughäfen*
- Erhebungsblatt für Entscheidungen

Material für den Probanden:

- *Modifizierte Automatic-Terminal-Information-Service(ATIS)-Blätter von Innsbruck und Linz*
- *Anflugblätter für Innsbruck und Linz*
- Systembeschreibung Flugsimulator

Das verwendete Material der Versuchsleiterin sowie subjektive Erhebungsmethoden entsprechen dem der Hauptstudie. Der Interviewleitfaden stellt eine Vorversion des in der Hauptstudie verwendeten dar.

Datenaufbereitung und -analyse

Die in Testlauf I eingesetzten Fragebögen (Biographischer Erhebungsbogen, Fragebogen zum Ausgangszustand, NEO-FFI, SSS-V, EBF-24A/3, BSKE, NASA-TLX) wurden entweder in einen Texteditor eingetragen und anschließend in SPSS 16 importiert oder direkt in ein SPSS-16-Datenblatt eingetragen. Biographische Daten sowie Daten zum Ausgangszustand wurden keiner weiteren Datenaufbereitung oder -analyse unterzogen. Daten zur Persönlichkeit, zu Erholung

und Belastung sowie aktuellem psychischen Zustand wurden entsprechend den Testmanualen zu Subtests bzw. Bereichen zusammengefasst. Darüber hinaus wurden die Daten zu allgemeinen Persönlichkeitsmerkmalen zu z-Werten und Daten zu Sensation Seeking zu T-Werten transformiert, um in übersichtlicher Form Abweichungen von den Normen der Stichprobe beschreiben zu können.

Das Interview wurde anhand festgelegter Regeln (siehe Hauptstudie 2.6.2 Datenaufbereitung Interview) vollständig transkribiert. Für den Testlauf I wurden ausgewählte Fragen aus dem Interview zu den Bereichen Beanspruchung und Schwierigkeit herangezogen. Mit Ausnahme der Frage zum Vergleich der fliegerischen Schwierigkeit von Linz und Innsbruck handelte es sich um geschlossene Fragen, die der Proband anhand einer Skala (0 – 100) zu beantworten hatte. Die offene Frage wurde in einem weiteren Schritt inhaltlich für die Ergebnisdarstellung zusammengefasst.

Ergebnisse und Diskussion

Die Ergebnisse des Probanden werden im folgenden Teil, gegliedert nach den erfassten Merkmalsbereichen, dargestellt und diskutiert. Eine Übersicht der Ergebnisse findet sich in Tabelle 26 und Tabelle 27. Zusätzliche Ergebnisse werden in den Tabellen A-3 und A-4 im Anhang angeführt.

Beanspruchung

Die subjektiv wahrgenommene Beanspruchung des Probanden, erhoben mittels NASA-TLX, liegt für alle vier durchgeführten Flugszenarien im Bereich von $Min=210$ bis $Max=315$ (Gesamtwert der Beanspruchung von 0=niedrig bis 600=hoch). Die Flugszenarien mit den integrierten Entscheidungssituationen Seiten- und Rückenwind (Innsbruck 13; Linz 13) wurden jeweils als etwas weniger beanspruchend bewertet als jene mit den Entscheidungssituationen Sinkflug unter MHA und blockierte Landebahn (Innsbruck 24; Linz 24), wobei der Anflug auf Innsbruck jeweils als geringfügig beanspruchender bewertet wurde. Die Ergebnisse zeigen – wie jene des Interviews – keine auffallend höhere wahrgenommene Beanspruchung für den Anflug auf Innsbruck.

Der Zeitdruck wurde vom Probanden für die Anflüge auf Innsbruck mit Ausnahme der Entscheidungssituation blockierte Landebahn als subjektiv höher wahrgenommen als für Anflüge auf Linz, wobei die Unterschiede für die Situationen Seitenwind (Innsbruck: 80, Linz: 40) und Sinkflug unter MHA (Innsbruck: 50, Linz: 10) am größten sind. Für die Entscheidungen hinsichtlich Rückenwind (Innsbruck: 90, Linz: 80) und blockierter Landebahn (Innsbruck: 50, Linz: 60)

wurden nur sehr geringe Unterschiede beobachtet. Für die Anflüge auf Linz ist der Unterschied des subjektiv wahrgenommenen Zeitdrucks zwischen den Entscheidungssituationen (Sinkflug unter MHA: 10, Seitenwind: 40, blockierte Landebahn: 60, Rückenwind: 80) höher als für die Anflüge auf Innsbruck. Für die Anflüge auf Innsbruck und Linz wurde jeweils die Entscheidungssituation Rückenwind als jene mit dem höchsten Zeitdruck angegeben.

Tabelle 26: Testlauf I: Ergebnisse des NASA-TLX und der BSKE

Bereich	Abhängige Variablen	Ergebnis – Flugszenario			
		Linz 13	Linz 24	Innsbruck 13	Innsbruck 24
Beanspruchung NASA-TLX	Gesamtwert der Beanspruchung (<i>Summenwert der Subskalen: 0-600</i>)	210	285	235	315
Befindlichkeit BSKE	Positive Befindlichkeit (<i>Score</i>)	4.07	4.13	4.20	4.02
	Negative Befindlichkeit (<i>Score</i>)	0.51	0.14	0.30	0.35

Die Ergebnisse zur fliegerischen Auslastung und Beanspruchung sind sehr ähnlich bzw. für die Bedingung Linz dieselben. Der Proband nahm die Auslastung mit der fliegerischen Tätigkeit und die Beanspruchung über alle Entscheidungssituationen hinweg für Linz als höher wahr als für den Landeanflug auf Innsbruck. Die Unterschiede sind besonders deutlich für die Situationen Seitenwind (Auslastung: Linz: 80, Innsbruck: 30; Beanspruchung: Linz: 80, Innsbruck: 10) und Rückenwind (Auslastung und Beanspruchung: Linz: 80, Innsbruck: 20). Nur geringe Unterschiede in der Auslastung und Beanspruchung wurden vom Probanden für den Sinkflug unter MHA (Auslastung und Beanspruchung: Linz: 20, Innsbruck: 10) und blockierte Landebahn (Auslastung und Beanspruchung: Linz: 70, Innsbruck: 60) wahrgenommen. Hinsichtlich der Anflugszenarien auf Linz fällt auf, dass die subjektive Auslastung mit der fliegerischen Tätigkeit und die Beanspruchung für die Entscheidungssituation Sinkflug unter MHA deutlich geringer eingestuft werden als in anderen Entscheidungssituationen. Unter der Bedingung Innsbruck wird die blockierte Landebahn sichtlich als am beanspruchendsten und am meisten Auslastung induzierend wahrgenommen.

Tabelle 27: Testlauf I: Ergebnisse des Interviews und Entscheidungsverhalten

Bereich	Abhängige Variablen	Flugszenario	Ergebnis – Entscheidungssituation			
			Seitenwind	Sinkflug unter MHA	Rückenwind	Blockierte Landebahn
Performance Entscheidungs-verhalten	Reaktion auf Ent-scheidungssituation	Linz	Korrektur	Rückfrage	Circle to land	Holding, 45 min. akzeptabel, dann Alternate Wien
		Innsbruck	Korrektur	Rückfrage	Visual Approach	Holding, 45 min. akzeptabel, dann Alternate Salzburg
Beanspruchung Interview	Subjektiver Zeit-druck (0-100)	Linz	40	10	80	60
		Innsbruck	80	50	90	50
	Auslastung (0-100)	Linz	80	20	80	70
		Innsbruck	30	10	20	60
	Beanspruchung (0-100)	Linz	80	20	80	70
		Innsbruck	10	10	20	60
Schwierig-keit Interview	Schwierigkeit (0-100)	Linz	0	0	60	0
		Innsbruck	0	0	20	80
	Vergleich fliegeri-sche Schwierigkeit	Linz allge-mein	Fliegerisch höherer Schwierigkeitsgrad, da keine Erfahrung mit Flug-szenario			
		Innsbruck allgemein	Fliegerisch geringerer Schwierigkeitsgrad, da Erfahrung mit Flugszena-rio			

Anmerkung. 0-100=Skalenendpunkte, wobei 0 keine und 100 sehr hohe Ausprägung der Variable bedeuten

Die Annahme, dass der als schwierig definierte Landeanflug auf den Flughafen Innsbruck höhere subjektiv wahrgenommene Beanspruchung hervorruft als der für die einfache Bedingung definierte Anflug auf Linz, wird mit den Einzelergebnissen des NASA-TLX sowie des Interviews nicht bestätigt. Die Ergebnisse vermitteln den Eindruck, dass die in den Flugszenarien enthaltenen Entscheidungssituationen Einfluss auf die Gesamtbeanspruchung ausüben (gesamte Flugszenarien mit Entscheidungssituationen Seiten- und Rückenwind werden als weniger beanspruchend wahrgenommen als jene mit blockierter Landebahn und Aufforderung zu Sinkflug unter MHA). Die Ergebnisse des Interviews liegen für jede Entscheidungssituation vor und Unterschiede zwischen denselben Situationen sollten auf den unterschiedlichen Anflug zurückzuführen sein. Jeweils im vorderen Abschnitt (Seitenwind, Sinkflug unter MHA) des als schwierig definierten Landeanflugs auf Innsbruck zeigt der Proband wesentlich höher erlebten Zeitdruck als im Anflug auf Linz, was auf die fliegerische Schwierigkeit des Anflugs auf Innsbruck zurückgehen kann. Die Unterschiede zwischen Innsbruck und Linz hinsichtlich der wahrgenommenen fliegerischen Auslastung und der Beanspruchung zwischen den Entscheidungssituationen Seiten- und Rückenwind (treten gemeinsam in einem Flugszenario auf), sind wahrscheinlich nicht auf die Flugszenarien zu beziehen, sondern auf die subjektiv eingeschätzte (fliegerische) Leistung des Probanden. Dieser gab an, aufgrund von unterschrittenen Höhen überhaupt nicht zufrieden mit der Leistung beim Landeanflug auf Linz gewesen zu sein (siehe Tabelle A-2 für zusätzliche Interviewauswertung). Schlechte fliegerische Leistung hat zur Konsequenz, dass die dafür notwendige Korrektur von Fehlern sich auf den weiteren fliegerischen Verlauf auswirken und z.B. Zeitdruck auslösen kann. Darüber hinaus kann die hohe Auslastung und Beanspruchung für Linz auch darauf zurückzuführen sein, dass es sich beim Flugszenario mit den Entscheidungssituationen Seiten- und Rückenwind um den generell ersten Anflug auf Linz gehandelt hat. Der Proband zeigte sich sehr zufrieden mit dem Flugszenario Innsbruck, wobei die wahrgenommene Auslastung und Beanspruchung für die Situation blockierte Landebahn deutlich von den anderen nach oben abweicht; diese erhöhten Werte können eine Folge der angegebenen erhöhten Geschwindigkeit sein, die die fliegerische Tätigkeit negativ beeinflusst hat.

Schwierigkeit

Die wahrgenommene Schwierigkeit wurde für jede Einzelsituation sowie für die Flugszenarien insgesamt mittels Interview erhoben. Für die Entscheidungssituationen Seitenwind und Sinkflug unter MHA (beide im vorderen Abschnitt der Flugszenarien) gab der Proband an, weder beim Flugszenario Linz noch Inns-

bruck (Seitenwind: 0, Sinkflug unter MHA: 0) Schwierigkeiten erlebt zu haben. Hinsichtlich der blockierten Landebahn gibt es allerdings einen deutlichen Unterschied zwischen den Flugszenarien – für Innsbruck wird eine höhere wahrgenommene Schwierigkeit (80) als für Linz (0) berichtet. Der aufkommende Rückenwind wurde für das Szenario Linz höher (60) erlebt als für Innsbruck (20). Auf die Frage, ob es einen Unterschied der fliegerischen Schwierigkeit zwischen den Anflugszenarien Innsbruck und Linz gab, antwortete der Proband, dass Linz für ihn schwieriger sei aufgrund der Tatsache, dass er Linz noch nie und im Gegensatz dazu Innsbruck bereits oft am Simulator angefliegen sei.

Somit hat sich die Annahme, dass das als schwierig definierte Flugszenario als subjektiv schwieriger erlebt wird als das einfache Flugszenario, nicht bestätigt bzw. wurde das als einfach definierte Szenario aufgrund der fehlenden Erfahrung als schwieriger eingestuft. Der Proband gab an, dass der Landeanflug auf Innsbruck aufgrund seiner Schwierigkeit (enges Tal, Föhn, Anflugverfahren) und des entsprechenden Rufs einen Anreiz biete, den Anflug am Simulator zu fliegen. In Bezug auf die unterschiedliche Bewertung der Entscheidungssituationen, abhängig vom Flugszenario, hängt dieses Ergebnis ebenso wie die Ergebnisse zur subjektiven Auslastung und Beanspruchung möglicherweise von der fliegerischen Leistung ab, die der Proband für die Situationen Rückenwind (Höhen unterschritten) und blockierte Landebahn (zu hohe Geschwindigkeit und in weiterer Folge Schwierigkeit mit Kurve) im Interview bemängelte.

Entscheidungsverhalten

Hinsichtlich des Entscheidungsverhaltens gab es keine unterschiedlichen Reaktionen auf die Entscheidungssituationen der Flugszenarien Innsbruck und Linz – Seitenwind wurde korrigiert, die Anweisung auf Sinkflug unter MHA wurde hinterfragt und 45 min. im Holding wurden als akzeptabel bezeichnet mit der Option, einen Ausweichflughafen anzufliegen, wenn diese Zeit überschritten würde. Lediglich beim Anflug mit aufkommendem Rückenwind entschied sich der Proband in Linz, von der anderen Pistenseite anzufliegen (*Circle-to-land*), und in Innsbruck für einen Sichtanflug (*Visual Approach*), nachdem er Sicht auf die Landebahn hatte, d.h. in diesem Fall mit Rückenwind zu landen.

Möglicherweise ist das unterschiedliche Entscheidungsverhalten im Falle des Rückenwinds auf die unterschiedliche Beanspruchung (Tabelle 27) zurückzuführen; hinsichtlich des Anflugs auf Linz zeigte der Proband hohe subjektive Beanspruchung (geringe Beanspruchung für Innsbruck) und entschied sich möglicherweise aus diesem Grund für ein sichereres, aber zeitaufwendigeres Verfahren, das vor allem zum Zeitpunkt des Aufsetzens auf die Landebahn (mit Ge-

genwind) weniger fliegerisch anspruchsvoll war als das für Innsbruck (mit Rückenwind) gewählte.

Befindlichkeit

Die mittels BSKE erhobene subjektive positive und negative Befindlichkeit (von 0=gar nicht bis 6=sehr stark) unterscheidet sich für die ausgeführten Landeanflüge nur minimal (Bereich positive Befindlichkeit: $Min=4.02$, $Max=4.20$, Bereich negative Befindlichkeit: $Min=0.14$, $Max=0.51$). Die Ergebnisse zeigen, dass für den Probanden die positive Befindlichkeit gegenüber der negativen überwiegt.

Es scheint für den Probanden somit keinen Unterschied der subjektiven Befindlichkeit zwischen den als schwierig und einfach definierten Flugszenarien zu geben. Es sind auch keine Reihenfolgeeffekte, im Sinne einer kontinuierlichen Ab- oder Zunahme des negativen oder positiven Befindens, in den Ergebnissen zu erkennen.

Schlussfolgerungen

Der Testlauf I verfolgte vorrangig das Ziel, die definierten Flugszenarien auf ihre wahrgenommene Schwierigkeit und die dadurch ausgelöste Beanspruchung zu untersuchen. Die Ergebnisse des Probanden zeigten, dass der gewählte Anflug auf den Flughafen Innsbruck gegenüber einem als einfach definierten Referenzszenario – dem Anflug auf Linz – nicht generell als beanspruchender bewertet wurde. Hinsichtlich der wahrgenommenen Schwierigkeit wurde das Referenzszenario aufgrund der fehlenden Erfahrung sogar als schwieriger eingestuft. Die Erfahrung mit einem Flugszenario scheint folglich eine Moderatorvariable darzustellen, die bei der Szenarienentwicklung nicht berücksichtigt wurde. Der Anflug auf den Flughafen Innsbruck wurde gewählt, weil er einen der schwierigsten Anflüge in Europa darstellt, aber offenbar ist er gerade deshalb ein beliebtes Trainingsziel am Flugsimulator. Da die Wahrscheinlichkeit, dass weitere Piloten diesen Anflug ebenfalls speziell geübt haben, hoch schien, wurde der Testlauf beendet und die Flugszenarien mit dem Anflug auf Innsbruck wurden verworfen. Für den neuen Landeanflug sollte ein hinsichtlich der Bekanntheit neutralerer bzw. weniger bekannter Flughafen gewählt werden, dessen Anflugverfahren fliegerisch ähnlich anspruchsvoll wie das von Innsbruck ist.

Im Testlauf I sollte das Interview hinsichtlich der Verständlichkeit der Fragen und ihrer Akzeptanz bewertet werden. Einige Adaptionen der Fragestellungen wurden abgeleitet, z.B. dass der Begriff Beanspruchung zu Missverständnissen führt und näher beschrieben werden muss. Aufgrund der Ergebnisse zur

moderierenden Wirkung der Erfahrung wurde im allgemeinen Teil des Interviews die Frage zur Erfahrung mit dem Landeanflug aufgenommen.

2.2.2 Testlauf II

Der Testlauf II diente dem Zweck, die adaptierten Flugszenarien – Anflug auf Klagenfurt – daraufhin zu überprüfen, ob sie Beanspruchung auslösen, und zu erfassen, wie viel Erfahrung bzw. Übung die Probanden damit haben. Zusätzlich sollte der gesamte für die Hauptstudie geplante Ablauf durchlaufen werden, um den Zeitplan sowie die Verständlichkeit der Instruktionen zu überprüfen und zu optimieren sowie die Abläufe einzuüben. Dabei wurde besonderes Augenmerk auf das Interview und die Bewertung der Verständlichkeit der Fragen gerichtet. Fragestellungen:

- Induziert das Flugszenario subjektiv wahrgenommene Beanspruchung auf mittlerem bis hohem Niveau?
- Wird das Flugszenario als schwierig wahrgenommen?
- Wieviel Erfahrung besteht mit dem Flugszenario?

Methode

Wie bereits beschrieben, folgt der Testlauf II dem gleichen Ablauf wie die Hauptstudie. Somit kamen alle Verfahren, die in der Hauptstudie eingesetzt werden, zum Einsatz. Die Flugszenarien wurden in der Reihenfolge:

1. Klagenfurt ohne Entscheidungssituation (K 0)
2. Klagenfurt mit aufkommendem Seitenwind und Rückenwind im *Final Approach* (K 13)
3. Klagenfurt mit ATC-Aufforderung: Sinkflug auf 7000 ft unter MHA und blockierter Landebahn (K 24)

vorgegeben. Außerdem beinhaltete der Szenarienablauf die experimentelle Variable Zusatzaufgabe. Für eine Beschreibung der unabhängigen Variablen, Kontrollvariablen, aller erhobenen abhängigen Variablen sowie des genauen Ablaufs wird auf die entsprechenden Kapitel der Hauptstudie verwiesen. Hinsichtlich der Fragestellungen wurden die in Tabelle 28 angeführten abhängigen Variablen ausgewertet.

Tabelle 28: Testlauf II: Erfasste Bereiche, angewandte Verfahren und abhängige Variablen

Bereich	Verfahren	Abhängige Variablen
Beanspruchung	NASA-Task Load Index (NASA-TLX)	Summenwert für <i>Gesamtwert der Beanspruchung</i> für jedes Flugszenario
	Interview	Antwort auf die Frage zu <i>Zeitdruck</i> für jede Entscheidungssituation und Flugszenario ohne Entscheidungssituation Antwort auf die Frage zu <i>Beanspruchung</i> für jede Entscheidungssituation und Flugszenario ohne Entscheidungssituation Antwort auf die Frage zum <i>Aufwand der Zusatzaufgabe</i> für jedes Flugszenario
Schwierigkeit	Interview	Antwort auf die Frage zu <i>Schwierigkeit</i> für jede Entscheidungssituation und Flugszenario ohne Entscheidungssituation
Erfahrung	Interview	Antwort auf die Frage zu <i>Erfahrung mit dem Anflug auf Klagenfurt</i>

Stichprobe

Wie bereits in Testlauf I wurde auch hier nur ein Proband herangezogen. Dabei handelte es sich um einen männlichen, 39 jährigen Piloten mit Lizenz für Verkehrspiloten (frozen). Der Proband besaß darüber hinaus keine Instructor-Berechtigung und ging keiner beruflichen fliegerischen Tätigkeit nach. Hinsichtlich seiner Flugerfahrung, verfügte er über 210 Flugstunden (davon 50 Stunden Instrumentenflug), was an der unteren Grenze der Voraussetzung (200-2500 Flugstunden) für die Teilnahme an der Studie liegt. Der Proband gab 7 Stunden an zertifizierten Simulatoren an (Tabelle 29).

Tabelle 29: Testlauf II: Stichprobenbeschreibung

Variablen	Ausprägung	Variablen	Ausprägung
Alter	39	Geschlecht	Männlich
Absolvierte Flugstunden gesamt (ohne Simulator)	210	Berufliche fliegerische Aktivität	Keine
VFR-Stunden	160	Hauptbetätigungsfeld (Haupt- und nebenberuflich)	Keines

Variablen	Ausprägung	Variablen	Ausprägung
IFR-Stunden	50	(Höchste) Fluglizenz	ATPL (frozen)
Simulatorstunden	7	(Höchste) Instructor-Berechtigung	Keine

Die als Kontrollvariablen (Tabelle 30) erfassten Persönlichkeitsmerkmale weisen für die Variablen des NEO-FFI eine im Durchschnitt liegende Ausprägung auf. Für das Persönlichkeitsmerkmal *Sensation Seeking* zeigt die Gesamtskala einen in der Norm liegenden Wert ($T=53$), allerdings ergibt sich für die Subskala Gefahr- und Abenteuersuche ein leicht über dem Durchschnitt liegendes Ergebnis ($T=61$), was als eine leichte Tendenz zu sportlichen und anderen Aktivitäten, die Gefahr oder Geschwindigkeit beinhalten, zu beschreiben ist. In Bezug auf den aktuellen Erholungs- und Beanspruchungszustand unterschreitet der vorliegende aktuelle Beanspruchungswert die Referenzwerte, der Erholungswert überschreitet die Referenzwerte. Der Proband weist den Ausgangszustand betreffend keine Auffälligkeiten hinsichtlich Schlafgewohnheiten, somatischen Beschwerden, Konsum von Genussmitteln oder Einnahme von Medikamenten auf.

Tabelle 30: Testlauf II: Stichprobenbeschreibung – Kontrollvariablen

Verfahren	Variablen	Werte
NEO-Fünf-Faktoren-Inventar (NEO-FFI)	Neurotizismus	$z=-0.49$
	Extraversion	$z=0.14$
	Offenheit für Erfahrung	$z=-0.13$
	Verträglichkeit	$z=0.93$
	Gewissenhaftigkeit	$z=0.58$
<i>Sensation Seeking</i>-Skalen Form V (SSS-V)	Gefahr- und Abenteuersuche	$T=61$
	Enthemmung	$T=44$
	Erfahrungssuche	$T=54$
	Empfänglichkeit für Langeweile	$T=41$
	<i>Sensation Seeking</i>-Gesamtskala	$T=53$
Erholungs-Belastungs-Fragebogen (EBF-24A/3)	Bereich Beanspruchung	$M=1.36$ (Referenzwerte: 1.43-1.96)*
	Bereich Erholung	$M=3.80$ (Referenzwerte: 2.11-3.45)*

Anmerkung. $n=1$; Normskala z -Werte ($M=0$, $SD=1$); Normskala T -Werte ($M=50$, $SD=10$)

*Referenzwerte beziehen sich auf Mittelwerte der Subtests des EBF-72 (72 Items) für eine Untersuchungsstichprobe von $N=420$ (Kallus, 1995)

Material

Das in Testlauf II verwendete Material sowie die verwendete Apparatur setzen sich aus dem in der Hauptstudie eingesetzten zusammen. Eine Beschreibung erfolgt im entsprechenden Kapitel der Hauptstudie.

Datenaufbereitung und -analyse

Datenaufbereitung und -analyse erfolgte für die eingesetzten Fragebögen, wie in Testlauf I beschrieben. Ebenso wurde wie in Testlauf I das Interview vollständig transkribiert. Zu Beanspruchung und Schwierigkeit wurden geschlossene Fragen vorgegeben, die anhand einer Skala (0-100) zu beantworten waren. Eine Frage zur Erfahrung zum Anflug in Klagenfurt war offen formuliert, die in einem weiteren Schritt inhaltlich zusammengefasst wurde.

Ergebnisse und Diskussion

Die Ergebnisse sind in den folgenden Abschnitten, gegliedert nach den erfassten Merkmalsbereichen, dargestellt. Ergebnisse, die nicht direkt die Fragestellungen des Testlaufs II betreffen, werden für einen gesamtheitlicheren Überblick vorab beschrieben. Darüber hinaus sind zusätzliche Ergebnisse in den Tabellen A-5 bis A-7 im Anhang angeführt.

Der Proband reagierte auf die in den Flugszenarien enthaltenen Entscheidungssituationen mit der Korrektur des Seitenwindes und entschied sich für den Anflug auf einen Alternativflughafen - Graz -, nachdem er sich über die Dauer der Sperre informiert hatte (Tabelle 31). In Bezug auf die Aufforderung des Fluglotsen, einen Sinkflug auf 7000 ft vorzunehmen, der die Mindesthöhe der Warteschleife (MHA) unterschreiten würde, leitete der Proband den Sinkflug ein. Im nachfolgenden Interview gab er an, dass ihm nicht bewusst gewesen sei, die Minimum Holding Altitude mit dem Sinkflug zu verletzen. Auf den einsetzenden Rückenwind von 8 kts kurz vor Erreichen des Fehlanflugpunktes, der auf den Instrumentenanzeigen ersichtlich ist und zusätzlich vom Fluglotsen mit der Frage nach dem weiteren Vorhaben bekannt gegeben wurde, reagierte der Proband nicht und führte eine Rückenwindlandung durch. Wie sich zu Beginn des Interviews herausstellte, hatte der Proband den Funkspruch, nach eigenen Angaben, nicht realisiert: „... diese Winddrehung ist bei mir ein bisschen untergegangen. Die Drehung habe ich beim Fliegen nicht realisiert. Da habe ich einen ziemlich ärgerlichen Fehler gemacht ...“. Aufgrund dieses Ergebnisses und des dar-

aus folgenden Unvermögens, spezifische Fragen zur Entscheidungssituation zu beantworten, wurde das Interview abgebrochen.

Tabelle 31: Testlauf II: Ergebnisse des Entscheidungsverhaltens

Entscheidungsverhalten	Entscheidungssituation			
	Seitenwind	Sinkflug unter MHA	Rückenwind	Blockierte Landebahn
Reaktion auf Entscheidungssituation	Korrektur	Sinkflug eingeleitet	Rückenwind-landung	Alternate Graz

Beanspruchung

Die wahrgenommene Beanspruchung des Probanden für jedes gesamte Flugszenario, mittels NASA-TLX erhoben, liegt im mittleren Bereich von $Min=220$ bis $Max=310$ (Gesamtwert der Beanspruchung von 0=niedrig bis 600=hoch). Wobei für das Szenario mit den Entscheidungssituationen Seiten- und Rückenwind der höchste Beanspruchungswert (Klagenfurt 13: Gesamtwert der Beanspruchung=310) angegeben wurde (Tabelle 32).

Tabelle 32: Testlauf II: Ergebnisse des NASA-TLX

Bereich	Abhängige Variable	Ergebnis – Flugszenario		
		Klagenfurt	Klagenfurt 13	Klagenfurt 24
Beanspruchung NASA-TLX	Gesamtwert der Beanspruchung (Summenwert der Subskalen: 0-600)	260	310	220

Die Ergebnisse des Interviews (Tabelle 33) zeigen, dass der Zeitdruck für das Flugszenario ohne Entscheidungssituation als hoch (80), für die Flugabschnitte der einzelnen Entscheidungssituationen hingegen als gering (Seitenwind: 15, Sinkflug unter MHA: 30, blockierte Landebahn: 20) eingeschätzt wurde. Hinsichtlich der Entscheidungssituation Sinkflug unter MHA hatte der Proband, wie erwähnt, ein Missachten der Mindesthöhe der Warteschleife nicht erkannt, was sich auf alle betreffenden abhängigen Variablen auswirkt bzw. die Ergebnisse beeinflusst. Trotz des erlebten Zeitdrucks ergibt die erfragte subjektive Beanspruchung für die einzelnen Flugabschnitte mit Entscheidungssituationen sowie für das Gesamtszenario Werte im mittleren bis hohen Bereich (60-75).

Darüber hinaus wurde der Proband zu seinem Aufwand für die Zusatzaufgaben befragt. Für das Szenario ohne Entscheidungssituation gab er sehr hohen (100) und für die Szenarien mit Entscheidungssituationen mittleren zusätzlichen Aufwand (K13: 60, K24: 50-60) an.

Tabelle 33: Testlauf II: Ergebnisse des Interviews

Abhängige Variablen		Ergebnis – Entscheidungssituation/Flugszenario				
		Klagenfurt ohne Entscheidungssituation	Seitenwind	Rückenwind**	Sinkflug unter MHA	Blockierte Landebahn
Beanspruchung Interview	Subjektiver Zeitdruck (0-100)	80	15		30	20
	Beanspruchung (0-100)	75	75		70	60
	Aufwand Zusatzaufgabe (0-100)*	Flugszenario K 100	Flugszenario K 13 60		Flugszenario K 24 50-60	
Schwierigkeit Interview	Schwierigkeit (0-100)	100	50		50	50
Er-fahrung	Erfahrung mit Anflug (generell)	Anflug auf Klagenfurt ein oder zwei Mal am Simulator geflogen; seit fast einem Jahr nicht mehr geflogen				

Anmerkung. 0-100=Skalenendpunkte, wobei 0 keine und 100 sehr hohe Ausprägung der Variable bedeuten

*Frage für jedes Flugszenario formuliert, nicht getrennt nach Entscheidungssituationen

**keine Ergebnisse aufgrund Abbruch des Interviews

Die subjektiv wahrgenommene Beanspruchung der Probanden für die Flugszenarien insgesamt sowie für die Flugabschnitte der jeweiligen Entscheidungssituationen zeigen ein mittleres bis höheres Niveau, was für eine Bestätigung der Annahme sprechen könnte, dass das definierte Flugszenario Beanspruchung auslöst. Die unterschiedlichen Ergebnisse zwischen Flugszenario ohne Entscheidungssituation vs. Flugabschnitte mit Entscheidungssituation könnten dahingehend interpretiert werden, dass der gesamte Anflug mit Zeitdruck verbunden ist, die

einzelnen Situationen für sich aber genug zeitlichen Spielraum für die Reaktion zulassen.

In Bezug auf den Aufwand der Zusatzaufgaben ist aufgrund der Ergebnisse (Abfall des subjektiven Aufwands von sehr hoch bis mittel; Äußerungen im Interview) ein Positionseffekt wahrscheinlich, dem in der Hauptstudie mit der Permutation der Bedingungen vorgebeugt wird.

Schwierigkeit

Die Interview-Frage nach der wahrgenommenen Schwierigkeit wurde vom Probanden für das Flugszenario insgesamt als sehr schwierig (100) beantwortet; die Flugabschnitte mit entsprechenden Entscheidungssituationen wurden jeweils als mittelmäßig schwierig (50) empfunden. Möglicherweise wurde auch hier, wie in Bezug auf den Zeitdruck, der gesamte Anflug als schwierig empfunden und die einzelnen Situationen wurden im gesamten Anflug als mittelmäßig schwierig bewertet.

Erfahrung

Aufgrund der Ergebnisse des Testlaufs I, dass die Erfahrung mit einem Flugszenario vor allem die wahrgenommene Beanspruchung und Schwierigkeit beeinflussen kann, wurde die Vorerfahrung zu den neuen Anflügen erhoben. Der Proband gab an, den Anflug auf Klagenfurt ein oder zwei Mal am Simulator geflogen zu haben, was allerdings etwa ein Jahr zurücklag.

Schlussfolgerungen

Testlauf II hatte zum Ziel, die adaptierten Flugszenarien mit einem Anflug auf Klagenfurt auf ihre wahrgenommene Beanspruchung zu untersuchen. Die Ergebnisse besagen, dass die Flugszenarien insgesamt sowie die Flugabschnitte der einzelnen Entscheidungssituationen beim Probanden mittlere bis hohe Beanspruchung ausgelöst haben. Die Zusatzaufgaben haben mittleren bis hohen Aufwand ausgelöst. Allerdings wird in Bezug auf den Aufwand der Zusatzaufgaben ein Positionseffekt vermutet. Die Erfahrung mit dem Anflug sollte anhand eines wenig bekannten und populären Flugszenarios kontrolliert werden; die Kenntnisse des Probanden mit dem Anflug auf den Klagenfurter Flughafen erwiesen sich als sehr gering. Aufgrund der im Einzelfall ausgelösten Beanspruchung und der

geringen Erfahrung mit dem Anflug wurden die entwickelten Flugszenarien in die Hauptstudie aufgenommen.

Zudem diente Testlauf II dazu, die Studie im Hinblick auf die Verständlichkeit der Instruktionen zu optimieren, die Abläufe einzuüben und so einen höchstmöglich standardisierten Ablauf der identischen Hauptstudie zu gewährleisten.

2.3 Ablauf der Hauptstudie

Die experimentelle Studie wurde am Fixed-base-Flugsimulator des Studiengangs Luftfahrt/Aviation an der FH JOANNEUM GmbH in Graz durchgeführt. Je nach zeitlicher Verfügbarkeit der Probanden erfolgte die Studiendurchführung zwischen 09.00 und 19.00 Uhr. Der standardisierte Ablauf der Simulationsstudie im Detail wird in Tabelle 34 dargestellt. Bei Eintreffen des Probanden erhielt dieser die Information, dass die Studie das Ziel verfolgt, Flugperformance und Beanspruchung unter verschiedenen Bedingungen zu erheben. Danach erfolgte das Anlegen der EKG-Elektroden für die physiologischen Messungen. Zuvor wurden die betreffenden Hautstellen mit Einweg-Alkoholtupfer gereinigt, gegebenenfalls Körperbehaarung entfernt und die Probanden instruiert, möglichst keinen Zug auf die EKG-Kabel auszuüben. Nach Vorgabe der Fragebögen – Biographischer Erhebungsbogen, NEO-FFI, SSS-V, EBF-24A/3, Fragebogen zum Ausgangszustand, BSKE – erfolgte eine 5-minütige EKG-Baselinemessung in entspannter Ruheposition. Bevor der Proband das Übungsszenario absolvierte, erteilte der Leiter der Flugsimulation detaillierte Erklärungen zum Flugsimulator und dessen Bedienung. Ein Start sowie eine Landung waren für die Übungsphase obligatorisch vorgegeben, die weiteren Flugmanöver konnte der Proband frei wählen. Die Übungszeit wurde beendet, wenn der Proband angab, ausreichend vertraut mit dem Umgang des Flugsimulators zu sein. Danach gab es noch einmal die Möglichkeit, allfällige Fragen in Bezug auf den Simulator und die Studie zu stellen. Wie bereits zum experimentellen Design beschrieben, erfolgte die Vorgabe der drei Flugszenarien in permutierter Abfolge. Vor jedem Start eines Flugszenarios wurde den Probanden Zeit für ein Briefing des Fluges (Studium von Anflugblatt, modifiziertes ATIS-Blatt) gegeben. Eine EKG-Baselineerhebung von zwei Minuten fand direkt nach jedem Briefing sowie sofort nach Beendigung jedes Flugszenarios statt. Die Fragebögen BSKE und NASA-TLX wurden nach jeder Postszenario-EKG-Baselineerhebung ausgegeben. Abhängig vom vorangegangenen Flugszenario erfolgten ein oder zwei Interviews: Für die Flugszenarien mit Entscheidungssituationen wurde zu jeder Entscheidungssituation ein Interview durchgeführt, für das Flugszenario ohne Entscheidungssituation wurde ein Interview zum gesamten Flugverlauf durchgeführt. Nach jedem Inter-

view zu einem Flugabschnitt mit Entscheidungssituation kam der NASA-TLX zum Einsatz, um retrospektiv die Beanspruchung für die jeweilige Situation zu erheben. Nach dem Entfernen der Elektroden und einem Debriefing, bei dem die Probanden ein weiteres Mal die Möglichkeit hatten, Fragen zur Simulation zu stellen oder Anmerkungen anzubringen, wurde die Studie beendet.

Begleitend zur Studiendurchführung wurden anhand einer Checkliste, die eine detaillierte Auflistung der einzelnen Schritte des gesamten Ablaufs und der einzelnen Flugszenarien enthielt, der Verlauf dokumentiert und allfällige besondere Ereignisse vermerkt. Die gesamte experimentelle Studie je Proband dauerte im Durchschnitt 5.5 Stunden, wobei die Schwankungsbreite bei 4 bis 6 Stunden lag, abhängig hauptsächlich von der individuellen Übungszeit am Simulator, Fragen zu Simulator und Studie und im geringeren Ausmaß von der Dauer für die Interviewbeantwortung und Durchführung der Flugszenarien.

Tabelle 34: Experimenteller Ablauf der Simulationsstudie

Ablauf	Dauer in min.	Dauer kum. in min.
Briefing und Training		
Begrüßung und Briefing, Anlegen des EKG	10	10
Ausgabe von Fragebögen in der folgenden Reihenfolge: Biographischer Erhebungsbogen, NEO-FFI, SSS-V, EBF-24A/3, Fragebogen zum Ausgangszustand, BSKE	30	40
EKG-Baselinemessung	5	45
Instruktion und Erklärung zum Flugsimulator, Briefing Trainingsszenario	ca. 10	55
Trainingsszenario	ca. 30	85
BSKE	5	90
Flugszenario I*		
EKG-Baselinemessung	2	92
Briefing Flugszenario	ca. 15	107
Flugszenario I (K 13)	25	132
EKG-Baselinemessung	2	134
BSKE, NASA-TLX	5	139
Interview zu Entscheidungssituation 1, NASA-TLX	35	174
Interview zu Entscheidungssituation 3, NASA-TLX		
Flugszenario II*		
EKG-Baselinemessung	2	176
Briefing Flugszenario	ca. 15	191
Flugszenario II (K 24)	25	216
EKG-Baselinemessung	2	218
BSKE, NASA-TLX	5	223

Ablauf	Dauer in min.	Dauer kum. in min.
Interview zu Entscheidungssituation 2, NASA-TLX	35	258
Interview zu Entscheidungssituation 4, NASA-TLX		
Flugszenario III*		
EKG-Baselinemessung	2	260
Briefing Flugszenario	ca. 15	275
Flugszenario III (K 0)	25	300
EKG-Baselinemessung	2	302
BSKE, NASA-TLX	5	307
Interview zu Flugszenario K 0	10	317
Interview allgemein	5	322
Debriefing		
Abnahme der Elektroden, Debriefing, Verabschiedung	5	327

Anmerkung. *Zur Darstellung des Ablaufs der Simulationsstudie wurde für die permutierte Vorgabe der Flugszenarien die Abfolge Flugszenario K 13 (Entscheidungssituationen Seiten- und Rückenwind), Flugszenario K 24 (Entscheidungssituationen ATC-Aufforderung: Sinkflug auf 7000 ft, unter MHA, und blockierte Landebahn) und Flugszenario K 0 (ohne Entscheidungssituation) gewählt.

2.4 Stichprobe

Aufgrund der definierten Flugszenarien, die Kenntnisse des Instrumentenflugs (IFR-Berechtigung) erfordern, sowie des vorrangigen Interesses für Piloten mit mittlerer Flugerfahrung, die die Fliegerei im gewerblichen Bereich ausüben bzw. zukünftig ausüben werden, wurden folgende Kriterien für die Teilnahme an der Studie bestimmt:

- CPL(A)-IFR=Berufspilotenlizenz für Flugzeuge
- Erwünscht: frozen ATPL oder ATPL=Lizenz für Verkehrspiloten bzw. ‚frozen‘, wenn die Anforderung an die Flugerfahrung (1500 Stunden Gesamtflugzeit, davon 500 Stunden auf Verkehrsflugzeugen) noch nicht erfüllt ist, aber erlaubt das Führen von Verkehrsflugzeugen als Copilot
- Flugstunden: zwischen 200 und 2500

In Tabelle 35 und Tabelle 36 wird die Stichprobe gesamt und unterteilt in die Gruppen mit vs. ohne Zusatzaufgabe anhand statistischer Kennwerte, Variablenausprägung und Häufigkeiten detailliert beschrieben.

Tabelle 35: Stichprobenbeschreibung: Statistische Kennwerte

Variablen	Stichprobe	<i>n</i>	<i>M</i>	<i>Md</i>	<i>SD</i>	<i>MIN</i>	<i>MAX</i>
Alter (in Jahren)	Gesamt	24	28	26	5.4	21	42
	Ohne Zusatzaufgabe	12	28.9	28	5.1	21	37
	Mit Zusatzaufgabe	12	27	24.5	5.7	22	42
absolvierte Flugstunden gesamt (ohne Simulator)	Gesamt	24	829.2	550	753.5	200	2870
	Ohne Zusatzaufgabe	12	820.1	495.5	781.1	200	2400
	Mit Zusatzaufgabe	12	838.3	575	759.4	280	2870
VFR-Stunden	Gesamt	24	295.1	250	147	80	570
	Ohne Zusatzaufgabe	12	255.3	214	135.4	80	570
	Mit Zusatzaufgabe	12	334.8	325	153	108	570
IFR-Stunden	Gesamt	24	534.1	134	806	10	2762
	Ohne Zusatzaufgabe	12	564.8	154	818.8	10	2260
	Mit Zusatzaufgabe	12	503.5	125	828.2	30	2762
Simulatorstunden	Gesamt	23	46	40	33.2	0	120
	Ohne Zusatzaufgabe	11	43.4	40	29.3	16	120
	Mit Zusatzaufgabe	12	48.3	38	37.7	0	100

Anmerkung. *M*=arithmetisches Mittel; *Md*=Median; *SD*=Standardabweichung; *MIN*=kleinster Wert der Stichprobe; *MAX*=größter Wert der Stichprobe

Tabelle 36: Stichprobenbeschreibung: Variablenausprägung und Häufigkeiten

Variablen	Ausprägung	Stichprobe		
		Gesamt	Ohne Zusatzaufgabe	Mit Zusatzaufgabe
Geschlecht	Männlich	24	12	12
	Weiblich	0	0	0
Berufliche fliegerische Aktivität	Keine	5	3	2
	Nebenberuflich	4	2	2
	Hauptberuflich	15	7	8
Hauptbetätigungsfeld (Haupt- und nebenberuflich)	Linienpilot	11	6	5
	Fluglehrer	4	1	3
	Executive Fliegerei	2	2	0
	Hagelabwehr, Agrar, Executive Fliegerei	2	0	2
(Höchste) Fluglizenz	CPL	7	4	3
	ATPL (frozen)	17	8	9
(Höchste) Instructor Berechtigung	Keine	14	8	6
	PPL	7	3	4
	IFR	2	0	2
	CPL	1	1	0

Insgesamt nahmen an der experimentellen Studie 24 männliche Piloten im Alter von 21 bis 42 Jahren teil ($M=28$, $SD=5.4$), von denen sieben die gewünschte Mindestanforderung einer Berufspilotenlizenz erfüllten und 17 darüber hinaus über eine Lizenz für Verkehrspiloten (frozen) verfügten. Zusätzlich besaßen 10 der Piloten Instructor-Berechtigungen für PPL ($n=7$), IFR ($n=2$) und CPL ($n=1$) – jeweils die höchste Berechtigung ist angeführt. Hinsichtlich der geforderten Flugstunden überschritt ein Proband mit insgesamt 2870 absolvierten Flugstunden die Obergrenze von 2500. Generell zeigte sich, dass die Piloten, die an der Studie teilnahmen, über unterschiedliche Flugerfahrung verfügten, von 200 bis

2870 Flugstunden ($M=829.2$, $SD=753.5$), was sich in der Konsequenz auch in unterschiedlicher Erfahrung im Instrumentenflug (IFR-Stunden: $M=534.1$, $SD=806$) auswirkt. In Bezug auf absolvierte Sichtflüge ($M=295.1$, $SD=147$) ist der Unterschied der Erfahrung erkennbar geringer. Auch wurden Simulatorstunden erhoben, wobei nur eine genaue Angabe über Trainingsstunden an zertifizierten Ausbildungssimulatoren, die im Flugbuch eingetragen werden, möglich ist und keine Aufzeichnungen über diverse andere Simulatorstunden (offiziell) vorliegen. Die Probanden verfügten über keine bis 120 Einheiten an zertifizierten Simulatoren ($M=46$, $SD=33.2$), was nicht bedeutet, dass Probanden ohne Flugbucheinträge über Simulatorstunden keine Erfahrung am Simulator besaßen, sondern dass sie keine Flugstunden an zertifizierten Simulatoren absolviert haben. Im Hinblick auf die berufliche Ausübung der fliegerischen Aktivität waren 15 Probanden hauptberuflich als Piloten tätig, davon 11 Probanden bei österreichischen Fluglinien als Copiloten, 2 Probanden in der Executive Fliegerei (Business- oder Privatjets) und weitere 2 Probanden als Pilot in mehreren Bereichen – Hagelabwehr, Agrarfliegerei, Executive Fliegerei. Nebenberuflich gingen vier der Piloten Fluglehrertätigkeiten nach und fünf der Probanden übten ihre fliegerischen Aktivitäten (noch) nicht beruflich aus bzw. warteten auf den Eintritt in eine Fluglinie. Für die Gruppen mit und ohne Zusatzaufgabe wurden in Bezug auf die beschriebenen Variablen keine signifikanten Unterschiede gefunden (Tabelle 37).

Tabelle 37: Statistische Analyse der Gruppenunterschiede mit vs. ohne Zusatzaufgabe

Ergebnisse (U nach Mann & Whitney, p-Wert)				
Alter	Absolvierte Flugstunden gesamt	VFR- Stunden	IFR- Stunden	Simulator- stunden
$U=50.5$, $p=.210$	$U=62$, $p=.563$	$U=49.5$, $p=.193$	$U=69.5$, $p=.885$	$U=64.5$, $p=.926$
Ergebnisse (Exakter Test nach Fisher, p-Wert)				
Berufliche fliegerische Aktivität ^a	Hauptbetätigungsfeld	(Höchste) Fluglizenz	(Höchste) Instruc- tor-Berechtigung ^b	
$p=1.000$	/	$p=1.000$	$p=.680$	

Anmerkung. $n=24$, n ohne Zusatzaufgabe=12; n mit Zusatzaufgabe=12

^aAusprägungen zusammengefasst in keine vs. berufliche Aktivität, ^bAusprägungen zusammengefasst in Instructor-Berechtigung vorhanden vs. nicht vorhanden

Auch für die als Kontrollvariablen erfassten Persönlichkeitsmerkmale sowie den aktuellen Beanspruchungs- und Erholungszustand bestehen keine signifikanten Gruppenunterschiede (Tabelle 38). Den Ausgangszustand betreffend weisen die Probanden keine Auffälligkeiten hinsichtlich somatischer Beschwerden, überdurchschnittlichen Konsums von Genussmitteln oder Einnahme von Medikamenten auf; Schlafdauer und -qualität der Probanden weichen nicht von gewohnten Schlafrhythmen ab.

Tabelle 38: Statistische Analyse der Gruppenunterschiede mit vs. ohne Zusatzaufgabe für Moderatorvariablen

Ergebnisse (T-Test: $t_{(df)}$, p -Wert)		
Verfahren	Variablen	Werte
NEO-Fünf-Faktoren Inventar (NEO-FFI)	Neurotizismus	$t_{(22)}=1.01, p=.326$
	Extraversion	$t_{(22)}=0.52, p=.609$
	Offenheit für Erfahrung	$t_{(22)}=0.55, p=.585$
	Verträglichkeit	$t_{(22)}=-1.27, p=.219$
	Gewissenhaftigkeit	$t_{(22)}=-0.79, p=.437$
<i>Sensation Seeking</i>-Skalen Form V (SSS-V)	Gefahr- und Abenteuer-suche	$t_{(22)}=0.10, p=.922$
	Enthemmung	$t_{(22)}=1.00, p=.327$
	Erfahrungssuche	$t_{(22)}=1.71, p=.101$
	Empfänglichkeit für Langeweile	$t_{(22)}=0.00, p=1.000$
	<i>Sensation Seeking</i>-Gesamtskala	$t_{(22)}=0.94, p=.360$
Erholungs-Belastungs-Fragebogen (EBF-24A/3)	Bereich Beanspruchung	$t_{(22)}=-0.51, p=.619$
	Bereich Erholung	$t_{(15.72)}=1.02, p=.323$

Anmerkung. $n=24$, n ohne Zusatzaufgabe=12; n mit Zusatzaufgabe=12

Die Probandenakquise erfolgte mittels Informationsblättern, die an österreichischen Fluglinien und Flugschulen verteilt wurden. Die Piloten nahmen freiwillig an der Studie teil und erhielten eine Aufwandsentschädigung von € 100. Darüber hinaus wurde den Teilnehmern die Rückmeldung über deren persönliche Ergebnisse in den Persönlichkeitsfragebögen (NEO-FFI, SSS-V) angeboten, was von allen Probanden angenommen wurde.

2.5 Material und Apparatur

2.5.1 Simulationsumfeld

2.5.1.1 Flugsimulator

Die Studie wurde am Fixed-base-Flugsimulator des Studiengangs Luftfahrt/Aviation (Abbildung 8) an der FH JOANNEUM GmbH in Graz durchgeführt. Es handelt sich dabei um ein generisches Modell (d.h. der Flugzeugtyp kann variabel definiert und simuliert werden), das für die Simulation als Fokker 70 konfiguriert wurde. Der Simulator besteht aus einem Multi-Crew Cockpit, das für den gewählten Flugzeugtyp repräsentativ ist, sowie einer angeschlossenen Kabine mit Steuerzentrale für den Fluglehrer bzw. Leiter der Flugsimulation. Über diese Zentrale wird das gesamte Simulationsgeschehen gesteuert und es kann auch jederzeit direkt eingegriffen werden. Der Simulationsverlauf für die Studie konnte direkt von dieser Kabine aus beobachtet werden, in der sich die Versuchsleiterin sowie der Leiter der Flugsimulation (der gleichzeitig die Aufgaben des Fluglotsen übernahm) aufhielten. Via Headset erfolgte eine Simulation der Pilot-Lotsen-Kommunikation, da die Abwicklung des Sprechfunks eine wesentliche Komponente des Fliegens darstellt.



Abbildung 8: Cockpit des Flugsimulators

Mit freundlicher Genehmigung von © FH JOANNEUM GmbH, Institut Luftfahrt. All Rights Reserved.

2.5.1.2 Szenarienentwicklung

Für die Entwicklung geeigneter Flugszenarien wurden folgende Kriterien festgelegt:

- Induktion mittlerer bis hoher Beanspruchung
- Standardisierung des Ablaufs, um Vergleichbarkeit zu gewährleisten
- Realitätsnähe: Roscoe (1993) vertritt die Meinung, dass die Aussagekraft der Beanspruchungsmessung und somit die Übertragbarkeit auf den realen Flug von der Qualität des Simulators und der Realitätsnähe der Flugszenarien abhängt.

In Zusammenarbeit mit drei ausgebildeten Piloten mit Berufspilotenlizenz erfolgte die Entwicklung der Flugszenarien. Als erster Schritt zu einer realistischen Szenarienerstellung wurden mehrere Piloten nach kritischen Situationen, die sie bereits erlebt hatten, formlos befragt sowie Flugunfallanalysen (z.B. Khatwa & Helmreich, 1998; Khatwa & Roelen, 1998; Flight Safety Foundation, 1996-2014) herangezogen, um potentielle Entscheidungssituationen und kritische Bedingungen des Flugverlaufs (z.B. Wetter, Flugstrecke, Flugphase) zu definieren. Weiter wurde eine Literaturrecherche nach erfolgreich eingesetzten Flugszenarien durchgeführt. Nach Analyse der recherchierten Literatur hinsichtlich Vergleichbarkeit bzw. Verwandtschaft des Forschungsthemas wurden ausgewählte Studien Tabelle 39 – hauptsächlich Artikel aus Tagungsbänden und Forschungsberichten – als Ausgangsbasis zur Entwicklung der Szenarien herangezogen.

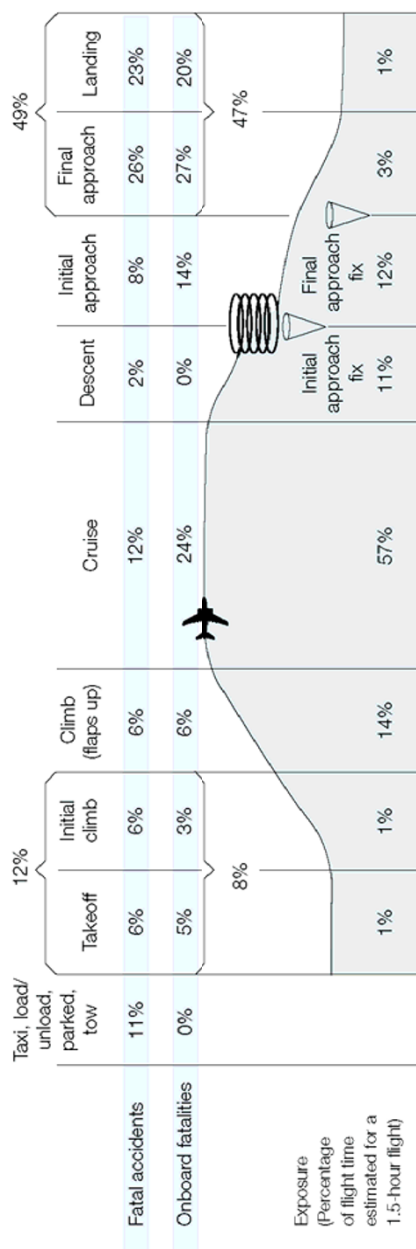
Tabelle 39: Literaturquellen zur Entwicklung der Flugszenarien

Ausgewählte Studien	
Dimock, Deters & Selig, 2003	Newman & Foyle, 2003
Hooceboom et al., 2004	Rehmann, Mitman & Reynolds, 1995
Latorella, 1999	Schutte & Trujillo, 1996
Mumaw, Sarter & Wickens, 2001	Wickens, 2000

Als Grundlage für die Flugszenarien wurde ein Landeanflug mit Landung bestimmt, da dieser Flugabschnitt als der fliegerisch anspruchsvollste des gesamten Fluges gilt. In den Flugphasen Sinkflug, Landeanflug und Landung werden von der Flugbesatzung nicht nur die meisten Fehler (*errors*) begangen, sondern es treten auch die meisten Gefahren (*threats*) auf (Klinect, Wilhelm & Helmreich, 1999). Darüber hinaus ereignen sich die meisten tödlichen Unfälle in diesen Abschnitten im Vergleich zu den anderen Flugphasen (Rollen, Start, Steigflug,

Reiseflug), wie aktuelle Flugunfallstatistiken der International Civil Aviation Organization (2014), Civil Aviation Authority (2013) sowie der Flugzeughersteller Airbus (2016) und Boeing (2016) zeigen, die einen Überblick über den Verlauf von 10 Jahren für den weltweiten kommerziellen Flugverkehr geben. Exemplarisch wird die Statistik der tödlichen Unfälle je Flugphase für weltweite kommerzielle Flüge zwischen 2006 und 2015 von Boeing Commercial Airplanes (2016, S. 20) herangezogen, die zeigt, dass Endanflug (*Final Approach*) und Landung (*Landing*) nur einen geringen zeitlichen Anteil am gesamten Flug ausmachen, sich in den letzten 10 Jahren allerdings 49% aller tödlichen Unfälle in diesen Flugphasen ereignet haben und 47% der Todesopfer an Bord des Flugzeugs für diese Phasen zu verzeichnen sind (Abbildung 9).

Percentage of fatal accidents and onboard fatalities



Note: Percentages may not sum to 100% due to numerical rounding.

Abbildung 9: Tödliche Unfälle nach Flugphase für weltweite kommerzielle Flüge 2006-2015 (Boeing Commercial Airplanes, 2016, S. 20)

Ein Kriterium bei der Erstellung der Flugszenarien ist das Hervorrufen von Beanspruchung, die über die fliegerische Schwierigkeit des Anflugs operationalisiert werden soll. Es wurde eine Aufstellung allgemeiner Merkmale vorgenommen, die den fliegerischen Schwierigkeitsgrad eines Landeanfluges beeinflussen und definieren, was einen schwierigen vs. einfachen Landeanflug ausmacht (Tabelle 40). Anhand dieser Charakteristik wurde der Anflug auf den Flughafen Innsbruck ausgewählt, der hinsichtlich der definierten allgemeinen Kriterien einem schwierigen Landeanflug entspricht (Tabelle B-1). Durch seine besondere Lage inmitten von hohem Gebirge wird ein spezielles Anflugverfahren benötigt, das zu den vermutlich schwierigsten in Europa zählt.

Hinsichtlich der Realitätsnähe, als Bedingung für die Flugszenarien, wurden österreichische Flughäfen bzw. Anflüge bei der Auswahl der Flugszenarien besonders ins Auge gefasst.

Tabelle 40: Charakteristik eines schwierigen vs. einfachen Landeanfluges

Allgemeine Kriterien	Schwieriger Landeanflug	Einfacher Landeanflug
Sinkgradient	Sinkrate: > 3% Sinkgradient ^a	Sinkrate: 3% Sinkgradient (Standard)
Hindernisse	Hindernisse in unmittelbarer Umgebung z.B. Berge, Sendeanlagen, Gebäude	Keine Hindernisse in unmittelbarer Umgebung
Art des Anflugverfahrens	Nicht-Präzisionsanflug z.B. VOR, NDB	Präzisionsanflug z.B. ILS-Approach
Übergang auf Pistenschwelle	Anflug führt nicht direkt zur Pistenschwelle, z.B. seitlich versetzt, ab dem auf Sicht weitergeflogen wird	Anflug führt direkt zur Pistenschwelle
Kontrolle von Checkpoints	Mehrere Checkpoints, die eine häufige Kontrolle erfordern	Festgelegte Checkpoints mit Radial und Distanz z.B. VOR-Approach
Art des <i>Missed Approach Procedure</i>	Komplexes <i>Missed Approach Procedure</i>	Kein komplexes <i>Missed Approach Procedure</i>
Sektor-Mindesthöhe (MSA)	Hohe MSA	Niedrige MSA (d.h. längeres Fliegen mit Instrumenten möglich)
Holdingverfahren	Holding mündet nicht direkt in <i>Final Approach Course</i> (Endanflugkurs)	Holding mündet direkt in <i>Final Approach Course</i>

Anmerkung. ^a Piloten zeigten in einer Simulatorstudie signifikant höhere Werte an wahrgenommener Beanspruchung bei Landeanflügen mit schlechten Sichtbedingungen bei einer Sinkrate von 6° und 7° als bei 3° Standardsinkrate (Boehm-Davis, Casali, Kleiner, Lancaster, Saleem & Wochinger, 2007)

Die in den Flugszenarien integrierten Entscheidungssituationen wurden in der Weise entwickelt, dass auf die Alternativen mit einem vertretbaren Risiko eingegangen werden kann, um eine Entscheidung überhaupt möglich zu machen. Vier Entscheidungssituationen wurden ausgearbeitet:

- Entscheidungssituation 1: Seitenwind
- Entscheidungssituation 2: ATC-Aufforderung: Sinkflug auf 7000 ft (unter MHA)
- Entscheidungssituation 3: Rückenwind
- Entscheidungssituation 4: blockierte Landebahn

In Kapitel 2.1.1 Unabhängige Variablen findet sich die detaillierte Beschreibung der Entscheidungssituationen und -alternativen sowie deren Auftreten in den Flugszenarien. Nach der Definition von Flugabschnitt, Simulationsumgebung bzw. anzufliegendem Flughafen und Entscheidungssituationen wurden die Entscheidungssituationen in die Flugszenarien unter Festlegung des exakten Zeitpunkts des Auftretens sowie der Wetterbedingungen integriert. Die Flugwetterbedingungen wurden so definiert, dass sie das Fliegen nach Instrumenten und somit nach Instrumentenflugregeln (IFR) erfordern. Während des IFR-Fluges sind Piloten von ihren Instrumenten im Cockpit abhängig, um Informationen über Position und Höhe zu beziehen. Hankins und Wilson (1998) konnten unter IFR-Flug erhöhte Beanspruchung (erhöhte Herzrate, verringerte Lidschlagfrequenz) der Piloten gegenüber dem Sichtflug verzeichnen. Als erstes Konzept resultierten daraus drei Flugszenarien, die in Tabelle 41 dargestellt sind. Die ausgearbeiteten Flugszenarien enthalten noch keine Zusatzaufgaben.

Tabelle 41: Beschreibung der Flugszenarien (Entwurf) und deren allgemeiner Ausgangsbedingungen

Flugszenario	Beschreibung
Innsbruck 0	Keine Entscheidungssituation
Innsbruck 13	Entscheidungssituationen: 1 – Seitenwind (tritt auf: <i>Outbound Course</i> , Ausleiten des <i>Outbound Turn</i>) 3 – Rückenwind (tritt auf: DME 8.0)
Innsbruck 24	Entscheidungssituationen: 2 – ATC-Aufforderung: Sinkflug auf 8000 ft (unter MHA) (tritt auf: <i>Outbound Course</i> , Ausleiten des <i>Outbound Turn</i>) 4 – blockierte Landebahn (tritt auf: 5000 ft)

Allgemeine Bedingungen	
Innsbruck LOC/DME EAST, <i>Approach Chart</i> 11-1, RWY 26	
IMC – keine Sicht, Luftfahrzeug befindet sich in Wolken	
Wind: 290/6	
Ausgangsposition	
Ausgangsposition	Holding overhead Rattenberg NDB (303 RTT) inbound RTT; 5 NM vor RTT Heading 228°
Geschwindigkeit	230 kts
Höhe	9500 ft
Höhenmessereinstellung	1010 hPa
NAV/COM-Setting	Nicht für Landeanflug eingestellt
Anfängliche Wetterbedingungen	
Sicht	2 km
Wolken	Hauptwolkenuntergrenze: SCT from 5000 to 9800
Temperatur/Taupunkt	-10/-8
QNH	1010
Trend	NOSIG

Um die Ausprägung der fliegerischen Schwierigkeit und in weiterer Folge die Beanspruchung in einem Testlauf zu erheben, wurde als Referenz ein einfaches Flugszenario – Landeanflug auf den Flughafen Linz – mit Hilfe der aufgestellten Kriterien (Tabelle B-1) definiert. Entsprechend dem Konzept für die Flugszenarien wurden auch die einfachen (Kontroll-)Flugszenarien Linz 13 und Linz 24 entwickelt: Jeweils die gleichen Entscheidungssituationen wurden im vergleichbaren Flugabschnitt integriert und auch die Wetterbedingungen wurden als Instrumentenflugbedingungen festgelegt. Die Beschreibung dieser Flugszenarien mit Eintritt der Entscheidungssituationen, allgemeinen Bedingungen, Ausgangsposition und anfänglichen Wetterbedingungen sind in Tabelle B-2 dargestellt.

Die Ergebnisse dieses ersten Testlaufs (2.2.1 Testlauf I) zeigten, dass der Proband den Anflug auf den Flughafen Innsbruck im Vergleich zum Referenzszenario nicht generell als beanspruchender bewertete und in Bezug auf die wahrgenommene Schwierigkeit das einfache Referenzszenario aufgrund der fehlenden Erfahrung bzw. des fehlenden Trainingseffekts als schwieriger einstufte. Der Landeanflug auf Innsbruck ist offensichtlich aufgrund seines Rufs, einer der schwierigsten in Europa zu sein, ein beliebtes Übungsszenario. Als Konsequenz der Ergebnisse des Testlaufs I wurde ein neuer, hinsichtlich der Bekanntheit neutralerer Landeanflug gewählt, der ähnlich fliegerisch anspruchsvoll ist wie jener auf Innsbruck.

Die Wahl des neuen Landeanflugs für die Flugszenarien fiel auf Klagenfurt – NDB-Approach Runway 28 (*Shuttle Procedure*). Ausschlaggebend dafür waren vor allem folgende Faktoren, die für die fliegerische Schwierigkeit und dementsprechend das Hervorrufen von Beanspruchung (siehe auch Tabelle 42) sowie die Realitätsnähe verantwortlich sind:

- Anflugverfahren: Nicht-Präzisionsanflugverfahren (NDB) mit *Shuttle Procedure*, einem stufenweisen Sinkflug von einem Funkfeuer (KFT NDB) zum anderen (KW Lctr). Die Herausforderung dieses Anflugverfahrens besteht darin, die vorgegebene Geschwindigkeit bei ständigem Sinkflug zu halten, und in der Kontrolle etlicher Checkpoints (7 Funkfeuer), was Konzentration erfordert.
- Hindernisse: Gebirge (hohes MSA)
- Der Flughafen gilt unter den österreichischen Piloten als kaum bekannt.
- Realitätsnähe: österreichischer Flughafen. In Bezug auf die Entscheidungssituation blockierte Landebahn wissen die Piloten um Alternativflughäfen.

Zusätzlich wurde definiert, dass das Radar außer Funktion ist und der Autopilot nicht verwendet werden darf, was jegliche Vereinfachung des Anflugs, z.B. durch Verlangen von Radarvektoren oder Automatisierung durch den Autopiloten, unterbinden sollte. Eine ausführliche Beschreibung der Flugszenarien mit Ausgangsposition, Auftreten der Entscheidungssituationen (bleiben unverändert bei der Adaption der Flugszenarien) und Wetterbedingungen (wurden dem Anflug angepasst, erfordern ebenso IFR-Flug) ist dem Kapitel 2.1.1 Unabhängige Variablen zu entnehmen. Darüber hinaus findet sich dort eine Beschreibung des Anflugverfahrens.

Ein weiterer Testlauf (2.2.2 Testlauf II) wurde durchgeführt mit dem Ziel, die adaptierten Flugszenarien mit Anflug auf Klagenfurt auf das Hervorrufen von Beanspruchung zu untersuchen sowie die Erfahrung mit dem Flugszenario zu erheben. Aufgrund der Ergebnisse dieser Einzelfallstudie, die darauf hinweisen, dass die Flugszenarien beim Probanden mittlere bis hohe Beanspruchung ausgelöst haben, und der geringen Erfahrung mit dem Anflug wurden die entwickelten Flugszenarien für die Hauptstudie herangezogen.

Zusätzlich wurde ein Übungsszenario (Start und Landung am Flughafen Graz) entwickelt, um den Studienteilnehmern die Möglichkeit zur Einübung auf dem Simulator zu geben. In dieses Szenario waren keine Entscheidungssituationen eingebaut (keine Wolken, freie Sicht, kein Wind) und es stand den Probanden frei, welche Flugmanöver sie fliegen wollten, allerdings war ein Start sowie eine Landung Pflicht.

Tabelle 42: Bedingung des Landeanflugs auf Klagenfurt nach fliegerischer Schwierigkeit

Allgemeine Kriterien	Klagenfurt NDB-Approach Runway 28 (<i>Shuttle Procedure</i>)	
	Schwierig	Einfach
Sinkgradient	3.20°	
Hindernisse	Gebirge	
Art des Anflugverfahrens	Nicht-Präzisionsanflug: <i>NDB-Approach</i> mit <i>Shuttle Procedure</i> (=stufenweises Absinken)	
Übergang auf Pistenschwelle	Seitlich versetzt	
Checkpoints	Mehrere Checkpoints, die eine häufige Kontrolle erfordern	
Art des <i>Missed Approach Procedure</i>	Komplexes <i>Missed Approach Procedure</i> , da sehr selektiv, verlangt sofortiges Umdrehen und Zurückfliegen im <i>Shuttle Procedure</i> (hoher Aufwand)	
Sektor-Mindesthöhe (MSA)	Hohe MSA	
Holdingverfahren	Hohes Holding (8500 ft)	Standardverfahren

2.5.2 Arbeitsplatz und Material für Fluglotsen

Über den Arbeitsplatz in der Fluglehrerkabine (siehe Beschreibung Flugsimulator Kapitel 2.5.1) steuerte der Leiter der Flugsimulation den Flugsimulator und überwachte den gesamten Simulationsverlauf. Zusätzlich übernahm er die Aufgabe des Fluglotsen, die aus der Simulation des Boden-Bord-Funkverkehrs bestand, d.h., der Anordnung von Anweisungen und Freigaben, dem Bereitstellen des Wetterreports und dem Antworten auf spezifische Anfragen des Piloten. Darüber hinaus gab der Fluglotse die Anweisungen zur Durchführung der Zusatzaufgaben (siehe Kapitel 2.1.1).

Für die Überwachung des Simulationsverlaufs sowie die Durchführung des Sprechfunks sind Funksprechzeugnis und fliegerische Kenntnisse notwendig. Daher wurden zwei Studierende des Institut Luftfahrt/Aviation der FH JOANNEUM, die über eine Pilotenausbildung (ATPL) verfügten, in die Aufgaben des

Flugsimulationsleiters und Fluglotsen eingewiesen, um einen realitätsnahen und standardisierten Ablauf der Simulation zu garantieren.

2.5.2.1 Ablaufschemen für Flugszenarien

Für jedes Flugszenario und jede Bedingung der experimentellen Variable Zusatzaufgabe wurde ein Ablaufschema in Form eines Flussdiagramms erstellt, um ein standardisiertes Vorgehen zu gewährleisten. Diese Ablaufschemen dienten somit dem Fluglotsen als Vorgabe für die korrekte und standardisierte Durchführung der Flugszenarien, die in seinen Verantwortungsbereich fielen. Die Ablaufschemen enthielten jeweils: detaillierte zeitliche (Position des Flugzeugs) und inhaltliche Anweisungen für die Aufforderung zur Zusatzaufgabe, für die Zeitpunkte der Vorgabe der Entscheidungssituationen und deren Alternativen sowie für die allgemeine Simulation des Boden-Bord-Funkverkehrs. In den Abbildungen B-1 bis B-3 sind die Ablaufschemen zu den drei Flugszenarien (K 0, K 13, K 24) mit Zusatzaufgabe abgebildet.

2.5.2.2 Wetterinformationen für Ausweichflughäfen

Wetterbedingungen für acht mögliche Ausweichflughäfen wurden definiert, um etwaige Anfragen, die sich aus Entscheidungsaufgabe 4 – blockierte Landebahn – ergeben können, mit standardisierten Wetterinformationen zu beantworten. Die definierten Bedingungen setzten sich aus jenen Wetterkomponenten zusammen, die auch über das *Automatic-Terminal-Information-Service* (ATIS) übermittelt werden bzw. im modifiziertem ATIS-Blatt (Definition und Beschreibung siehe Kapitel 2.5.3) enthalten sind: Windrichtung und -geschwindigkeit, Sichtverhältnisse, Wolken, Temperatur, Luftdruck und Trend. Für folgende acht Alternativen zum Flughafen Klagenfurt wurden Wetterinformationen (eine detaillierte Aufstellung findet sich in Tabelle B-3, Anhang) erstellt: Graz, Wien, Linz, Salzburg, Innsbruck, Laibach, Marburg und Triest.

Zusätzlich erhoben die Fluglotsen die Entscheidungen der Piloten sowie die Erfüllung der Zusatzaufgaben mittels Erhebungsblatt für Entscheidungen und Erhebungsblatt für Zusatzaufgaben, die unter 2.5.8 Performanceerfassung beschrieben sind.

2.5.3 Arbeitsplatz und Material für Probanden

Alle Probanden nahmen im Multi-Crew Cockpit des Flugsimulators auf der linken Seite Platz – in der Regel der Platz des Kapitäns oder des Pilot in Command (verantwortlicher Pilot). Für eine Beschreibung des Flugsimulators siehe Kapitel 2.5.1.

2.5.3.1 Systembeschreibung Flugsimulator

Zu Beginn der Studie wurden alle Probanden vom Simulationsleiter auf den Flugsimulator eingeschult. Dies umfasste die allgemeine Erklärung des Systems, der Instrumente und der Konfiguration. Zusätzlich wurde eine Kurzbeschreibung des Flugsimulators angefertigt, damit die Teilnehmer bei eventuellen Bedienungsproblemen mit einem Blick die grobe Struktur erfassen konnten. Diese Beschreibung umfasste folgende Instrumente: Navigationsdisplay, Mittelkonsole, *Primary Flight Display* (Hauptfluginstrument des Glascockpits).

2.5.3.2 Anflugblätter

Für das Briefing und den weiteren Flugverlauf wurde den Probanden das Klagenfurt-NDB-Anflugblatt zur Verfügung gestellt, das für die Flugszenarien relevant ist. Zusätzlich wurden in einer Mappe die Anflugblätter aller Klagenfurt umgebenden österreichischen und im nahen Ausland (Laibach, Marburg, Triest) befindlichen Flughäfen ausgehändigt. So hatten alle Probanden die Möglichkeit, wie auch für eine reale Flugplanung, bereits im Briefing einen Ausweichflughafen festzulegen. Darüber hinaus sollte für die Entscheidungssituation ‚blockierte Landebahn‘ eine Alternative zum Flughafen Klagenfurt gefunden werden. Bei allen Anflugblättern handelte es sich um lizenzierte Charts für Simulationszwecke der Firma Jeppesen Sanderson, Inc.

2.5.3.3 Automatic-Terminal-Information-Service(ATIS)-Blatt (modifiziert)

Das *Automatic-Terminal-Information-Service*(ATIS) ist eine an Flugplätzen zur Verfügung gestellte automatische Durchsage, die relevante Informationen zu Ab- und Anflug (z.B. Sichtverhältnisse, Wolken, Windrichtung und -geschwindigkeit, Luftdruck, aktive Landebahn) für den Instrumentenflugverkehr enthält und vom Piloten über Funk abgefragt werden kann. Für die Studie wurden die über ATIS übermittelten Informationen schriftlich vorgelegt und um Angaben zur

Ausgangsposition und Konfiguration (Geschwindigkeit, Höhe, Klappenstellung) des Flugzeugs erweitert sowie um den Hinweis, dass sich das Radar in Klagenfurt außer Betrieb befindet und deshalb keine Übermittlung von Radarvektoren für den Landeanflug möglich ist. Das ATIS-Blatt liegt Abbildung B-4 bei.

2.5.4 *Arbeitsplatz und Material der Versuchsleiterin*

Um die gesamte Simulation mitverfolgen zu können, befand sich der Arbeitsplatz der Versuchsleiterin neben dem des Leiters der Flugsimulation in der am Simulator angeschlossenen Kabine. Abgesehen von den Materialien und Apparaturen für subjektive und physiologische Erhebungsmethoden sowie Performance, die an anderer Stelle beschrieben sind, kamen folgende Unterlagen zum Einsatz:

- Zuordnungsbogen Code – Proband: Um die Anonymität der Probanden zu gewährleisten, wurde ihnen jeweils ein numerischer Code zugeteilt. Alle Probanden, die eine Rückmeldung über ihre persönlichen Ergebnisse wollten, mussten über diesen Bogen, mit der jeweiligen Codierung versehen, ihren Namen sowie Adresse bekanntgeben, um eine Zuordnung der Daten allein für diesen Zweck zu ermöglichen.
- Studienablauf – Dokumentation: Auf dieser Vorlage ist der detaillierte Ablauf der Simulationsstudie dargestellt. Sie diente ebenso der Zeiterfassung für diverse Abschnitte sowie der Vorgabe, zu welchen Ereignissen EKG-Markierungen zu setzen sind. Auf dieser Grundlage wurde für jede Versuchsperson ein Protokoll zur Dokumentation der jeweiligen Simulation erstellt.

2.5.5 *Fragebögen*

2.5.5.1 *Biographischer Erhebungsbogen*

Der für die Studie entwickelte Biographische Erhebungsbogen umfasst Fragen zu soziodemographischen Daten (Alter, Geschlecht, Nationalität, Familienstand, Bildung, Beruf) sowie zu fliegerischen Aktivitäten und Erfahrung (Lizenzen, Flugstunden, Erfahrung mit Flugzeugkategorien, Typeratings, berufliche fliegerische Tätigkeit) der Probanden.

2.5.5.2 Fragebogen zum Ausgangszustand

In Anlehnung an den Fragebogen zur Erfassung der Ausgangslage (FAL) von Janke (1976) wurde der Fragebogen zum Ausgangszustand erstellt. Die Fragestellungen beziehen sich auf Aktivitäten und deren Grad an mentaler und körperlicher Anstrengung, Schlafqualität und -dauer, somatisches Befinden und den Konsum von Genussmitteln, wie Alkohol, Koffein, Nikotin, und von Medikamenten vor der Studie.

2.5.5.3 Erholungs-Belastungs-Fragebogen

Der Erholungs-Belastungs-Fragebogen (EBF-24A/3) von Kallus (1995) basiert auf der Annahme, dass „eine Kumulation von Belastungen aus unterschiedlichen Lebensbereichen zumindest bei unzureichenden Erholungsmöglichkeiten zu einem veränderten psychophysischen Gesamtzustand führt“ (Kallus, 1995, S. 9). Das Verfahren erfasst verschiedene potentiell belastende und erholsame Ereignisse und erlaubt die Darstellung der aktuellen Beanspruchungs-Erholungs-Bilanz einer Person.

Tabelle 43: Beschreibung der EBF-24A/3 Subskalen

	Subskala	Beschreibung	Cronbachs α
Beanspruchung	Allgemeine Belastung	Niedergeschlagen, lustlos	.90
	Emotionale Belastung	Ärger, Mißstimmung	.92
	Soziale Spannungen	Aufgebrachtsein, Ärger über andere	.92
	Ungelöste Konflikte	Offene Konflikte, Leistungsdruck	.89
	Übermüdung	Überforderung, Übermüdung	.87
	Energielosigkeit	Fehlende Konzentration, fehlende Entschlusskraft	.89
Erholung	Körperliche Beschwerden	Körperliches Unwohlsein, körperliche Beschwerden	.80
	Erfolg	Erfolg, Ideenreichtum	.91
	Erholung im sozialen Bereich	Positive Sozialkontakte verbunden mit Entspannung und Amüsement	.95
	Körperliche Erholung	Körperliche Entspannung, Fitness	.95
	Allgemeine Erholung	Gute Stimmung, hohes Wohlbefinden	.97
	Erholsamer Schlaf	Fehlen von Einschlaf- und Durchschlafstörungen	.95

Die angewandte Kurzform (EBF-24A/3) des Fragebogens umfasst 24 Fragen, die sich gleichmäßig auf 12 Subtests – 7 Beanspruchungs- und 5 Erholungsskalen – verteilen und in die Bereiche Beanspruchung und Erholung zusammenfassen lassen (Tabelle 43). Die Items beziehen sich auf die Häufigkeit belastender und erholsamer Situationen oder Aktivitäten der letzten 3 Tage. Die Beantwortung erfolgt anhand einer 7-stufigen Skala von „nie“ (0) bis „immerzu“ (6). Bezugnehmend auf Gütekriterien weist das Verfahren Testwiederholungszuverlässigkeiten zwischen $r=.79$ und $r=.91$ auf; die internen Konsistenzen (Cronbachs Alpha) liegen im Bereich von $\alpha=.80$ bis $\alpha=.97$.

2.5.5.4 NEO-Fünf-Faktoren Inventar

Das NEO-Fünf-Faktoren-Inventar (NEO-FFI) von Borkenau und Ostendorf (1993), die deutsche Übersetzung des „NEO Five-Factor Inventory“ nach Costa und McCrae (1992), kam zum Einsatz, um individuelle Merkmalsausprägungen zu erfassen. Das multidimensionale Verfahren basiert auf dem Fünf-Faktoren-Modell der Persönlichkeit, das fünf Merkmale der Persönlichkeit erfasst, die als stabile und unabhängige Hauptdimensionen bei Faktorenanalysen von Eigenschaftsurteilen auf Adjektivskalen immer wieder aufscheinen: Neurotizismus, Extraversion, Offenheit für Erfahrung, Verträglichkeit und Gewissenhaftigkeit. Z.B. McCrae und John (1992) geben einen Überblick über die Entwicklung des Modells und der Befunde zur Replizierbarkeit der fünf Faktoren, die auch als Big Five bezeichnet werden. Diese fünf Dimensionen stellen die Subskalen des NEO-FFI Tabelle 44 dar und werden mit jeweils 12 der insgesamt 60 Fragen erfasst. Die Items nennen Feststellungen, die in Form von vollständigen Sätzen vorgegeben werden und sind anhand einer 5-stufigen Skala von „Starke Ablehnung“ (SA) bis „Starke Zustimmung“ (SZ) zu beantworten.

Aufgrund der möglichen kulturellen und sprachlichen Unterschiede wurden Testgütekriterien der deutschen Version von Borkenau und Ostendorf (1993) ermittelt: Interne Konsistenzen (Cronbachs Alpha) liegen im Bereich von $\alpha=.71$ bis $\alpha=.85$ (im Vergleich zur englischen Version von Costa & McCrae, 1992: $\alpha=.75$ bis $\alpha=.83$); Retest-Stabilitäten (über 2 Jahre) reichen von $r=.65$ (Verträglichkeit) bis $r=.81$ (Extraversion, Gewissenhaftigkeit). Hinsichtlich der Konstruktvalidität werden Korrelationen von $r=.23$ bis $r=.45$ mit Fremdeinschätzungen auf Adjektivskalen berichtet, allerdings finden sich höhere Korrelationen bei Ostendorf (1990) von $r=.43$ bis $r=.62$ mit Urteilen von Bekannten.

Tabelle 44: Beschreibung der NEO-FFI Subskalen

Subskala	Beschreibung	Cronbachs α
Neurotizismus	Die Skala beschreibt, wie vor allem negative Emotionen erlebt werden – emotional labile Personen neigen dazu, verlegen, nervös, ängstlich, unsicher zu reagieren, während emotional stabile Personen nicht schnell aus der Ruhe geraten, sie sind ausgeglichen, sorgenfrei, ruhig.	.85
Extraversion	Personen mit hohen Werten beschreiben sich als gesellig, selbstsicher, aktiv, energisch, heiter; Personen mit niedrigen Werten sind eher zurückhaltend, haben den Wunsch, alleine zu sein.	.80
Offenheit für Erfahrung	Es wird das Interesse und Ausmaß erfasst, neue Erfahrungen zu sammeln und sich mit neuen Eindrücken zu befassen. Niedrige Skalenwerte sprechen für konservative Einstellungen und konventionelles Verhalten.	.71
Verträglichkeit	Die Skala unterscheidet zwischen Menschen, die zu Vertrauen, Kooperativität, Mitgefühl und Verständnis neigen, und jenen, die sich als antagonistisch, egozentrisch und misstrauisch beschreiben.	.71
Gewissenhaftigkeit	Es wird unterschieden zwischen Personen mit der Tendenz zielstrebig, ehrgeizig, fleißig, zuverlässig und penibel vs. nachlässig, gleichgültig und unbeständig zu sein.	.85

Um den Einfluss von Persönlichkeitsfaktoren auf mentale Beanspruchung zu untersuchen, führten Rose, Murphy, Byard und Nikzad (2002) eine Studie durch, in der sie Persönlichkeitsfaktoren mittels revidierter Fassung des NEO-Persönlichkeitsinventars (NEO-PI-R; umfasst mehr Items als NEO-FFI) erhoben und mit der Leistung in einer Daueraufmerksamkeit (*Sustained Attention*) und wahrgenommener mentaler Beanspruchung (erfasst über NASA-TLX) in Zusammenhang brachten. Das Ergebnis zeigte eine positive Korrelation zwischen Neurotizismus und wahrgenommener Frustration von $r=0.238$.

2.5.5.5 Sensation Seeking-Skalen Form V

Der Trait Sensation Seeking wurde mit der deutschen Version der *Sensation Seeking*-Skalen, Form V (SSS-V; Beauducel, Strobel, & Brocke, 2003; Beau-

ducel & Brocke, 2003) erhoben. Das physiologisch begründete Konstrukt Sensation Seeking beschreibt die Suche nach Abwechslung, danach also, neue, komplexe und intensive Erfahrungen zu machen, und dafür auch physische, soziale, legale und finanzielle Risiken einzugehen (Zuckerman, 1994). Die eingesetzte deutsche Fassung des SSS-V orientiert sich stark am englischsprachigen Original von Zuckerman (1994) und besteht aus 40 Items im *Forced-choice* Format, die sich gleichmäßig auf vier Subskalen (Tabelle 45) verteilen. Zusätzlich zu den Subskalen wird eine Gesamtskala für Sensation Seeking ermittelt. Die *Sensation Seeking*-Skalen, Form V sind das einzige Verfahren, das eine differenzierte Erfassung, über die vier Subskalen, erlaubt und ist daher nach Beauducel, Strobel und Brocke (2003) das meist eingesetzte Verfahren zur Erfassung von Sensation Seeking, obwohl besonders für die Subskalen Erfahrungssuche und Empfänglichkeit für Langeweile immer wieder geringe interne Konsistenzen (z.B. $\alpha=.54$ und $\alpha=.48$ von Ridgeway & Russel, 1980) und Probleme beim Replizieren der Faktorenstruktur berichtet werden (z.B. Beauducel, Brocke, Strobel & Strobel, 1999, Beauducel, Strobel & Brocke, 2003). Für die deutsche Version der *Sensation Seeking*-Skalen, Form V berichten Beauducel, Strobel und Brocke (2003) interne Konsistenzen von $\alpha=.46$ bis $\alpha=.80$ bzw. $\alpha=.82$ für die Gesamtskala (im Vergleich zur englischen Version: Gesamtskala $\alpha=.83$ bis $\alpha=.86$; Subskalen $\alpha=.56$ bis $\alpha=.82$, Zuckerman, 1994). Auch haben die Autoren Normen für den deutschsprachigen Raum (geschlechterspezifische T-Werte) ermittelt. Aufgrund der Inkonsistenz der Subskalen Erfahrungssuche und Empfänglichkeit für Langeweile werden diese bei der Interpretation mit Vorsicht behandelt.

Tabelle 45: Beschreibung der SSS-V-Subskalen

Subskala	Beschreibung	Cronbachs α
Gefahr- und Abenteuer-suche	Tendenz, sportliche und diverse andere Aktivitäten auszuführen, die gefährlich sind oder Geschwindigkeit beinhalten	.80
Enthemmung	Tendenz zu sozial und sexuell enthemmtem Verhalten	.69
Erfahrungssuche	Tendenz, Erfahrungen durch unangepassten Lebensstil und Reisen zu suchen	.61
Empfänglichkeit für Langeweile	Tendenz zur Abneigung gegenüber Routine und Wiederholung	.46
Sensation Seeking-Gesamtskala	Summe der Subskalen als Gesamtwert	.82

2.5.5.6 NASA Task Load Index

Aktuelle subjektive Beanspruchung und Beanspruchungsveränderungen wurden mit dem NASA Task Load Index (NASA-TLX) von Hart und Staveland (1988) erhoben. Für die durchgeführte Studie kam eine deutsche computerunterstützte Version von Pfendler und Thun (1998; (Forschungsgesellschaft für Angewandte Naturwissenschaften e.V.) zum Einsatz. Das multidimensionale Verfahren basiert auf der Beanspruchungsdefinition von Hart und Staveland (1988, S. 140): „... workload is a hypothetical construct that represents the cost incurred by a human operator to achieve a particular level of performance“ [Beanspruchung ist ein hypothetisches Konstrukt, das die Anstrengung abbildet, die die ausführende Person aufwendet, um ein bestimmtes Leistungsniveau zu erreichen]. Darüber hinaus beschreiben die Autoren, dass Beanspruchung hervorgeht aus der Interaktion zwischen den Anforderungen der Aufgabe, den Bedingungen zur Aufgabenerfüllung, Fähigkeiten, Verhalten und Wahrnehmung der Person, die eine Aufgabe ausführt. Ursprünglich entwickelt für den Gebrauch im Bereich der Luftfahrt (Hart, 2006; Hart & Staveland, 1988), wird der NASA-TLX auch in anderen Arbeitsgebieten außerhalb der Luftfahrt eingesetzt.

Mit dem multidimensionalen Verfahren werden sechs Aspekte subjektiv wahrgenommener Beanspruchung (Tabelle 46) anhand einer 20-stufigen bipolaren Ratingskala mit den Endpunkten „niedrig“ (0) und „hoch“ (100) bzw. „gut“ (0) und „schlecht“ (100) erfasst. Die Originalversion umfasst ein Verfahren zur Gewichtung der sechs Skalen, um sie zu einem Gesamtwert zusammenzufassen. Nygren (1991) bewertete dieses Gewichtungsverfahren als psychometrisch suboptimal und ineffektiv. Moroney, Biers und Eggemeier (1995) zeigten auf, dass eine Summenbildung über die Subskalen vergleichbare Mittelwerte und Standardabweichungen ergeben wie die Berechnung des Gesamtwertes über das Gewichtungsverfahren. Hart (2006) bezeichnet diese Modifikation des NASA-TLX (Gewichtungsverfahren gegen simple Summenbildung zu ersetzen) als Raw TLX (RTLX) und fasst 29 Studien zusammen, in denen der RTLX mit der Originalversion verglichen wurde, mit dem Ergebnis, dass die modifizierte Version als sensitiver, weniger sensitiv oder gleich sensitiv beschrieben wurde. Für die durchgeführte Studie wurde nicht das kontroverse Gewichtungsverfahren verwendet, vielmehr erfolgte die Bildung des Gesamtwertes für Beanspruchung über eine Summation der Subskalen. Hinsichtlich der Testgütekriterien wird der NASA-TLX von Nygren (1991) als hoch reliabel bezeichnet, Battiste and Bortolussi (1988) ermittelten einen Reliabilitätskoeffizienten von $r=.77$ für die Gesamtbeanspruchung, Bailey und Thompson (2001) fanden Werte zwischen $\alpha=.74$ und $\alpha=.90$, die sich erhöhten, wenn die Dimension Leistung ausgeschlossen wurde ($\alpha=.76$ - $\alpha=.93$). Aufgrund einer durchgeführten Überprüfung der Faktoren-

struktur, die ergab, dass die Dimension Leistung nicht den anderen fünf Dimensionen zugehörig ist, geben Bailey und Thompson (2001) die Empfehlung, bei der Interpretation von einzelnen TLX-Aspekten vorsichtig zu sein. Für die deutschsprachige Form fand Pfendler (1991, zitiert nach Pfendler & Thun, 1998) einen Intraklassenkoeffizienten von $r=.56$, der sich auf $r=.75$ erhöhte, nachdem der ungewichtete anstatt des gewichtete Gesamtwert verwendet wurde. Untersuchungen zur Validität ergaben hohe Korrelationen zwischen dem Beanspruchungswert des NASA-TLX und der Schwierigkeit bzw. dem Belastungsgrad der simulierten Flugaufgaben (Hancock, Williams, Manning & Miyake, 1995; Battiste & Bortolussi, 1988). Auch für die deutschsprachige Version zeigte sich, dass das Verfahren auf die Manipulation der Belastungshöhe bei simulierter Flugführungsaufgabe empfindlich anspricht (Pfendler & Schütte, 2002). Es gibt Hinweise auf unterschiedliche Beanspruchungseinschätzungen abhängig von den eingesetzten Medien. Noyes und Bruneau (2007) fanden signifikant höhere Beanspruchungswerte, wenn der NASA-TLX computerunterstützt vorgegeben wird, im Gegensatz zur Vorgabe in Papierversion.

Tabelle 46: Beschreibung der NASA-TLX Subskalen

Subskala	Endpunkte	Beschreibung
Geistige Anforderungen	Niedrig/Hoch	Wie viel geistige Tätigkeit erfordert die Aufgabe, war sie leicht oder schwierig, einfach oder komplex?
Körperliche Anforderungen	Niedrig/Hoch	Wieviel körperliche Tätigkeit war für die Aufgabe erforderlich, war sie langsam oder schnell, erholsam oder mühsam?
Zeitliche Anforderungen	Niedrig/Hoch	Wie hoch war der subjektive Zeitdruck der Aufgabe, war es schnell und hektisch oder langsam und erholsam?
Leistung	Gut/Schlecht	Wie gut wurden die Aufgabenziele erreicht, welches Ausmaß erreicht die subjektive Zufriedenheit mit der Leistung?
Anstrengung	Niedrig/Hoch	Wie schwer musste gearbeitet werden, um das Leistungsniveau zu erreichen?
Frustrationsniveau	Niedrig/Hoch	Wie verunsichert, entmutigt, irritiert vs. selbstsicher, zufrieden, entspannt hat sich die Person bei der Aufgabe gefühlt?
Gesamtwert der Beanspruchung		Summenbildung über alle Subskalen, um einen Gesamtwert der Beanspruchung zu ermitteln

2.5.5.7 Befindlichkeitsskalierung anhand von Kategorien und Eigenschaftswörtern

Zur quantitativen mehrdimensionalen Beschreibung des aktuellen subjektiven Befindens und zur Erfassung der Veränderung des Befindens kam die Befindlichkeitsskalierung anhand von Kategorien und Eigenschaftswörtern (BSKE [EWL]) von Janke und Hüppe (1995) zur Anwendung. Die BSKE, eine Kurzform der Eigenschaftswörterliste (EWL) von Janke und Debus (1978), erfasst mit 24 Items die sechs zusammengefassten Kombinationsskalen der EWL und zusätzlich die Subskala Somatisches Befinden (Tabelle 47), wobei sich die Subskalen zu den zwei Bereichen positive und negative Befindlichkeit zusammenfassen lassen. Die Items beschreiben Befindensbereiche, die zusätzlich durch zwei Adjektive erklärt werden, und sind auf einer 7-stufigen Skala von „gar nicht“ (0) bis „sehr stark“ (6) zu beantworten.

Tabelle 47: Beschreibung der BSKE-Subskalen

	Subskala	Beispielitem
Positive Befindlichkeit	Leistungsbezogene Aktivität	Gefühl der Aktivität (aktiv, tatkräftig)
	Extraversion	Gefühl der Kontaktfreudigkeit (kontaktfreudig, gesellig)
	Allgemeines Wohlbefinden	Gefühl des seelischen Wohlbefindens (angenehm, zufrieden)
Negative Befindlichkeit	Allgemeine Desaktivität	Gefühl der Energielosigkeit (energielos, lahm)
	Emotionale Gereiztheit	Gefühl der inneren Erregtheit (aufgeregt, erregt)
	Angst/Deprimiertheit	Gefühl der Ängstlichkeit (ängstlich, angsterfüllt)
	Somatisches Befinden	Gefühl des körperlichen Unwohlseins (Übelkeit, Schwindel)

2.5.6 Interview

Ein Interview kam zum Einsatz, um subjektive Situationsbewertungen, -wahrnehmungen, kognitive Prozesse, Ziele und mögliche Einflussfaktoren bei der Entscheidungsfindung zu erfassen. In Tabelle 48 findet sich eine Auflistung und

Beschreibung der einzelnen Bereiche und Kategorien des Interviews sowie Verweise auf den jeweiligen theoretischen Hintergrund. Einzelne Fragen des Interviews orientieren sich an Modellen des *Naturalistic Decision Making* (NDM)-Ansatzes. Im Zuge der Erstellung des Interviewleitfadens wurden die Inhalte der *Critical Decision Method* (CDM; Klein, Calderwood & MacGregor, 1989), sowie des *Recognition-primed Decision* (RPD)-Modells (RPD; Klein, Calderwood & Clinton-Cirocco, 1986; Klein, 1993a) und des *Aviation Decision Process*-Modells (Orasanu, 1995, 1997; Orasanu & Fischer, 1997) herangezogen, um relevante Bereiche oder Kategorien für die Simulationsstudie zu identifizieren. Einzelne interessierende Prozesse aus diesen Modellen und Fragekategorien des *Critical Decision*-Interviews wurden mit einer entsprechenden Frage in den Interviewleitfaden aufgenommen (siehe Tabelle 48). Für eine ausführliche Beschreibung des RPD-Modells sowie des *Aviation Decision Process*-Modells siehe Kapitel 1.1.5 Naturalistic Decision Making. Die *Critical Decision Method* (Klein & Armstrong, 2004; Klein, Calderwood & MacGregor, 1989) stellt eine Erweiterung der *Critical Incident Technique* von Flanagan (1954) dar. Die CDM wird von Klein et al. (1989) als eine retrospektive Interviewtechnik beschrieben, mit der Expertenwissen anhand einer Reihe von standardisierten kognitiven *Probes* (=Nachfragen) zu realen nicht-routinemäßigen Ereignissen (*incidents*) erfragt wird. Das vorrangige Interesse richtet sich dabei auf Situationsbewertung, Entscheidungsstrategien, Strukturerkennung, Erwartungen und kritische Hinweisreize. Als theoretischer Hintergrund des CDM wurde das *Recognition-primed Decision*-Modell von den Autoren abgeleitet. Anwendung findet diese Interviewtechnik bei der Entwicklung von Expertensystemen, zur Ermittlung von Trainingsbedarf und zur Untersuchung grundlegender Themen der Entscheidungsforschung. Eine Modifizierung der CDM bzw. der kognitiven *Probes* erfolgte von O'Hare, Wiggins, Williams und Wong (1998) für deren Methode der kognitiven Aufgabenanalyse.

Tabelle 48: Beschreibung der Interviewbereiche und des theoretischen Hintergrunds

Bereich	Kategorien	Beschreibung und theoretischer Hintergrund
Situations- beschreibung	Beschreibung des vorgenommenen Anflugverfahrens	Vergegenwärtigung der Situation durch Rekonstruktion (keine abhängige Variable) <i>CDM Probe Typ: Situationsbewertung (Situation assessment)</i>
	Aufforderung, an Entscheidungssituation zu erinnern	Hinführen zu interessierender Situation (keine abhängige Variable)
Situation Awareness	Bild der Situation	Erfassung der Hypothese über den aktuellen Zustand der Situation und deren Entwicklung <i>Decision Process Model: Verständnis des Problems (Problem understood)</i> <i>RPD: Erleben der Situation (Experience the situation)</i>
	Zeitdruck	Erfassung von subjektivem Zeitdruck, um eine Reaktion zu setzen <i>CDM Probe Typ: Zeitdruck (Time pressure)</i> <i>Decision Process Model: Zeit (Time)</i>
	Risiko	Erfassung der subjektiven Risikoeinschätzung für die jeweilige Situation <i>Decision Process Model: Risiko (Risk)</i>
	Aufmerksamkeit	Erfassung von subjektiver Bewertung der veränderten Aufmerksamkeit bzw. Auslastung der Aufmerksamkeitsressourcen

Entscheidungsfindung	Weiteres Vorgehen	Erfassung der Reaktion und weiterer Handlungen <i>RPD: Handlungen (Actions)</i>
	Regeln und Anwendung	Erfassung zur Verfügung stehender Regeln und deren Anwendung <i>CDM Probe Typ: Basis (Basis)</i> <i>Decision Process Model: Verfügbare Regel (Rule available)</i>
	Gründe für die Entscheidung	Erfassung der Gründe und des Ziels, das mit der Entscheidung verfolgt wird <i>CDM Probe Typ: Ziele (Goals)</i> <i>RPD: Plausible Ziele (Plausible goals)</i>
	Herangezogene Informationen zur Entscheidungsfindung	Erfassung der Kriterien oder Information, die herangezogen wurden, um die jeweilige Entscheidung zu treffen <i>CDM Probe Typ: Wissen (Knowledge)</i> <i>RPD: relevante Hinweisreize (Relevant cues)</i>
	Alternativen	Erfassung subjektiver wahrgenommener Handlungsalternativen <i>CDM Probe Typ: Optionen (Options)</i> <i>Decision Process Model: Verfügbarkeit von Alternativen (Multiple options available)</i>
	Kognitiver Aufwand für Entscheidung	Erfassung des subjektiv wahrgenommenen kognitiven Aufwands für die jeweilige Entscheidung <i>Klassifizierung von Entscheidungssituationen (Jungermann et al., 2005; Svenson, 1990, 1996)</i>

Evaluierung der Entscheidungsfaktoren	Überprüfung der Entscheidung auf Erfolg	Erfassung ob die durchgeführte Handlung in Hinblick auf Erfolg bewertet wurde
	Unangenehme Faktoren	Erfassung des Einflusses von möglichen moderierenden Variablen <i>Leitfaden „Befragung mündlich“ (Wiessmann, 2002)</i>
	Hilfreiche Faktoren	
Allgemeines zu Entscheidungssituationen	Mögliche hilfreiche Faktoren	Erfassung der Erfahrung mit der Situation
	Erfahrung mit der Entscheidungssituation	Erfassung der subjektiven Bewertung der Situation
	Bewertung der (Entscheidungs-)Situation	Erfassung der subjektiven Bewertung der Sicherheit der Situation
	Sicherheit	Erfassung der subjektiven Zufriedenheit mit der Performance
	Zufriedenheit	Erfassung des subjektiven Schwierigkeitsgrades
	Schwierigkeit	Erfassung des subjektiven Befindens für die Entscheidungssituation
	Subjektives Gefühl	Erfassung des subjektiven Beanspruchungsgrades
	Beanspruchung	Erfassung des subjektiven Beanspruchungsgrades durch die Bedingung Zusatzaufgabe (nur für Probanden unter der Bedingung mit Zusatzaufgabe)
	Aufwand durch Zusatzaufgabe	Erfassung der Erfahrung mit dem gewählten Anflugverfahren
	Erfahrung mit dem Flugszenario	Erfassung des subjektiv wahrgenommenen Erinnerungsvermögens
Allgemeines	Erinnerung der Flugabschnitte	

Anmerkung: CDM=Critical Decision Method (Klein, Calderwood & MacGregor, 1989) Decision Process Model (Orasanu, 1995, 1997; Orasanu & Fischer, 1997) RPD=Recognition-primed Decision Making (Klein, Calderwood & Clinton-Cirocco, 1986; Klein, 1993a)

Das erstellte Interview ist formal als eine Mischform aus halbstandardisierte m und standardisiertem Interview zu verstehen (Klassifizierung von Interviews nach der Standardisierung von Gläser & Laudel, 2010, S. 41). Der (hohe) Grad an Standardisierung wurde gewählt, um eine allgemeine Vergleichbarkeit der Datenauswertung zu gewährleisten, und aufgrund der Bedingung, dass einzelne genau bestimmbare Informationen erfasst werden sollen.

Grundlage des Interviews stellte ein strukturierter Gesprächsleitfaden dar, in dem die formulierten Fragen und deren Reihenfolge vorab festgelegt wurden. Hinsichtlich der Antwortmöglichkeiten ist es bei einem Großteil der Fragen dem Interviewpartner freigestellt, wie er die Antwort formuliert, allerdings sind einige Fragen geschlossen verfasst und die Antwortmöglichkeiten somit standardisiert vorgegeben. Für das Interview wurden einige Fragen als Hauptfragen formuliert, mit denen ausführliche Antworten zu bestimmten Themenbereichen erhoben werden sollten. Um die Antworten auf Hauptfragen zu vervollständigen und einen Erzählanstoß zu geben, wurden Nachfragen formuliert, wie von Gläser und Laudel (2010) vorgeschlagen. (Haupt-)Fragen wurden wortgetreu und in der im Leitfaden festgesetzten Reihenfolge gestellt. Nachfragen wurden als vollständige Sätze oder Stichworte im Gesprächsleitfaden formuliert und wurden abhängig vom Gesprächsverlauf zur jeweiligen Hauptfrage eingesetzt. Sollte der Interviewpartner im Laufe des Interviews unverständliche Begriffe genannt oder ungenaue Angaben gemacht haben, wurde er um Erklärung oder Präzisierung gebeten. In einigen Fällen wurde die Antwort von der Interviewerin paraphrasiert, um zu überprüfen, ob das Gesagte sinngemäß richtig erfasst wurde.

Wie bereits in Bezug auf die Klassifizierung des Interviews erwähnt, wurden die Interviewfragen überwiegend als offene Fragen formuliert. Gläser und Laudel (2010) führen an, dass der Grad an Offenheit bestimmt, wie viel Einfluss die Frage auf den Inhalt der Antwort hat, eine Frage aber auch umso ungenauer wird, je offener sie formuliert ist. Die genannten Autoren heben hervor, dass die Klarheit der Fragerstellung wichtiger ist als die Offenheit. Hinsichtlich der eigenen Frageformulierung wurde versucht, offene Fragen so zu stellen, dass für den Interviewpartner klar erkenntlich war, was der Interviewer wissen will. Geschlossene Fragen kamen einerseits in sehr geringem Ausmaß als Filterfragen in Form dichotomer Ja/Nein-Fragen zum Einsatz, andererseits zu Themen, in denen eine Antwort auf quantitativem Niveau zur besseren Vergleichbarkeit als wichtig erschien. Auch weitere Anforderungen an die Fragenformulierung (Gläser & Laudel, 2010) wurden beachtet: klare, einfache und unmissverständliche Formulierungen, neutrale Fragen und Vermeidung von Suggestivfragen sowie Vermeidung multipler Fragen. Kici und Westhoff (2004), die Anforderungen an die Fragenformulierung seitens verschiedener Autoren zusammenfassten, ergänzen die Anforderungen um die Vermeidung von Fragen nach Kausalzuschreibungen.

Die beiden durchgeführten Testläufe boten die Grundlage, die Fragen des Interviewleitfadens und deren Reihenfolge im Hinblick auf die beschriebenen Anforderungen, vor allem zur Verständlichkeit und Akzeptanz, zu evaluieren und Adaptionen vorzunehmen, z.B. im Falle von Missverständnisse bei verwendeten Begriffen. Darüber hinaus konnte die Interviewführung in den Testläufen eingeübt werden und trug somit zu einem höchstmöglichen standardisierten Ablauf bei.

Die Relevanz der Fragenformulierung liegt darin, dass strukturierte Interviews valider sind als unstrukturierte, aber eine wichtige Bedingung dafür ist ein guter, d.h. nach den Anforderungen gestalteter Interviewleitfaden (Kici & Westhoff, 2004). Campion, Campion und Hudson (1994) zitieren zwei Metaanalysen (Wiesner & Cronshaw, 1988; Wright, Lichtenfels & Pursell, 1989) zu Interviews in der Personalselektion, die gezeigt haben, dass strukturierte Interviews valider sind als unstrukturierte. Generell sind Gütekriterien wie Reliabilität und Validität von Interviews schwierig zu bewerten (Stanton, Salmon, Walker, Baber & Jenkins, 2005). Darüber hinaus gibt es nach Steinke (2010) keinen einheitlichen Konsens zu Qualitätskriterien in der qualitativen Forschung. Sie fasst die heterogene Literatur zu diesem Thema in drei Grundpositionen zusammen: 1) die Übertragung und Anpassung quantitativer Kriterien, 2) postmoderne Ablehnung von Kriterien und 3) eigene Kriterien der qualitativen Forschung. Die Autorin (Steinke, 2010) geht davon aus, dass quantitative Kriterien zur Bewertung der Wissenschaftlichkeit nicht für die Bewertung qualitativer Forschung geeignet sind und nennt Kernkriterien zur Bewertung qualitativer Forschung, z.B. intersubjektive Nachvollziehbarkeit durch Dokumentation des Forschungsprozesses, empirische Verankerung, Indikation des qualitativen Vorgehens. Zusammenfassend kann in Bezug auf die Methode eines halbstandardisierten Interviews festgehalten werden, dass es auf der Grundlage des Interviewleitfadens strukturiert ist und trotzdem Flexibilität für weiterführende Fragen bietet (Seamster, Redding & Kaempff, 1997). Diese Flexibilität gilt als Vorteil, um große Mengen an spezifischer Information zu sammeln, die sehr aussagekräftig sein und statistisch weiterbearbeitet werden kann (Stanton et al., 2005). Allerdings stellt das Interviews aufgrund der Leitfadenkonstruktion, der Transkription und der Datenanalyse eine zeitaufwendige Methode dar. Gläser und Laudel (2010) geben nach Erfahrungswerten ein Verhältnis von Interview- zu Transkriptionszeit von 1:6 an.

Die Interviews wurden, mit Einverständnis der Probanden, digital aufgezeichnet und anschließend transkribiert. Die gesamte Interviewzeit pro Proband beträgt im Mittel 90 Minuten.

Die strukturierten Interviewleitfäden liegen dem Anhang B.2.2 bei. Der „Interviewleitfaden – Entscheidungssituation ...einsetzen ... mit Zusatzaufgaben“ wurde im Anschluss an die Flugszenarien K 13 und K 24 für jede Entscheidungssituation einzeln eingesetzt. Für den Anhang wurde die jeweilige Bezeich-

nung der Entscheidungssituation durch den Verweis „... Entscheidungssituation ...“ ersetzt, um allgemeine Gültigkeit für alle Entscheidungssituationen zu erzielen. Der „Interviewleitfaden – Flugszenario Klagenfurt 0 mit Zusatzaufgaben“ kam nach dem Flugszenario ohne Entscheidungssituation zum Einsatz und unterscheidet sich von dem bereits genannten Leitfaden nur darin, dass die spezifischen Fragen zur Entscheidungssituation nicht enthalten sind. In Tabelle 20 (Kapitel 2.1.2 Abhängige Variablen) sind die mit dem Interview erfassten Bereiche und eine Fragenzuordnung angeführt. Im Anschluss an das letzte Interview der Simulationsstudie wurde ein kurzes Interview mittels „Interviewleitfaden – Allgemeine Fragen“ geführt. Eine Übersicht zum Ablauf der Studie und Einsatz der angewandten Verfahren findet sich in Tabelle 34 (Ablauf der Hauptstudie).

2.5.7 Psychophysiologische Messung

Bezug nehmend auf die Psychophysiologie stehen physiologische Prozesse und psychische Vorgänge in enger Wechselbeziehung (Schandry, 1998). Die für die Studie erhobene Herzfrequenz oder Herzrate gilt als empfindlicher Indikator für mentale Beanspruchung und deren Veränderung, hervorgerufen durch psychische Anforderungen (z.B. Backs, 2001; Boucsein & Backs, 2000; Stemmler, 2001). Höhere Herzfrequenz wird mit zunehmender Anforderung an psychische Prozesse, die die mentale Beanspruchung steigern, assoziiert. Im Bereich der Luftfahrt stellt die Herzrate das am häufigsten verwendete psychophysiologische Maß dar, um die Effekte des Fliegens auf Beanspruchung in Feld- und Laborstudien zu erheben (Bonner & Wilson, 2002; Roscoe, 1992, 1993). Die in Tabelle 49 angegebenen Studien belegen, dass Piloten während stark beanspruchender Flugabschnitte (Start, Landeanflug, Landung) Herzratenanstiege aufweisen gegenüber gering beanspruchenden (Reiseflug), sowohl im Simulator als auch im realen Flug. In den meisten dieser Studien wurde für den verantwortlichen Piloten (*Pilot in Command, PIC*) bzw. Kapitän in allen Flugphasen eine höhere Herzrate beobachtet als für den Copilot (z.B. Bonner & Wilson, 2002; Hart & Hauser, 1987). Nicht nur hinsichtlich der unterschiedlich beanspruchenden Flugabschnitte, sondern auch in Bezug auf variierende Aufgabenschwierigkeiten wird die Herzrate als empfindlicher Indikator der mentalen Beanspruchung beschrieben (Tabelle 49). Allerdings gibt es dazu widersprüchliche Studien (z.B. Hankins & Wilson, 1998; Veltman, 2002; Wilson, Purvis, Skelly, Fullenkamp & Davis, 1987), in denen keine signifikante Veränderung der Herzrate auf unterschiedliche Aufgabenschwierigkeiten beobachtet werden konnte, wobei diese Ergebnisse vermehrt in Laborstudien auftraten. Der Herzfrequenz wird von einigen Autoren (z.B. Backs, 2001; Gaillard & Kramer, 2000; Hankins & Wilson, 1998) geringe

Diagnostizität sowie Defizite in der Differenzierung zwischen Beanspruchungsfaktoren, zugeschrieben.

Tabelle 49: Studien zur Herzrate als Indikator der mentalen Beanspruchung bei Piloten

Herzrate als empfindlicher Indikator der mentalen Beanspruchung		
Flugabschnitt	Laborstudie	Backs, Lenneman & Sicard, 1999; Bonner & Wilson, 2002; Hasbrook & Rasmussen, 1970; Lee & Liu, 2003; Metalis, 1991
	Feldstudie	Hankins & Wilson, 1998; Hart & Hauser, 1987; Wilson, 2002a, 2002b, 2003
Aufgabenschwierigkeit	Laborstudie	Backs, Lenneman & Sicard, 1999; Jorna, 1993; Metalis, 1991; Roscoe, 1992 (Übersicht); Svensson, Angelborg-Thanderz, Sjöberg & Olsson, 1997; Veltman & Gailard, 1996, 1998
	Feldstudie	Dahlstrom, Nahlinder, Wilson & Svensson, 2011

Die Herzrate wurde mit einem portablen digitalen Holter EKG-Rekorder aufgezeichnet. Zur Anwendung kam eine Brustwandableitung mit fünf (Einweg-)Elektroden, mit der drei Ableitungen bzw. EKG-Kanäle aufgenommen werden können. Die Aufzeichnung der kardiovaskulären Aktivität erfolgte mit einer Abtastfrequenz von 4096 Hz (4096 Samples/sec.) bei einer Abtastauflösung von 16 Bit, was nicht nur eine hohe Auflösung darstellt, sondern auch eine Reduktion von störendem Rauschen zur Folge hat. Außerdem war es möglich, mit dem verwendeten Holter EKG-Rekorder zu vordefinierten Zeitpunkten Markierungen zu setzen. Um Artefakte, vor allem Bewegungsartefakte, zu minimieren, kamen folgende Maßnahmen zum Einsatz: Brustwandableitung (kaum Einfluss von Bewegungen der Extremitäten), wobei beim Anlegen der Elektroden darauf geachtet wurde, dass an den Kabeln kein Zug entstand und diese nicht überkreuzt oder verwickelt waren, Entfettung der Haut mit Desinfektionslösung und gegebenenfalls Entfernung starker Brustbehaarung für geringe Elektrodenübergangswiderstände und die Instruktion an die Probanden, möglichst bequem zu sitzen und etwaigen Zug an den Elektroden sofort zu berichten. Zusätzlich zum EKG zeichnet der Holter Rekorder auch ein Signal auf, das den Rauschanteil quantifiziert. Somit war es möglich, stark von Rauschen überlagerte Signalabschnitte sofort zu erkennen und von der Datenauswertung gegebenenfalls auszuschließen.

2.5.8 Performanceerfassung

2.5.8.1 Entscheidungen

Um die Entscheidungen der Probanden für alle vier Situationen schnell und standardisiert erfassen zu können, wurde ein Erhebungsblatt zusammengestellt. Dieses beinhaltet für jede Entscheidungssituation mögliche Entscheidungsalternativen, wobei die jeweilige Entscheidung des Probanden markiert werden kann. In Tabelle 50 sind die Entscheidungsalternativen je Situation aufgeführt, wie sie auch im Erhebungsblatt enthalten sind.

Tabelle 50: Entscheidungssituationen mit entsprechenden Entscheidungsalternativen

Entscheidungssituation	Entscheidungsalternativen	
Seitenwind (K 1)	Korrektur Richtung	
	Korrektur Größe	
	Keine Korrektur	
ATC-Aufforderung: Sinkflug auf 7000 ft (unter MHA) (K 2)	ATC-Anweisung folgen	
	Rückfrage nach Korrektheit der Anweisung	
Rückenwind (K 3)	Rückenwindlandung	
	<i>Circle-to-land Procedure</i>	
	<i>Missed Approach Procedure</i>	
Blockierte Landebahn (K 4)	Ausweichflughafen	Laibach
		Graz
		Marburg
		Triest Ronchi
		Salzburg
		Linz
		Wien
		Innsbruck
	Holding	

2.5.8.2 Reaktionszeiten für Entscheidungen

Die Zeit ab dem Hinweis zur Entscheidungssituation bis zur tatsächlich ersichtlichen Reaktion darauf wird als Reaktionszeit für Entscheidungen definiert. Die Erfassung erfolgte zu den genannten Zeitpunkten über die Markierungssetzung in der EKG-Aufzeichnung.

2.5.8.3 Zusatzaufgaben

Entsprechend der experimentellen Bedingung der Zusatzaufgabe wurde der Proband vom Fluglotsen zu den jeweiligen Aufgaben verbal aufgefordert. Die Anweisungen und Antworten gingen also in den simulierten Boden-Bord-Funkverkehr ein. Um zu erkennen, ob eine Aufgabe (jedes überflogene NDB berichten, QDM und Distanz zum jeweiligen Drehfunkfeuer angeben) richtig beantwortet wurde, bedarf es fliegerischer Kenntnisse, und die Simulation musste mitverfolgt werden. Daher wurde die Erfassung, ob die Zusatzaufgaben korrekt oder fehlerhaft erfüllt bzw. nach Aufforderung korrekt, fehlerhaft oder gar nicht erfüllt wurden, vom Fluglotsen anhand eines vorgefertigten Erhebungsblattes übernommen, in dem die einzelnen Aufgaben für jedes Szenario (eine Übersicht über die einzelnen Aufgaben je Flugszenario findet sich zusätzlich in Tabelle 16) aufgeschlüsselt dargestellt waren.

2.6 Datenaufbereitung

Abhängig von der Art der Datenerhebung – Fragebogen, Interview, psychophysiologische Messung, Beobachtung – wurden verschiedene Verfahren angewandt. Generell wurden fehlende Werte nur in Bezug auf die eingesetzten Fragebögen zum aktuellen psychischen Zustand ersetzt. Wobei ein fehlender Wert für ein Item zum somatischen Befinden (BSKE), das gleichzeitig den Subtest darstellt, durch den Mittelwert der Stichprobe ersetzt wurde. Für alle anderen Erhebungsmethoden wurde auf das Ersetzen fehlender Werte verzichtet.

2.6.1 Fragebögen

Daten aller eingesetzten Papier-Bleistift-Fragebögen zur Stichprobenbeschreibung (Biographischer Erhebungsbogen, Fragebogen zum Ausgangszustand, EBF-24A/3, NEO-FFI, SSS-V) sowie zur Erhebung des aktuellen psychischen Zustands (BSKE) wurden entweder in einen Texteditor eingetragen und anschließend in SPSS 16 (Update erfolgte auf SPSS 20) importiert oder direkt in das SPSS-16-Datenblatt eingetragen. NASA-TLX wurde als computerisierte Version (NASA-TLX-Skala, Forschungsgesellschaft für Angewandte Naturwissenschaften) von den Probanden bearbeitet, wobei die Daten in einen Texteditor geladen und anschließend in SPSS 16 importiert wurden. Daten zum aktuellen psychischen Zustand, zum Zustand der aktuellen Beanspruchung und Erholung sowie zu Persönlichkeitsmerkmalen wurden entsprechend der Testmanuale für die weitere statistische Analyse zu Subtests zusammengefasst.

2.6.2 Interview

Die digital aufgezeichneten Interviews wurden anhand folgender festgelegter Regeln transkribiert:

- Verschriftung in Standardorthographie
- Transkription aller verbaler Äußerungen; keine Transkription nichtverbaler Äußerungen
- Kennzeichnung unverständlicher Worte mit, in einer Klammer versehenen, Zeitangabe, z.B. (3:24) um die betreffende Stelle rasch wieder aufzufinden
- Nachfragen, die nicht im Interviewleitfaden aufscheinen, werden in der Schriftauszeichnungsart *kursiv* in einer eigenen Zeile transkribiert

Zur Beantwortung der Fragen wurde zur Interviewauswertung die Methode der qualitativen Inhaltsanalyse, wie von Mayring (2010) beschrieben, herangezogen. Gläser und Laudel (2010) bezeichnen die qualitative Inhaltsanalyse als speziell geeignet für Untersuchungen, bei denen der Text selbst nicht das Untersuchungsobjekt darstellt, da inhaltliche Informationen, die für die Beantwortung der Frage relevant sind, dem Text entnommen (=Extraktion) und entsprechend dem Untersuchungsziel strukturiert weiterverarbeitet werden. Die Extraktion erfordert Interpretation, um die relevante Information zu eruieren. Mayring (2010) beschreibt drei „Techniken qualitativer Inhaltsanalysen als grundsätzliche Vorgehensweisen systematischen, d.h. theoriegeleiteten und regelgeleiteten Textverstehens und Textinterpretierens“ (S. 63): Zusammenfassung, Explikation und Strukturierung. Für die Interviewauswertung wurde die Technik der Zusammenfassung gewählt, d.h. Reduktion des Materials auf wesentliche Inhalte durch Abstraktion in Form der induktiven Kategorienbildung. Bei der induktiven Kategorienbildung werden die Interview- oder Auswertekategorien direkt aus dem vorhandenen Material in einem Verallgemeinerungsprozess abgeleitet. Da keine vorab formulierten Theoriekonzepte berücksichtigt werden, strebt diese Technik „nach einer möglichst naturalistischen, gegenstandsnahen Abbildung des Materials ohne Verzerrungen durch Vorannahmen des Forschers, eine Erfassung des Gegenstands in der Sprache des Materials“ (Mayring, 2010, S. 84). Unter Bezugnahme auf die von Mayring (2010) beschriebene Vorgehensweise zur induktiven Kategorienbildung werden die einzelnen Schritte der Interviewauswertung im Folgenden dargestellt:

Schritt 1: Definition des Ziels der Analyse und des Abstraktionsniveaus (gültig für alle offenen Interviewfragen): Extraktion der für die Kategorien (abhängige Variablen) des Interviews relevanten Aussagen und

Erstellung allgemeiner Kategorien und zugehöriger Häufigkeiten zur weiteren quantitativen Analyse, d.h. hohes Abstraktionsniveau, wobei die Anzahl der Abstraktionsschritte von der Komplexität des Materials abhängt; auch Subkategorien sollen im Kategoriensystem berücksichtigt werden.

- Schritt 2: Materialdurcharbeitung: Lesen der Transkripte bzw. der jeweiligen Interviewfrage und Extraktion der relevanten Aussagen
- Schritt 3: Erste Kategorienbildung für jede offene Interviewfrage durch inhaltliche Zusammenfassung der extrahierten Aussagen
- Schritt 4: Subsumption bzw. neue Kategorienbildung durch Abstraktion. Dieser Schritt wurde abhängig von der Komplexität des Materials wiederholt (2 bis 4 Durchgänge). Nach der zweiten Abstraktion der Kategorien je Interviewfrage wurden die unabhängig voneinander ausgewerteten, für jede Bedingung wiederholten Fragen in jeweils ein gemeinsames Kategoriensystem übertragen und anschließend gemeinsam weiter abstrahiert.
- Schritt 5: Ergebnis: Kategorien und Subkategorien mit zugehörigen Häufigkeiten für die über das Interview definierten Variablen. Interviewergebnisse auf operationeller Ebene werden auf psychischer Prozessebene dargestellt; Ankerbeispiele zu den jeweiligen Kategorien finden sich in Tabelle B-4 (Anhang)

Für die weitere statistische Analyse wurden die quantitativen Daten des Interviews in SPSS 16 (Update 20) importiert. Für das Interview sind Datenverluste zu verzeichnen: Für einen Probanden wurden die Interviews zu Entscheidungssituation Seiten- und Rückenwind sowie für einen anderen Probanden die allgemeine Bewertung der Entscheidungssituation blockierte Landebahn nicht korrekt aufgezeichnet.

2.6.3 Psychophysiologische Messung

Die aufgezeichneten Daten zur Herzrate wurden mit Hilfe der Medilog® DARWIN Software ausgelesen und aufbereitet. Es erfolgte eine Artefaktbestimmung, die ergab, dass die benötigten Daten in guter Qualität vorliegen. Die gesetzten Markierungen wurden benannt, die relevanten Messstrecken selektiert und die Herzrate in bpm für 10-Sekunden-Intervalle berechnet. Diese Daten wurden in SPSS 16 (Update 20) für die weitere statistische Analyse importiert.

2.6.4 Performanceerfassung

Die Erfassung der Reaktionszeiten der Probanden für jede Entscheidungssituation erfolgte über eine Markierungssetzung in der EKG-Aufzeichnung (Hinweis zur Entscheidungssituation – ersichtliche Reaktion). Mit Hilfe der Medilog® DARWIN Software wurden die entsprechenden Messstrecken ermittelt, benannt und die Reaktionszeit in sek. (Reaktionszeit=Zeitpunkt Reaktion auf Entscheidungssituation – Zeitpunkt Hinweis Entscheidungssituation) für jede Entscheidungssituation für jeden Probanden berechnet. Darüber hinaus wurden auch die jeweiligen Herzrattendaten in 10-Sekunden-Intervallen für die Messstrecken der Reaktionszeiten ermittelt und mit den Reaktionszeiten in SPSS 16 (20) importiert. Die mittels Erhebungsblatt erfassten tatsächlichen Entscheidungen der Probanden für jede Entscheidungssituation wurden in ein SPSS-16(20)-Datenblatt für die weitere statistische Analyse eingetragen.

2.7 Hypothesen und statistische Analyse

Den Forschungszielen dieser Studie entsprechend ist zu untersuchen, ob sich Entscheidungssituationen, die in Anlehnung an die Klassifizierung von Entscheidungssituationen nach dem jeweiligen kognitiven Aufwand (Svenson, 1990; Rasmussen, 1983) entwickelt wurden, hinsichtlich mentaler Beanspruchung sowie Parametern der Entscheidungsfindung unter beanspruchenden Flugbedingungen unterscheiden. Auch mögliche Unterschiede zwischen Flugszenarien mit und ohne Entscheidungssituation auf den aktuellen psychischen Zustand sind zu ermitteln. Ebenso sollen der Einfluss einer flugspezifischen Zusatzaufgabe auf den aktuellen psychischen Zustand sowie Performanceparameter der Entscheidung in Abhängigkeit von der Entscheidungssituation und dem Flugszenario erhoben werden.

Die vorliegende Studie umfasst eine relativ große Anzahl abhängiger Variablen, die in einer großen Anzahl von Hypothesen, die getestet werden, resultieren. Dadurch besteht das Risiko, dass aufgrund der α -Fehler-Inflation (α -Fehler oder Fehler 1. Art steigt mit der Anzahl an Hypothesentests an) die richtige Nullhypothese zugunsten der Alternativhypothese abgelehnt wird (z.B. Bortz & Schuster, 2010; Bühner & Ziegler, 2009; Warner, 2013). Eine Möglichkeit, dem Problem der α -Fehler-Inflation entgegenzuwirken, ist, die α -Fehlerwahrscheinlichkeit zu adjustieren, z.B. mit Hilfe der Bonferroni-Korrektur. Dadurch wird der Wert des α -Fehlers herabgesenkt, aber es steigt die Wahrscheinlichkeit, dass eine falsche Nullhypothese beibehalten wird, d.h., der β -Fehler oder Fehler 2. Art steigt. Eine andere Möglichkeit, mit dem Problem der α -Fehler-Inflation umzugehen, wird von Abt (1987) vorgeschlagen. Abt (1987) sieht zwischen den Po-

tientialen explorativer (neue Hypothesen entwickeln, die in neuer Studie getestet werden) und konfirmatorischer Datenanalyse (endgültige Schlüsse aus Ergebnissen ziehen, aber Problem der adjustierten Signifikanzniveaus) eine Lücke, in die das Konzept der deskriptiven Datenanalyse eingeordnet werden kann. Das Konzept beruht hauptsächlich darauf, dass Hypothesen anhand bestehender Annahmen formuliert und deskriptive Inferenzaussagen zur Ergebnisinterpretation angewandt werden. Deskriptive Signifikanzen können nicht für inferenzstatistische Schlüsse im Sinne des Beibehaltens oder des Verwerfens einer Nullhypothese herangezogen werden und bedürfen daher auch keiner Adjustierung des α -Niveaus. Aufgrund seiner Stärken wurde Abts (1987) Ansatz der deskriptiven Datenanalyse für diese Forschungsarbeit gewählt.

2.7.1 Hypothesen

Aufgrund der relativ großen Zahl an abhängigen Variablen werden diese in Kategorien zusammengefasst. Aus Gründen der Übersichtlichkeit enthalten die Hypothesen diese Kategorien, wenn alle mit einer Kategorie umfassten abhängigen Variablen in die Hypothese miteingehen. Es werden zwei Hauptkategorien der abhängigen Variablen unterschieden: Entscheidungsfindung und aktueller psychischer Zustand. Aktueller psychischer Zustand kann weiter unterteilt werden in objektive und subjektiv wahrgenommene mentale Beanspruchung sowie subjektive Befindlichkeit. Entscheidungsfindung setzt sich zusammen aus erhobenen Performanceparametern der Entscheidung (Reaktionszeit, Entscheidung) und Variablen zu Entscheidungsfindung und beeinflussenden Faktoren, die über das Interview erfasst wurden und weiter in die Bereiche SA, Aufmerksamkeit, Entscheidungsprozess, Evaluierung der Entscheidung, Einflussfaktoren und Allgemeines zu den Entscheidungssituationen eingeteilt werden können.

Generell werden alle Forschungshypothesen ungerichtet formuliert und es wird auf das Ausschreiben der statistischen Nullhypothese verzichtet, da diese durch die Forschungshypothese ableitbar ist und aufgrund der Anwendung des Konzepts der deskriptiven Datenanalyse keine inferenzstatistischen Schlüsse gezogen werden. Die folgenden Forschungshypothesen fassen die erwarteten Effekte von Entscheidungssituation, Flugszenario und flugspezifischer Zusatzaufgabe auf die abhängigen Variablen zu aktuellem psychischen Zustand sowie Entscheidungsfindung zusammen.

2.7.1.1 Effekte der Entscheidungssituationen

Hypothese 1a: Die aktuelle objektive und subjektiv wahrgenommene mentale Beanspruchung unter beanspruchenden Flugbedingungen unterscheidet sich je nach Entscheidungssituation (angelehnt an die Klassifizierung nach kognitivem Aufwand) und Ausführung einer flugspezifischen Zusatzaufgabe.

Hypothese 1b: Die objektiven Performanceparameter der Entscheidung unter beanspruchenden Flugbedingungen unterscheiden sich je nach Entscheidungssituation (angelehnt an die Klassifizierung nach kognitivem Aufwand).

Hypothese 1c: Die subjektive Bewertung und Wahrnehmung von Parametern der Entscheidungsfindung und beeinflussenden Faktoren unterscheidet sich je nach Entscheidungssituation (angelehnt an die Klassifizierung nach kognitivem Aufwand).

Hypothese 1d: Die subjektive Bewertung und Wahrnehmung von ausgewählten Parametern der Situation und beeinflussenden Faktoren unterscheidet sich je nach Flugverlauf mit oder ohne Entscheidungssituationen.

2.7.1.2 Effekte der Flugverläufe und Einfluss einer flugspezifischen Zusatzaufgabe

Hypothese 2: Der aktuelle subjektiv wahrgenommene psychische Zustand unter beanspruchenden Flugbedingungen unterscheidet sich je nach Flug-szenario mit vs. ohne Entscheidungssituationen und Ausführung einer flugspezifischen Zusatzaufgabe.

2.7.2 Statistische Analyse

Nach der Aufbereitung der Rohdaten erfolgte die statistische Datenanalyse. Signifikante p-Werte werden als signifikant ($p < .05^*$), sehr signifikant ($p < .01^{**}$), höchst signifikant ($p \leq .001^{***}$) oder tendenziell signifikant ($p < .10^{(*)}$) markiert. Für varianzanalytische Berechnungen wird zudem als Effektmaß eta-Quadrat angegeben, da es im Gegensatz zum Effektmaß partielles eta-Quadrat die aufgeklärte Varianz weniger überschätzt (Bortz & Schuster, 2010; Rasch, Frieese, Hofmann & Naumann, 2006). Cohen (1988) gibt eine Faustregel zur Interpretation von eta-Quadrat an:

- kleiner Effekt: $\eta^2=.01$ (1% erklärte Varianz)
- mittlerer Effekt: $\eta^2=.06$ (6% erklärte Varianz)
- großer Effekt: $\eta^2=.14$ (14% erklärte Varianz)

2.7.2.1 Aktueller psychischer Zustand

Unterschiede der subjektiv wahrgenommenen Befindlichkeit und mentalen Beanspruchung in Bezug auf Flugszenarien je nach flugspezifischer Zusatzaufgabe wurden mittels zweifaktorieller univariater Varianzanalysen (ANOVA) mit Messwiederholung berechnet. Zur Überprüfung der Normalverteilung wurde der Kolmogorov-Smirnov-Test herangezogen; nur hinsichtlich der Befindlichkeit wurden wenige Verstöße der Annahme der Normalverteilung ermittelt, die für die weitere Berechnung vernachlässigt wurden. Für die Between-subject-Variable Zusatzaufgabe erfolgte die Überprüfung der Varianzhomogenität über den Levene-Test, für die Within-subject-Variable Flugszenario wurde die Annahme der Sphärizität (Annahme, dass die Varianzen der Unterschiede zwischen allen möglichen Paaren von Gruppen, d.h. Stufen der unabhängigen Variablen, gleich sind) mit Mauchly's Test überprüft. Da die Bedingungen der Sphärizität hinsichtlich einiger Subtests der Befindlichkeit und mentalen Beanspruchung nicht erreicht wurden (=F-ratios kann nicht vertraut werden, sind überhöht), und in kleinen Stichproben große Abweichungen von der Sphärizität als nicht signifikant befunden werden können (Field, 2013), wurden entsprechende korrigierte Freiheitsgrade nach Huynh-Feldt für alle Ergebnisse übernommen, was allerdings F-ratio konservativer macht. Bei signifikanten Haupteffekten wurden Post-hoc-Tests herangezogen; diese zusätzlichen Berechnungen sollten auf konservativem Niveau erfolgen und wurden Bonferroni-korrigiert.

Hinsichtlich der Unterschiede der mentale Beanspruchung je nach Entscheidungssituation (Within-subject) und der flugspezifischen Zusatzaufgabe (Between-subject) wurde subjektiv wahrgenommene Beanspruchung über eine zweifaktorielle univariate ANOVA mit Messwiederholung berechnet. Da die Herzrate zur Ermittlung der objektiven Beanspruchung kontinuierlich erhoben wurde, ist der Faktor Zeitverlauf ($k=15 \times 10$ -Sekunden-Intervalle) miteingegangen, was in einer dreifaktoriellen univariaten ANOVA mit Messwiederholung resultierte. Der Umgang mit den Voraussetzungen erfolgte, wie bereits unter Auswertung der Flugszenarien beschrieben. Hinsichtlich signifikanter Haupteffekte erfolgten zusätzliche Post-hoc-Tests auf konservativem Niveau, indem für die unabhängige Variable Entscheidungssituation Bonferroni-korrigierte und für die unabhängige Variable Zeitverlauf Sidak-korrigierte (aufgrund der vielen Messzeitpunkte

wurde hier eine weniger konservative Korrektur angewandt) Post-hoc-Tests berechnet wurden.

2.7.2.2 Entscheidungsfindung

Performanceparameter der Entscheidung

Unterschiede der Reaktionszeit (in sek.) auf die Entscheidungssituationen (Within-subject) wurden aufgrund der Verletzung der Normalverteilung für Entscheidungssituationen Seiten-, Rückenwind und blockierte Landebahn mit dem nicht-parametrischen Friedman-Test überprüft. Durch paarweises Testen mit dem Wilcoxon-Test sollte herausgefunden werden, welche Entscheidungssituationen sich voneinander unterscheiden.

Entscheidungen für die jeweilige Option in jeder Entscheidungssituation wurden in Häufigkeitstabellen dargestellt, erwartete Häufigkeiten (f_e) sowie Residuen und standardisierte Residuen wurden berechnet. Unterschiede in den erwarteten und beobachteten Häufigkeiten für die Optionen der Entscheidungssituation wurden mit Chi-Quadrat-Einzeltests ermittelt.

Entscheidungsfindung und beeinflussende Faktoren

Über das Interview wurden abhängige Variablen auf metrischem und nominalskaliertem Datenniveau erhoben. Aufgrund von Verletzungen der Normalverteilung wurden Unterschiede der Entscheidungssituationen für Variablen auf metrischem Datenniveau mit dem nicht-parametrischen Friedman-Test überprüft. Auf paarweises Testen, um bei signifikantem Friedman-Test festzustellen, welche Entscheidungssituationen sich voneinander unterscheiden, wurde verzichtet und die Unterschiede wurden deskriptiv interpretiert.

Unterschiede, basierend auf den Entscheidungssituationen, für abhängige Variablen mit nominalskaliertem Datenniveau wurden entweder anhand der ermittelten Kategorien und Häufigkeiten deskriptiv interpretiert oder es wurde eine Signifikanzaussage getroffen. Die Art der weiteren statistischen Datenanalyse war abhängig davon, ob eine Beschreibung der Unterschiede der Kategorien als relevanter und aussagekräftiger bewertet wurde oder ob eine Signifikanzaussage relevanter erschien, wobei die Anwendung eines statistischen Verfahrens für nominale Daten bei gegebener Stichprobengröße allgemein auf dichotome Variablen beschränkt werden sollte. Für die statistische Analyse der Unterschiede zwischen den Entscheidungssituationen wurde Cochrans Q herangezogen. Sofern Unterschiede zwischen einzelnen Entscheidungssituationen als be-

sonders interessant bewertet wurden, wurde mit dem Chi-Quadrat-Test nach McNemar ein paarweiser Vergleich für die betreffenden Entscheidungssituationen durchgeführt, um Signifikanzaussagen treffen zu können. Sofern Unterschiede zwischen den Kategorien einer Entscheidungssituation einer Signifikanzaussage bedurften, wurde auf den Chi-Quadrat-Einzeltest zurückgegriffen.

2.7.2.3 Moderatorvariablen

Trait- und State-Variablen, die möglicherweise Einfluss auf die abhängigen Variablen haben können, wurden erhoben. Besonders interessierte dabei der Unterschied dieser Variablen zur Between-subject-Variable Zusatzaufgabe. Daten zu Persönlichkeitsmerkmalen sowie zum Zustand der aktuellen Beanspruchung und Erholung wurden auf Normalverteilung (Kolmogorov-Smirnov-Test) und Homogenität der Varianzen (Levene-Test) überprüft. Hinsichtlich des Bereichs Erholung konnte keine Varianzhomogenität ($p=.026$) ermittelt werden, weshalb für diesen Bereich korrigierte Freiheitsgrade für den T-Test bei unabhängigen Stichproben (mit vs. ohne Zusatzaufgabe) herangezogen wurden.

Soziodemographische Daten und Daten zur Flugerfahrung auf metrischem Skalenniveau (Alter, absolvierte Flugstunden gesamt, VFR-Stunden, IFR-Stunden, Simulatorstunden) konnten teilweise das Kriterium der Normalverteilung (Kolmogorov-Smirnov-Test) nicht erfüllen und der Unterschied zwischen den Stichproben mit vs. ohne Zusatzaufgabe wurde somit über den verteilungsfreien U-Test nach Mann und Whitney erfasst. Der exakte Test nach Fisher wurde angewandt, um Daten auf nominalen Skalenniveau (berufliche fliegerische Aktivität, Hauptbetätigungsfeld, Fluglizenz, Instructor-Berechtigung) in Bezug auf Unterschiede zwischen den Faktorstufen der Between-subject-Variable Zusatzaufgabe zu prüfen.

Möglicher Einfluss auf die abhängigen Variablen wurde für die Erfahrung mit dem Flugszenario (Klagenfurt NDB-Approach) und für die Erinnerungsfähigkeit der Flugabschnitte vermutet. Diese abhängigen nominalskalierten Variablen wurden deskriptiv bewertet, auf eine Signifikanzaussage wurde verzichtet.

2.7.2.4 Manipulation Check Zusatzaufgabe

Der subjektiv wahrgenommene Aufwand durch die Zusatzaufgabe wurde auf nominalem und metrischem Datenniveau erfasst. Aufgrund der teilweisen Verletzung der Normalverteilung wurden metrisch skalierte Daten mittels nichtparametrischem Friedman-Test überprüft. Die nominalen Daten zur Bewertung der Zusatzaufgabe wurden deskriptiv ausgewertet, auf eine Signifikanzaussage wurde verzichtet.

Entscheidungsverhalten und mentale Beanspruchung
von Piloten

Flugsimulation anhand von Landeanflugszenarien

Sporer-Fellner, S.

2017, XXVIII, 320 S. 34 Abb., Softcover

ISBN: 978-3-658-18054-6