

Einsatz- und Anwendungsmöglichkeiten des 3DW und des EST bei der Selektion und Leistungsüberprüfung von Fluglotsen und Linienpiloten

Diplomarbeit

aus dem Hauptfach Psychologie
zur Erlangung des Magistergrades der Naturwissenschaften

an der
Grund- und Integrativwissenschaftlichen Fakultät der
Universität Wien

eingereicht von

Michael Gruber

Wien, im Oktober 2008

Inhaltsverzeichnis

Vorwort

1 Einleitung

2 Theoretischer Teil

2.1 Der Begriff Raumvorstellung

2.2 Die geschichtliche Entwicklung der Raumvorstellungsforschung

2.3 Testverfahren zur Erhebung des Raumvorstellungsvermögens

2.3.1. Allgemeine Einteilung

2.3.2. Der Dreidimensionale Würfeltest – 3DW

2.3.3. Der Adaptive Dreidimensionale Würfeltest

2.3.4. Der Endlosschleifentest – EST

2.3.5. Vergleich des 3DW und des EST

2.4 Der Faktor Zeit

2.4.1 Zeit als Messgröße in psychologischen Testungen

2.4.2 Zeit als Faktor bei der Arbeit

2.4.3 Der Zahlen-Verbindungs-Test (ZVT)

2.5 Der Pilot und die Anforderung an das Raumvorstellungsvermögen während der Ausübung des Berufes

2.5.1 Voraussetzung für die Ausübung des Pilotenberufes

2.5.2 Die Lagebestimmung im Raum während des Fluges

2.5.3 Räumliches Sehen

2.5.4 Räumliche Desorientierung

2.5.5 Orientierungsfehler

2.6 Aufgabenstellung der Fluglotsen bei Ausübung ihres Berufes

2.6.1. Ausbildung der Fluglotsen

2.6.2 Kollisionen im Luftverkehr

2.7 Die Selektion der Ausbildungskandidaten dieser Berufsgruppen

2.7.1 Selektion als Sicherheitsfaktor

2.7.2 Psychologische Eignungsauswahl als ökonomischer Faktor

2.7.3 Pilotenselektion

2.7.3.1 Geschichtliche Entwicklung

2.7.3.2 Vorschriften und Empfehlungen der Behörden

2.7.3.3 Auswahl bei lizenzierten Flugzeugführern

2.7.4 Selektion der Fluglotsen

2.7.4.1 G-Faktor oder spezifische Eigenschaften

2.7.4.2 Selektion der Fluglotsen in Europa

2.7.4.3 First European Air Traffic Controller Selection Test (FEAST)

2.7.4.4 Die Selektion der Fluglotsen in Deutschland

2.7.4.5 Fluglotsenauswahl in den USA

2.7.4.6 Fluglotsenauswahl in Österreich

3 Empirischer Teil

3.1 Fragestellung und Ziele dieser Untersuchung

3.2 Durchführung

3.3 Testablauf

3.4 Stichprobe

3.5 Auswertung der Testergebnisse

3.5.1 Fluglotsenselektion

3.5.1.1 Prädiktive Validität der eingesetzten Tests für den Kurserfolg
während des praktischen Ausbildungsabschnittes

3.5.1.2 Prädiktive Validität der eingesetzten Tests für den Kurserfolg
während des Ausbildungsabschnittes „ATC 5“

3.5.1.3 Prädiktive Validität der eingesetzten Tests für den Kurserfolg
während des Ausbildungsabschnittes „ATC 6“

3.5.1.4 Gruppenvergleich mittels ZVT

3.5.1.5 Prädiktoren für einen positiven Ausbildungsverlauf

3.5.2 Raumvorstellungsfähigkeit der Linienpiloten

4 Zusammenfassung und Ausblick

5 Literaturverzeichnis

Anhang

Abbildungs- und Tabellenverzeichnis

Abkürzungen

Vorwort

Wenn einem Betreuer, Mentor und Professor Dank gebührt, dann ist dies hier der Fall. Ohne Prof. Dr. Gittler hätte ich diese Diplomarbeit sicherlich nicht geschrieben. Ich hatte das Privileg, mit der Diplomarbeit meine persönliche Neugierde befriedigen zu dürfen, indem ich mich im Rahmen dieser Arbeit mit dem beschäftigen durfte, was mich seit der Jugend am meisten interessiert: die Fliegerei. Es war aber viel mehr als die reine Vergabe eines Themas. Als ein Student unter Tausenden fand ich die Tür seines Büros offen, wenn ich Probleme mit der Arbeit hatte. Auch wenn sich die Testung über 2 Jahre erstreckte, hörte ich nie den leisesten Vorwurf. Als es mich beruflich ins Ausland zog und die Arbeit wieder ruhte, fühlte ich mich bei der Rückkehr empfangen wie der verlorene Sohn. Ich erwäge sogar, statt der Diplomarbeit meiner zweiten Leidenschaft dem Reisen zu frönen, und dennoch bin ich froh, dass ich die Stunden hinter den Büchern und dem Computer verbracht habe. Prof. Gittler hat mich zu dieser intellektuellen Exploration animiert und durch all diese Jahre begleitet.

Wie bei jeder Reise, war ich auch bei der Diplomarbeit oft auf die Hilfe anderer angewiesen, und sei es nur, um meinen Wissensdurst zu stillen. Dr. Eißfeldt und Mag. Herle haben mir dabei mit Literatur ausgeholfen; Frau Kappacher hat mir Einblick in das Selektionsverfahren der Fluglotsen gewährt.

Tuulia Ortner möchte ich nicht als Reisebekanntschaft titulieren, zu wertvoll war ihre Hilfe in den Jahren, als dass ich in Zukunft darauf verzichten möchte.

Meine Freunde und Kollegen im Cockpit und hinter dem Radarschirm haben mir einige Stunden geschenkt, um die Daten sammeln zu können; dies hat mir erst ermöglicht die Arbeit zu schreiben.

Meine Lebenspartnerin, Jennifer Wieser, musste mich auf einigen Reisen mit Büchern teilen, dafür möchte ich mich entschuldigen, für ihre Geduld in dieser Zeit bedanken.

„Man reist nicht, um anzukommen, sondern um zu reisen.“

Johann Wolfgang von Goethe (1746-1832)

Einleitung

„Pilots and controllers share the skies and the world of aviation. The competition between the job of pilot and that of the ATCO stems from physical contact with speed and the third dimension.“ (EATMP, 2000d, S.55)

Raumvorstellung ist sicherlich eine Fähigkeit, welche in vielen Berufen benötigt wird. Auch im Bereich der Luftfahrt wird Raumvorstellungsvermögen nicht nur von Piloten und Fluglotsen gefordert. Als Beispiel sei hier das Sicherheitspersonal an den Gepäckdurchleuchtungsapparaten erwähnt. Die Amerikanische Zivilluftfahrtbehörde hat zur Selektion für diese Berufsgruppe „spatial memory“- und „visual perception“-Tests vorgeschlagen, nachdem bei Überprüfungen festgestellt wurde, dass 20 % der gefährlichen Güter nicht erkannt wurden. (GAO, 2000) Bei dieser Arbeit möchte ich mich aber auf die erstgenannten Berufsgruppen, Piloten und Fluglotsen beschränken.

Es scheint beinahe selbstverständlich, dass für die Ausübung des Berufes des Flugzeugführers oder des Fluglotsen ein Mindestmaß an räumlichem Vorstellungsvermögen notwendig ist. Bei der Auswahl der Bewerber für diese Berufe wird deshalb größter Wert auf ein gutes Abschneiden bei den räumlichen Vorstellungstests gelegt. (EATMP, 2001d und JAR-FCL 3, 2006) Obwohl diese beiden Berufsgruppen im Alltag eng zusammenarbeiten, haben sie doch grundverschiedene Aufgaben. Bewegt sich der Flugzeugführer selbst im Raum, in dem er seine eigene Lage beurteilt und seine Position bestimmt, betrachtet der Fluglotse das dreidimensionale System als Außenstehender und muss die räumliche Relation vieler verschiedener Flugzeuge zueinander beurteilen und deren Flugwege antizipieren, um mögliche Konflikte zu erkennen.

Die Ausbildung zum Piloten kann privat absolviert werden. In diesem Falle findet vor dem Ausbildungsbeginn nicht zwingend ein Befähigungsnachweis statt. Viele dieser Piloten sind nach abgeleiteter Ausbildung allerdings ebenso erfolgreich als Linienpilot tätig wie ihre, von der Fluglinie selektierten und ausgebildeten Kollegen. Beim privaten Ausbildungsweg stellt die Ausbildung selbst ein Kriterium dar. Ein unterdurchschnittlich entwickeltes räumliches

Vorstellungsvermögen könnte einen Grund für den Ausbildungsabbruch darstellen.

Die Ausbildung zum Flugverkehrsleiter kann privat nicht absolviert werden. In Österreich gibt es die Möglichkeit, sich durch Austro Control, eine österreichische Gesellschaft, verantwortlich für den sicheren Ablauf des Flugverkehrs im österreichischen Luftraum, zum Lotsen ausbilden zu lassen. Es erfolgt dort zuvor sowohl eine firmeninterne als auch eine externe Eignungsabklärung. Dennoch ist eine hohe Ausfallrate während der Ausbildung festzustellen. Eine mögliche Erklärung wäre die falsche Auswahl der Selektionskriterien während der Leistungsabklärungen.

Eine Frage der Diplomarbeit sollte sein, ob eine gesteigerte Raumvorstellungsfähigkeit, wie sie mit den eingesetzten Tests gemessen wird, bedingt durch die tägliche Arbeit mit der dritten Dimension, nachgewiesen werden kann. Für die Testung im Rahmen dieser Arbeit kamen zwei räumliche Vorstellungstests zur Anwendung: der Dreidimensionale Würfeltest (3DW) (Gittler, 1990) und der Endlosschleifentest (EST; Gittler & Arendasy, 2003).

Gemeinsam ist beiden Berufsgruppen, dass die auftretenden Probleme in einem gewissen Zeitrahmen zu lösen sind. Um dieser ganz spezifischen Berufsanforderung gerecht zu werden, wurden beide Tests sowohl ohne Zeitdruck als auch mit der Aufforderung, möglichst richtig aber auch schnell zu arbeiten, vorgegeben.

Um bei den Probanden auch die kognitive Leistungsgeschwindigkeit unbeeinflusst vom räumlichen Vorstellungsvermögen zu messen, wurde zum Abschluss der Zahlen-Verbindungs-Test (ZVT) (Oswald & Roth, 1987) zur Bearbeitung gereicht.

Die größte Herausforderung dieser Studie, die als eine der ganz wenigen Arbeiten die Leistungen im Berufsleben befindlicher Piloten und Fluglotsen erfasst, stellte zweifelsohne die Testung dar. Diese musste als Einzeltestung durchgeführt werden. Die an sich begrenzte Gruppe an geeigneten Testpersonen, wurde weiters eingeschränkt, da nur ein bestimmter Teil für die Testung herangezogen werden konnte. So sollten die Fluglotsen die Ausbildung im neuen Ausbildungszentrum in Wien abgeschlossen haben, um den Ausbildungserfolg der Testpersonen vergleichen zu können.

Anmerkung: Seit einigen Jahren finden sich sowohl in der Berufsgruppe der Piloten als auch unter den Flugverkehrsleitern viele in ihrem Beruf erfolgreiche Frauen. Um das Lesen der Arbeit zu erleichtern, wurde allerdings auf die „geschlechtsgebundene“ Schreibweise, die auch diese Frauen sprachlich explizit berücksichtigen würde, verzichtet. Die Pilotinnen und Fluglotsinnen, welche an der Testung teilgenommen haben, mögen mir verzeihen.

2 Theoretischer Teil

2.1 Der Begriff Raumvorstellung

Da es keine allgemein gültige Definition der Raumvorstellung gibt, finden wir in jeder wissenschaftlichen Arbeit eine andere Begriffsbestimmung. Das Wort scheint zwar jedem verständlich, je mehr man mit diesem Begriff arbeitet, desto schwieriger ist es aber, ihn zu definieren.

Im Laufe der wissenschaftlichen Auseinandersetzung mit dem Faktor Raumvorstellung hat dieser verschiedenste Definitionen erfahren, im anschließenden Teil wird auf die geschichtlichen Entwicklung näher eingegangen. Es gibt keine klare Abgrenzung des Fähigkeitsbereiches, vielmehr entstand eine hierarchische Struktur, hervorgerufen durch einen verschieden hohen Generalisationsgrad dieser Kompetenz.

Daher kann es keine allgemein gültige Definition des Begriffes geben. Ich möchte die bei Wikipedia gefundene Erklärung des Begriffes Raumvorstellung als Einleitung anbieten. Sie erhebt nicht den Anspruch wissenschaftlicher Korrektheit, beschreibt vielmehr wie der Begriff in der Alltagspsychologie verstanden wird:

„Die Raumvorstellung oder das räumliche Vorstellungsvermögen ist die Fähigkeit des Menschen und anderer Lebewesen, sich gedanklich im zwei- und dreidimensionalen Raum zu orientieren, beziehungsweise sich Räume oder Körper entsprechend gedanklich vor Augen zu führen.“ (Wikipedia, <http://de.wikipedia.org/wiki/Raumvorstellung>, 15.07.2007)

In der vorliegenden Arbeit werden, so weit dies möglich ist, die Synonyme für den Begriff Raumvorstellung verwendet, welche in der zitierten Literatur benutzt werden. Ist dort zusätzlich eine Definition zwecks Klarstellung gegeben, so wird auch diese angeführt.

2.2 Die geschichtliche Entwicklung der Raumvorstellungsforschung

Nachdem Charles Spearman die Ergebnisse verschiedener Leistungstest einer Gruppe untersuchte, fand er zwischen den Testergebnissen positive Korrelationen. Daraufhin postulierte er 1923 in seiner „Generalfaktor Theorie“, dass sich ein Großteil der Testergebnisse auf einen allgemeinen Faktor, den „*General Factor of Intelligence*“ oder g-

Faktor, zurückführen ließe. Dabei nahm er an, dass dieser größtenteils durch Erbanlagen determiniert wäre und Intelligenz allen intellektuellen Leistungen zugrunde liegt. Bei der Berechnung einer Ergebnismatrix von Universitätsabsolventen, mit Hilfe der von ihm entwickelten tetradischen Differenz, heute allgemein Faktorenanalyse genannt, schloss er auf weitere Faktoren. Die Faktorenanalyse ist ein datenreduzierendes Verfahren, bei welchem versucht wird, mehrere Variable zu wenigen Faktoren zusammenzufassen. Das Ziel ist das Auffinden unkorrelierter Faktoren, latenter Variabler, welche so optimiert werden, dass sie auf einigen inhaltlich miteinander verbundenen Variablen hochladen. Die Interpretation der Faktoren ist mit einer neuen Hypothese verbunden. Spearman nannte diese aufgabenspezifischen Konstrukte s-Faktoren (*specific factors*). Diese sind voneinander unabhängig und dem g-Faktor hierarchisch untergeordnet. Spearman nannte sie „two factors of intelligence theory“, welche besagt, jede kognitive Leistung „*is a function of two factors – the general ability common to most cognitive performances and an ability specific to a given test.*“ (Zit. nach Cattell, 1968, S. 109)

K. J. Holzinger, ein Schüler Spearmans fand fünf Gruppenfaktoren: „*spatial relations, verbal, perceptual speed, recognition, associative memory*“ (Zit. nach Carroll 1993, S. 54). Damit wurde „spatial relations“ erstmals als spezifischer Fähigkeitsparameter benannt.

Maier macht El Koussy für die Entdeckung und Verbreitung des Faktors Raumvorstellung verantwortlich, welcher unter Anwendung des Bi-Faktor Modells neben dem g-Faktor den k-Faktor identifizierte (Maier, 1994).

Thurstone bediente sich 1938 der Faktorenanalyse, um aus einer Interkorrelationsmatrize sieben (ursprünglich waren es neun) Faktoren zu extrahieren. Einer dieser gefundenen Faktoren wurde von Thurstone als Raumvorstellungsfaktor interpretiert. Dieser erhielt von ihm die Bezeichnung „s-Faktor“ (das s steht für „space“). Dieser wurde in zwei Subfaktoren aufgeteilt, 1950 kam ein weiterer Faktor hinzu.

Den Faktor S1 nannte Thurstone „*spatial relations*“, was mit „räumliche Beziehung“ übersetzt werden kann. Er beschreibt mit dem Faktor die Fähigkeit, ein Objekt aus verschiedenen Positionen wieder zu erkennen, während das Objekt unbewegt bleibt. Die Betrachtung erfolgt außerhalb des zu erkennenden Objektes. Diese Fähigkeit wird bei der Bearbeitung des 3DW von Gittler (1990) benötigt.

Der Faktor S2 ist nach Thurstone die „*visualisation*“ (Veranschaulichung), die bildliche Vorstellung eines Objektes, welches in sich eine Veränderung erfährt. Bestimmendes Unterscheidungsmerkmal ist die Dynamik des Objektes, welches gedanklich verändert wird. Steht die eigene Person in einer räumlichen Beziehung zu anderen Objekten, können diese zum Faktor S3 zugerechnet werden; hierfür findet sich die Bezeichnung „*spatial orientation*“ (räumliche Orientierung). Die Aufgabenstellung kann dabei statisch oder dynamisch sein.

Laut Pawlik sind die „*Apparatetests, in denen die Vp [Versuchsperson] komplexe kompensatorische Reaktionen ähnlich dem Steuern eines Flugzeuges vollbringen muß*“ (Pawlik, 1976, zit. nach Maier, 1994, S. 113), typische Tests dieses Faktors.

Der Schlauchfigurentest von Stumpf und Fay (1983), Vorgänger des EST (siehe Kap. 2.3.4) kann ebenfalls dem Faktor S3 zugeordnet werden (Maier, 1994).

Auch Lohmann (1979, zit. n. Carroll 1993, und Eliot & Smith 1983) kam bei einer Reanalyse der Daten, unter Anwendung von anderen statistischen Verfahren, auf drei Hauptfaktoren. „*Räumliche Relation*“ wird bei jenen Aufgaben erfasst, bei denen eine vorgestellte Rotation von Gegenständen notwendig ist. Dem Faktor „*Räumliche Orientierung*“ können alle Aufgaben zugerechnet werden, bei denen durch einen Perspektivenwechsel neue Verhältnisse bzw. Perspektiven abgebildet werden. Aufgaben, die auf dem Faktor „*Visualisierung*“ hochladen, sind allgemein schwieriger zu lösen und werden ohne Zeitlimit vorgegeben. Laut Lohmann sind sie jenen Aufgaben nicht unähnlich, welche Spearman zur Messung des g-Faktors verwendete. Lohmann weist diesen Faktoren einen verschieden hohen Anteil an der Geschwindigkeits- bzw. der Komplexitätsdimension zu.

Linn und Peterson (1985) kamen bei einer durchgeführten Meta-Analyse ebenfalls auf drei Faktoren raumvorstellungsbezogener Fähigkeiten: „*spatial perception*“ (räumliche Wahrnehmung), „*mental rotation*“ (Vorstellungsfähigkeit von Rotationen) und „*spatial visualiation*“ (Veranschaulichung).

Carroll reanalysierte die bis 1993 gewonnene Datensätze, unter anderem von Thurstone und Guilford, um die Ergebnisse zu bestätigen bzw. neue Faktoren zu finden. Die gefundenen Faktoren nach Carroll (1993) sind „*visualisation, spatial relations, closure speed, flexibility of closure, perceptual speed*“.

Obwohl nicht alle Forschungsbeiträge der faktorenanalytisch orientierten Raumvorstellung angeführt wurden, lässt sich erkennen, dass sich eine Vielzahl an Forschern bereits damit auseinandergesetzt hat, diese aber zum Teil zu sehr unterschiedlichen Ergebnissen gekommen sind. Weder konnte eindeutig geklärt werden, wie viele Faktoren existieren, noch konnte die Abgrenzung eindeutig definiert werden. Dies liegt wohl unter anderem daran, dass verschiedene Aufgabetypen in die Analysen einbezogen wurden. Die Namensgebung der Faktoren erschwert zusätzlich das Verständnis und damit das Arbeiten mit den Theorien.

Nicht unerwähnt sollte bleiben, dass das Datenmaterial selbst einen systematischen Fehler bei der Datenerhebung aufweist. Statt auf eine Zufallsstichprobe wurde bei der Datenerhebung auf Studenten oder Schüler zurückgegriffen. Bei einer homogenen Stichprobe werden allerdings mehrere Faktoren, mit niedrigerer Ladung, aus dem Datensatz gewonnen.

2.3 Testverfahren zur Erhebung des Raumvorstellungsvermögens

2.3.1 Allgemeine Einteilung

Nachdem es keine eindeutige Definition der Raumvorstellung gibt, kann es auch keinen einzelnen Test geben, welcher für sich in Anspruch nehmen kann, allgemeine Gültigkeit bei der Abtestung dieser Fähigkeit zu haben. Es entstand eine Vielzahl von Tests; alle geben vor, die Fähigkeit der Raumvorstellung oder einen Teilbereich dieser zu messen. Die große Anzahl an vorhandenen Tests zeigt sich bei Eliot und Smith (1983), welche Beispiele von 392 spatial tests anführen.

Eliot und Smith (1983) versuchen die vorhandenen Tests zu klassifizieren und teilen sie in zwei Kategorien: die „*recognition division*“ und die „*manipulation division*“. Der ersten Kategorie werden alle Tests zugeordnet, welche ein Erkennen der Vorgabe verlangen. Folgende Aufgabenstellungen fallen nach Eliot und Smith in diese Kategorie: „copying tasks, embedded figures, visual memory tasks, form completion tasks und form rotation tasks“. Bei der Kategorie „*manipulation division*“ ist eine Bearbeitung der Vorlage notwendig, nämlich

bei „*block counting tasks, block rotation tasks, paper folding tasks, surface development tasks und perspective tasks*“.

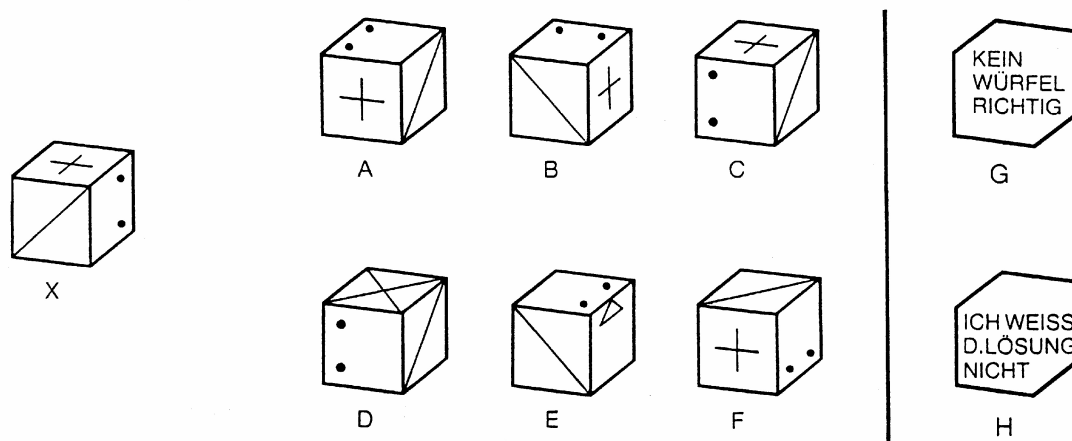
Eine weitere Einteilung kann durch die Testvorgabe erfolgen. Die Aufgabe kann durch reale Aufgaben vorgegeben werden. Wechsler nahm 1939 in seiner Testbatterie „*Wechsler Bellevue Intelligence Scale*“ (WBIS) mehrere Untertests mit praktischen Aufgaben auf. In diese Kategorie praktischer Aufgaben lässt sich auch die Arbeitsprobe im Simulator einreihen.

Die zweite und mit Abstand meist genutzte Kategorie ist der Papier-Bleistift-Test. Weniger verbreitet ist die verbale Testvorgabe und die Aufgabenstellung unter Einbeziehung des Computers oder eines Filmes. Diese beiden Testarten sind meist mit größerem Aufwand verbunden, gerade die Vorgabe mittels Computer bringt einige unbestreitbare Vorteile, hier sei insbesondere die Möglichkeit des adaptiven Testens (siehe Kap. 2.3.3) erwähnt.

2.3.2 Der Dreidimensionale Würfeltest – 3DW

Gittler (1990) veröffentlichte nach sechsjähriger Entwicklung die erste Auflage des Dreidimensionalen Würfeltests (3DW). Dieser Test stellt im deutschsprachigen Raum eines der bedeutendsten und am besten erforschten Verfahren zur Erfassung einer Komponente der Raumvorstellung dar. Er entstand auf Grundlage der Würfelaufgaben des Intelligenz Strukturen Test (IST, bzw. IST-70) von Amthauer. Gittler erstellte durch eine theoriegeleitete Itemauswahl 17 neue Würfelaufgaben. Beim 3DW wird ein Würfel vorgegeben, welcher in veränderter Lage aus den Antwortwürfeln wieder zu finden ist, wobei 3 der Würfelflächen sichtbar sind (siehe Abb. 2.3.2).

Beispiel II



Abbildungung 2.3.2: Übungsbeispiel des 3DW

Die Aufgaben erscheinen in der Aufgabenstellung dem Subtest des IST ähnlich. Der 3DW unterscheidet sich allerdings in einigen wesentlichen Punkten: Gittler offeriert als Antwortmöglichkeit die Option, dass keiner der angebotenen Würfel der Vorgabe entspricht. Die Strategie der Falsifikation, dem Ausschließen der falschen Würfel, kann damit nach Gittler (1990) ausgeschlossen werden, es kann also nicht nur nach Ausschließungsgründen gesucht werden. Die Testperson wird durch Instruktionen des Tests entsprechend angehalten, nach dem richtigen Würfel zu suchen. Zusätzlich gibt es als Antwortalternative die Möglichkeit: „Ich weiß die Lösung nicht.“ Bei der Bearbeitung einer unlösbaren Aufgabe wird die getestete Person nicht gezwungen, eine Lösungsmöglichkeit zu wählen.

Gittler konnte anhand des linear logistischen Testmodells von Fischer zeigen, dass zwei kognitive Strategien sowie eine „gemischte“ Verwendung beider als Ausdruck einer einzigen zugrunde liegenden Fähigkeitsdimension interpretiert werden können:

Bei der „Raumstrategie“ beinhaltet der kognitive Prozess ein ein- oder mehrmaliges Drehen des Würfels um eine oder mehrere Raumachsen. Die Testperson muss „die ‚Würfelbewegung‘ – bei anschauungsmäßig gegebenem Anfangs- und Endzustand – in der Vorstellung nachvollziehen.“ (Zit. nach Gittler, 1989, S. 18)

Bei der „Relationsstrategie“ werden die sichtbaren Muster verglichen und in Beziehung gesetzt. Auch bei dieser Lösungsmöglichkeit muss die getestete Person „die ‚Räumlichkeit‘ der Würfel-Abbildung antizipieren, weil auf dem Lösungswürfel ein neues Muster sichtbar wird“ (Zit. nach Gittler, 1992, S. 152).

Ausgeschlossen wurden alle Lösungswürfel, welche sich lediglich in der Anordnung der Muster unterscheiden, da diese als „*flächiges Gebilde*“ (Gittler, 1984) interpretiert werden können. Die Lösung kann daher über die Rotation in einer Ebene gefunden werden, es handelt sich daher nicht um eine angewandte Raumvorstellungsleistung. Gittler nannte diese Lösungsmöglichkeit „Flächenstrategie“.

Der größte Vorteil, der in vielen Studien nachgewiesen wurde (u. a. Gittler & Vitouch, 1994; Gittler & Glück, 1998), besteht in der Homogenität der Items, welche sich alle über nur ein Konstrukt definieren. Es handelt sich daher beim 3DW um einen eindimensionalen Test. Selbst bei Vorgabe unter speed-Bedingung blieb die Rasch-Homogenität erhalten (Schützenhofer, 1999).

Beim Rasch Modell, welches der Item Response Theory (IRT) als „Gegenpart zur Klassischen Testtheorie“ zugeordnet wird, wird die Wahrscheinlichkeit, dass eine bestimmte Person eine Aufgabe löst bzw. nicht löst durch eine Funktion, die den so genannten Personenparameter q_v (Personenfähigkeit) und dem Itemparameter s_I (Itemschwierigkeit) beinhaltet, dargestellt. Steigt die Schwierigkeit eines Items bei gleich bleibender Personenfähigkeit, sinkt die Lösungswahrscheinlichkeit. Dass sich die Aufgaben bei vielen Datensätzen als Rasch-homogen erweisen, kann mit der theoriegeleiteten Itemselektion erklärt werden. Heute gibt es neben der „Standardversion“ des 3DW mit 17 Aufgaben auch diverse Kurzformen sowie eine adaptive Testversion (A3DW; Gittler, 2000), die 142 Aufgaben im Itempool enthält.

2.3.3 Der Adaptive Dreidimensionale Würfeltest

Bei der adaptiven Testung passt sich die Schwierigkeit der Aufgabenstellung dem (geschätzten) Fähigkeitsparameter der Testperson an. Nachdem mit einem Test üblicherweise ein großes Leistungsspektrum abgedeckt wird, sind nur wenige Aufgaben über die Leistung tatsächlich aussagekräftig. Bei der adaptiven Testung fließt die durch bereits bearbeitete Aufgaben gewonnene Information in den Testverlauf ein. Es werden demnach Items mit einem Schwierigkeitsparameter gewählt, welche eine genauere Schätzung des

Leistungsniveaus der Testperson erlauben. Dadurch nähert sich der geschätzte dem wahren Leistungsparameter einer Person an (Kubinger, 1996).

Mittels adaptiver Testung kann auch im extremen Leistungsbereich genauer differenziert werden. Gerade bei einer vorselektierten Gruppe, Bewerbungen für den Piloten- bzw. Lotsenberuf sind an Vorbedingungen gebunden, können Abweichungen vom Mittelwert erwartet werden. Eine weitere Differenzierung innerhalb einer homogenen Gruppe sollte, wenn genügend Aufgaben in diesem Leistungsabschnitt vorhanden sind, möglich sein. Die Erstellung eines Aufgabenpools ist mit erheblichem Aufwand verbunden. Weiters muss erwähnt werden, dass adaptives Testen nur mittels Computer durchgeführt werden kann, eine Gruppentestung ist daher nur bei einer entsprechenden Anzahl von Arbeitsstationen möglich. Schuhfried (2005) fasst die Vorteile einer adaptiven Testvorgabe durch computerunterstützte Testdiagnostik folgendermaßen zusammen: *„Kürzere Testzeit bei verbesserter Messgenauigkeit und hohe Probandenmotivation aufgrund einer leistungsadäquaten Aufgabenauswahl.“* (Zit. nach Schuhfried, 2005, S. 35)

Arrer wies im Rahmen ihrer Diplomarbeit nach, dass die Normen, welche für die Papier-Bleistift-Version des 3DW vorlagen, auch für die Computerfassung Gültigkeit haben. Für die Erlangung der Normdaten wurden 502 Personen im Alter von 15 bis 73 Jahren getestet (Arrer, 1992).

Gittler (1992) testete 46 aktive österreichische Linienpiloten mit dem 3DW. Dabei ging es nicht um eine Abschätzung des Fähigkeitsparameters der getesteten Piloten, sondern um eine Konstruktvalidierung des 3DW. Gittler ging davon aus, dass Piloten, bedingt durch ihre Ausbildung und die Arbeit im dreidimensionalen Raum, ein überdurchschnittliches Raumvorstellungsvermögen besitzen müssten. Im Sinne dieser Konstruktvalidierungsstudie wurde ein gutes Abschneiden erwartet, das gute räumliche Vorstellungsvermögen dieser selektierten Gruppe sollte sich in den Testergebnissen widerspiegeln.

Tatsächlich zeigten die Testergebnisse ein außergewöhnlich gutes Abschneiden dieser Berufsgruppe, welche die durchschnittlichen Werte der Studenten technischer Universitäten übertraf. Von den 46 Piloten zeigten alle ein sehr gutes Testergebnis. Gittler führte dies darauf zurück, dass *„eine Steigerung der Raumvorstellungsfähigkeit durch Training möglich zu sein scheint“*. (Zit. nach Gittler, 1992, S. 114)

Der A3DW findet sich bei der Testbatterie „*Aviation Psychology*“ von Schuhfried (2005) wieder. In dieser Testbatterie werden die für die zivile und militärische Luftfahrt relevanten psychologische Dimensionen erfasst. Für den Nachweis der Kriteriumsvalidität dieser Testbatterie wurden damit 99 männliche Pilotenanwärter getestet. Der A3DW testet dabei die Leistungsdimension „*visualisation*“. Die erbrachte Leistung in einem Flugsimulator diene als Kriteriumsvariable. Der Erfolg im Flugsimulator wurde durch die Testergebnisse der Testbatterie zu 90 % richtig vorausgesagt; dies entspricht einem Validitätskoeffizienten von $r = 0,79$. Der A3DW trug dabei mit einer relativen Relevanz von 13 % zum Vorhersagemodell bei.

2.3.4 Der Endlosschleifentest – EST

1983 stellten Stumpf und Fay einen neuen Aufgabentypus zur Messung des räumlichen Vorstellungsvermögens vor. In einem durchsichtigen Plastikwürfel liegen ein oder mehrere Schläuche. Diese wurden aus sechs Perspektiven, jeweils normal zu einer Projektionsfläche des Würfels, fotografiert. Bei der Darbietung zweier Ansichten der gleichen Schlauchfigur muss der Proband erkennen, in welcher räumlichen Relation (von rechts, von links, von hinten, von oben oder von unten) sie zueinander stehen (Stumpf & Fay, 1983).

Die Zielsetzung, mittels generativer Regeln inhaltliche Homogenität zu erreichen, konnte allerdings nicht erfüllt werden. Gittler und Arendasy (2003) wiesen nach, dass die Rasch-Homogenität der Schlauchfiguren nicht gegeben ist und führen dafür folgende möglichen Gründe an:

- Einige Items können bloß „*aufgrund korrekter Bearbeitung der sichtbaren Enden der gewundenen Schläuche gelöst werden*“. Gittler und Arendasy vermuten, „*dass weniger raumvorstellungsspezifische Denkprozesse ablaufen, als es von der Itemkonstruktion her intendiert war*“ (Zit. nach Gittler & Arendasy, 2003, S. 167).
- Jene Items, welche „von hinten“ dargestellt sind, bilden ein „*räumliches Spiegelbild*“. Bei Erkennen dieser Tatsache ist die Lösung der Aufgaben mit einer „*geringeren räumlichen Kognition verbunden*“ (Gittler & Arendasy, 2003, S. 167).

- Die Testinstruktion könnte falsch interpretiert werden; dies führt zu falschen Antworten, obwohl die richtige Betrachtungsansicht des Vorgabewürfels erkannt wurde.

In zwei Phasen wurde der Test durch Gittler und Arendasy abgeändert, um Eindimensionalität innerhalb des Aufgabentypus zu erreichen. In der ersten Studie wurden in sich geschlossene Figuren kreiert, womit die Schlauchenden wegfielen, die Antwortmöglichkeit „von hinten“ stand nicht mehr zur Auswahl und die Instruktionen wurden präzisiert, um Unklarheiten auszuschließen. Dennoch konnte in einer Studie mit 324 Personen, durchgeführt in Wien und Linz, das Ziel, die Erlangung der Rasch-Homogenität für die fotografischen Endlosschleifen (E^P), nicht erreicht werden.

Die bei der ersten Studie gewonnene Erfahrung führte zu einer Veränderung des Testmaterials. Es wurde die Darstellung der Endlosschleifen verbessert, irreführende Licht- und Schattenzonen wurden korrigiert und die Instruktion nochmals abgeändert (siehe Abb. 2.3.4).

An der zweiten Studie nahmen 378 Personen teil, welche zu den ursprünglichen 17 Aufgaben noch zwei weitere Aufgaben, konstruiert nach demselben Konstruktional, bearbeiten mussten. Bei dieser Testung erwiesen sich alle 19 Testaufgaben als Rasch-homogen.

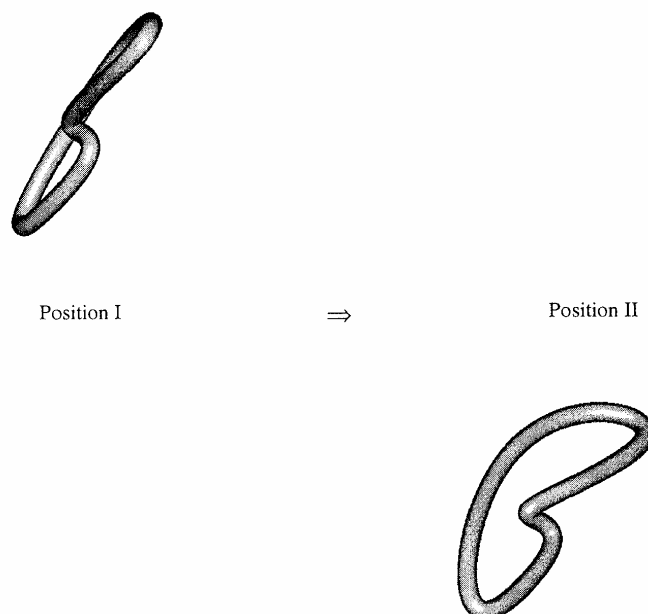


Abbildung 2.3.4: Übungsbeispiel des EST

2.3.5 Vergleich des 3DW und des EST

Beide Testverfahren beanspruchen, die Leistungsfähigkeit einer Person im Bereich der räumlichen Wahrnehmung zu testen. Wie bei Testvorgaben der mentalen Rotation üblich, werden verschiedene dreidimensionale Darstellungen gezeigt. Die Aufgabe der Testperson ist es, jenes Objekt zu finden, welches aus einem anderen, vorgegebenen Objekt, durch Drehung im Raum hervorgegangen sein könnte. Durch die Verschiedenartigkeit der Objekte und Vorgabeweise muss allerdings angenommen werden, dass verschiedene spezifische kognitive Anforderungen am Lösungsprozess beteiligt sind. Bei einem Vergleich wird erwartet, dass die Testergebnisse miteinander korrelieren. Mäßige Korrelationen deuten allerdings darauf hin, dass unterschiedliche kognitive Fähigkeiten bei der Aufgabenlösung gefordert sind.

Im Rahmen der zweiten Studie (siehe Kap. 2.3.4) wurden 378 Personen auch die Kurzversion des 3DW mit 13 Items zur Bearbeitung vorgegeben. Die Übereinstimmung der Testergebnisse zwischen 3DW und E^P beträgt bei dieser Stichprobe $r = 0,62$. In einer weiteren Stichprobe mit $n = 254$ Personen, in welcher nochmals die Rasch-Homogenität überprüft wurde, betrug die konvergente Validität $r = 0,56$.

Trotz der Korrelation der Testergebnisse der beiden Tests ergab die Überprüfung des Datensatzes auf Rasch-Homogenität mittels LQT (Likelihood-Ratio-Test nach Andersen), dass die beiden Tests verschiedene Dimensionen im Bereich des räumlichen Vorstellungsvermögens messen (Gittler & Arendasy, 2003). Bereits 1997 schließt Arendasy nach Durchführung eines Modelltests nach Martin-Löf, bei seiner Untersuchung mit 200 verwertbaren Testpersonen, auf Messungen unterschiedlicher Fähigkeiten.

In der gleichen Arbeit untersucht Arendasy, zwecks Validierung des EST, die Fragestellung, ob Menschen in Berufen, welche ein gutes räumliches Vorstellungsvermögen erfordern, besser bei der Bearbeitung des EST und des 3DW abschneiden. Die Fragestellung wurde mittels multipler linearer Regression gerechnet und weist den EST als einzigen signifikanten Prädiktor für eine Gruppenzuweisung aus.

Beide Tests weisen Visualisierungs- und räumliche Relationskomponenten auf, wobei beim 3DW analytische Strategien hinzukommen, der EST hingegen erfordert für die Lösung visuelle Merkfähigkeit. Bei der Lösung der Endlosschleifen ist der *„effiziente Gebrauch*

verbaler Hilfsstrategie wenig wahrscheinlich und die Wahrnehmung räumlicher Konfigurationen gegenüber Detailwahrnehmung [ist] eher erhöht, was zu den favorisierten holistischen Informationsverarbeitungsprozessen bei der Aufgabenbearbeitung führen dürfte.“ (Zit. nach Gittler & Arendasy 2003, S. 173)

Auch bei der Bearbeitungsstrategie konnte Arendasy 1997 Unterschiede zwischen den beiden Tests feststellen: die Aufgaben des 3DW werden öfters mittels mentaler Rotationsstrategie bearbeitet, jene des EST durch Perspektivenwechsel. *„Der 3DW verlangt vom Probanden das Nachdenken oder die Vorstellung von Objektbewegungen, während der EST vom Probanden verlangt, sich eine andere als seine jetzige Objektperspektive vorzustellen.“ (Arendasy 1997, S. 116)*

Arendasy (1997) fasst seine Ergebnisse hinsichtlich der Unterschiede zwischen dem 3DW und dem EST folgendermaßen zusammen:

„Der 3DW erfüllt bestimmte Erwartungen, die man an einen Raumvorstellungstest im Hinblick auf Merkmale wie Alter oder Bildung hätte – die ‚Könnerschaft‘ in diesem Testverfahren hängt damit zusammen, wie jung und gebildet die betreffende Testperson ist bzw. welche Bearbeitungsstrategien von dieser bevorzugt angewandt werden. Der EST erfüllt ebenfalls – aber andere – Erwartungen, die man gegenüber einem Raumvorstellungstest normalerweise haben könnte: ‚Können‘ bzw. Fähigkeiten im Sinne des EST hängt tendenziell mit dem Vorhandensein einer technischen Vorbildung zusammen und umfasst das, was man sich im Alltag unter ‚Raumvorstellungsvermögen‘ vorstellt.“ (Zit. nach Arendasy 1997, S. 97)

2.4 Der Faktor Zeit

2.4.1 Zeit als Messgröße in psychologischen Testungen

“If speed deserves any weight in determining the measures of intellect it is by virtue of the principle that other things being equal, the more quickly a person produces the correct responses, the greater is his intelligence.” (Thorndike et al., 1926, S. 24, Zit. nach Carroll 1993, S. 440)

Nach Carroll (1993) wurden die ersten psychologischen Testungen aus praktischen Überlegungen mit einem Zeitlimit vorgegeben. Bei Testneuentwicklungen wurde willkürlich eine Bearbeitungszeit vorgegeben, abhängig von der Testart und der Schwierigkeit der Aufgabenstellung. Der Zeitrahmen wurde so festgelegt, dass die Mehrheit der getesteten Personen nicht alle Aufgaben bearbeiten konnte. Ausgewertet wurde die Anzahl der richtig bearbeiteten Aufgaben. Man nannte diese *time-limit-* oder auch *speed-* scores.

Nachdem die *speed-power*-Problematik erkannt wurde, gab May (1921, entnommen Carroll 1993) den Test der Army Alpha Examination mit der doppelten Zeitvorgabe vor und fand eine Korrelation von 0,97. Auch Ruch und Koerth (1923, zit. nach Carroll 1993) kamen bei ähnlichen Untersuchungen zu ähnlichen Werten. Aus diesen Untersuchungen wurde der Schluss gezogen, dass aus praktischen Gründen „*power-scores*“ und „*time-limit-scores*“ gleichgesetzt werden könnten.

Übersehen wurde bei diesen Untersuchungen allerdings, dass die Arbeitsgeschwindigkeit bei der Testdurchführung direkt von der Zeitvorgabe abhängt. Steht eine genügend lange Zeit zur Verfügung, so wirkt sich eine Verlängerung des gegebenen Zeitrahmens nicht so stark auf die Anzahl der bearbeiteten Aufgaben aus.

Baxter (1941) definierte *speed* als die Zeit, welche die Testperson benötigte, um alle Aufgaben eines Intelligenztests (the Otis Self Administering Intelligence Examination) zu bearbeiten. Als Gütemaß für die Fähigkeit verrechnete er alle richtig gelösten Aufgaben.

Ein heute als *speed*-Test bezeichnetes Verfahren zeichnet sich dadurch aus, dass nur die Verarbeitungsgeschwindigkeit gemessen wird. Die vorgegebene Zeit lässt nur die Bearbeitung einer bestimmten Aufgabenanzahl zu, diese bildet den Roh-Score. Den Geschwindigkeitstests gemein ist die hohe Lösungswahrscheinlichkeit der einzelnen Aufgaben. Ohne Zeitvorgabe könnten alle Aufgaben richtig gelöst werden. Ein Bearbeiten aller Aufgaben sollte allerdings nicht möglich sein (Iseler, 1970). Der ZVT (Oswald & Roth, 1987) ist ein Beispiel für einen *speed*-Test. Es kann allerdings bei den *speed*-Tests nicht ausgeschlossen werden, dass für die Bearbeitung ein Mindestmaß an Befähigung erforderlich ist. Außerdem gibt es keinen gültigen Verrechnungsmodus für falsch bearbeitete Aufgaben.

Bei einem reinen *power*-Test findet die Testung ohne Zeitdruck statt. Der Schwierigkeitsgrad der einzelnen Aufgaben ist stark unterschiedlich. Dabei sollte es unmöglich sein, dass eine Person die schwierigste Aufgabe löst. Das vorgegebene Zeitlimit sollte eine gründliche Bearbeitung aller Aufgaben ermöglichen (Anastasi, 1988). Der Fähigkeitsparameter wird durch die Anzahl der richtig bearbeiteten Items bestimmt – ausgenommen ist hier die adaptive Testung. Auch der oben beschriebene 3DW von Gittler (1990) und der EST von Gittler und Arendasy (2003) sind *power*-Tests. Obwohl der Bearbeitungszeitraum nicht limitiert vorgegeben wird, kann nicht in allen Fällen ausgeschlossen werden, dass sich Testpersonen selbst unter Druck setzen und dadurch ihre Leistung verschlechtern.

Ist die Lösungswahrscheinlichkeit kleiner als 1 und wird der Zeitrahmen limitiert, spricht man von *speeded*-Tests. Dabei wird der Zeitrahmen so gewählt, dass das Bearbeiten aller Aufgaben nicht möglich ist. Je höher die Bearbeitungsgeschwindigkeit, desto mehr Aufgaben können gelöst werden. Es wird davon ausgegangen, dass die Lösungsgeschwindigkeit und die Fähigkeit zur Lösung der gestellten Aufgaben durch dieselbe Dimension definiert werden. Das Ergebnis dieser Tests mit verschiedenen Aufgabenschwierigkeiten und limitierter Zeitvorgabe bezeichnet Carroll (1993) als *time-limit scores*. Er sieht sie als die am häufigsten verwendeten Tests an. *Speed*- und *power*-Tests stellen für Carroll Grenzwerte des Kontinuums „*mental level – mental speed*“ bzw. „kein Zeitlimit – starkes Zeitlimit“ dar. Die Testperson wird bei diesen Verfahren „gezwungen“, Arbeitsgeschwindigkeit versus Genauigkeit abzuwägen. Vermutet die getestete Person einen bestimmten Verrechnungsmodus, so wird sie geneigt sein, einen Faktor zu priorisieren oder versucht sein,

nur leichte Aufgaben zu lösen. Personen mit hohem persönlichem Anspruchsniveau stellen die Exaktheit vor die Bearbeitungsgeschwindigkeit.

In der Section 2 der JAR-FCL 3 (Joint Aviation Requirements-Flight Crew Licensing, 2006) Subparts A, B and C (2006) (Pkt. 5.1) wird die Vorgabe der Tests unter Zeitdruck mit folgenden Argumenten empfohlen:

„The complexity of the tasks and the time stress inherent to flight deck operations necessitate an accurate and fast task performance. Therefore it is recommended, when feasible, to apply tests with tight time constraints.“ (JAR-FCL, Manual-Psychology, S. 2)

2.4.2 Zeit als Faktor bei der Arbeit von Fluglotsen und Piloten

Beim Faktor Zeit unterscheiden sich die beiden im Rahmen dieser Arbeit untersuchten Berufsgruppen wesentlich. Bestimmt der Pilot die Geschwindigkeit des Flugzeuges und den Arbeitsablauf im Cockpit selbst, ist für den Fluglotsen der Zeitrahmen zur Lösung von Verkehrsproblemen durch die Verkehrssituation gegeben.

Der Faktor Zeit spielt für die Arbeit von Fluglotsen eine bedeutende Rolle. Unterschieden wird oftmals die so genannte *objective workload* (objektive Arbeitsbeanspruchung) und die *subjective workload* (subjektive Arbeitsbeanspruchung). Die Eurocontrol, eine europäische supranationale Organisation für Flugsicherung, definiert „workload“ wie folgt:

„Definition: A method for appraising operators' task loads and/or their ability to carry out the required tasks in the required time.“

(Eurocontrol,

http://www.eurocontrol.int/hifa/public/standard_page/Hifa_HifaMethods_PerfA_ObjWork.html, 30.07.2007) Der Faktor Zeit wird als ein bestimmender Faktor der Arbeitsbeanspruchung angesehen. Als Leistungsindikator wird Zeit als Messgröße angeführt. Hier gilt der Zusammenhang, dass die Leistung umso größer ist, je weniger Zeit für die gleiche Arbeit benötigt wird.

Im Rahmen des „European Air Traffic Management Programme“ (EATMP, 1999a) wurde eine ausführliche Arbeits- und Anforderungsanalyse an 36 Fluglotsen durchgeführt. Dabei

wurden sie bei der Arbeit beobachtet und danach deren Arbeitsprobe analysiert. Zwölf der an der Untersuchung teilnehmenden Fluglotsen stammten aus Wien. Die Ergebnisse wurden im „Dokument Integrated Task and Job Analysis of Air Traffic Controllers - Phase 2: Task Analysis of En-route Controllers“ festgehalten. Auf den Faktor Zeit als beeinflussende Größe bei der Lösung von Konfliktsituationen im zu überwachenden Luftraum wird in diesem Dokument hingewiesen: Es werden die Möglichkeiten eines Fluglotsen beim Erkennen eines potenziellen Konflikts beschrieben und welchen Einfluss der Faktor Zeit bei der Lösung von Konfliktsituationen hat. Falls genug Kapazität vorhanden, kann der Fluglotse entscheiden, die beiden involvierten Flugzeuge weiter zu beobachten, bis sich diese passiert haben, oder er kann, falls notwendig, Ausweichmanöver anordnen. Bei hoher Arbeitsbelastung werden sofortige Lösungen bevorzugt, z. B. durch Richtungsänderung eines Flugzeuges. Wie viel Aufmerksamkeit einem Problem zugewiesen wird, hängt hauptsächlich von der verfügbaren Zeit und der Komplexität des Problems ab. Dies geschieht mit Berücksichtigung des übrigen Verkehrs innerhalb des betreffenden Sektors. Es wird bei der Lösungssuche auf eine Reihe bekannter Möglichkeiten zurückgegriffen. Für die Auswahl der besten Lösung ist zuerst die Sicherheit und danach die Effizienz ausschlaggebend. Bei hoher Arbeitsbelastung, wenn zur Konfliktlösung also wenig Zeit zur Verfügung steht, wird das Kriterium Effizienz vernachlässigt. Dies kann allerdings zur Folge haben, dass langfristig, in einem Zeitraum von 10 – 20 Minuten, eine erhöhte Arbeitsbelastung entsteht, da nicht die daraus resultierenden Auswirkungen auf die Verkehrssituation mitberücksichtigt wurden. Dasselbe hat auch für zeitkritische Konflikte Gültigkeit, da eine sofortige Reaktion keine Abwägung aller Umstände zulässt.

Fluglotsen arbeiten für viele auftretende Verkehrskonflikte eine Alternativlösung aus, für den Fall, dass der ursprüngliche Plan nicht zum gewünschten Resultat führt. Diese Alternativlösung zeichnet sich zumeist durch geringere Effizienz aus.

Die Beschreibung der Konfliktlösung zeigt, wie Zeit die Lösungsgüte mit beeinflusst. Bei geringer Zeitvorgabe, bedingt durch die Vorgabe mehrerer Aufgaben, muss oft eine schlechtere Lösung akzeptiert werden, um sich einem anderen bestehenden Problem widmen zu können. Dies kann zu einer Vielzahl neuer Probleme führen, welche einer Lösung bedürfen.

Im selbigen Dokument wird auch angeführt, dass eine komplexe Situation als eine solche angesehen wird, wenn die Zeit stark begrenzt ist. Bei großem Verkehrsaufkommen ist die gleichzeitige Lösung mehrerer Konfliktsituationen notwendig. Der Kontroller muss dann abwägen, welche Lösung nicht nur sicher, sondern auch effizient ist, um weitere Probleme im eigenen oder auch im Nachbarsektor zu vermeiden.

Bei der Behandlung von Konfliktsituationen muss sich der Fluglotse unbewusst selbst ein „Zeitfenster“ für die Lösung des Problems setzen. Nach der Lösungsfindung widmet er sich dem nächsten Problem. Die Größe des Zeitfensters ist abhängig von der Komplexität der Situation. Bei jedem Eingriff in das Verkehrsgeschehen wird somit Lösungsgüte versus Lösungsgeschwindigkeit abgewogen.

Generell werden Lösungen bevorzugt, welche nicht ständig auf dem Radarschirm beobachtet werden müssen. Dies ermöglicht den Lotsen, die Aufmerksamkeit auf andere Probleme zu fokussieren. Treten nun gleichzeitig mehrere Konflikte auf, wird der Zeitrahmen zur Lösung sehr begrenzt. Der Fluglotse versucht nacheinander die Konflikte zu lösen, um dann jedem Konflikt neuerlich Aufmerksamkeit zu schenken, um die Ausführung zu überwachen oder zu sehen, ob die angestrebte Lösung auch zum Ziel führt. Dies belastet stark das *prospective memory*, welches mit „vorausschauendem Gedächtnis“ übersetzt werden kann. Um den Überblick nicht zu verlieren, kann der Fluglotse visuelle Hinweise setzen (Wickens, Mavor & McGee, 1997).

Bei der „*mid-air collision*“ im Schweizer Luftraum (siehe Kap. 2.6.2) stand der Fluglotse nach dem Bemerken des Konflikts unter großem Zeitdruck, als er versuchte, den drohenden Zusammenstoß der Flugzeuge mittels Verkehrsinformation zu lösen. 29 Sekunden vor der Kollision warnte der Fluglotse die TU154 vor Konfliktverkehr von rechts: „*Ja ,... we have traffic at your 2 o'clock position now at 3-6-0.*“ (Zit. nach Schöneberg, 2004, S. 77) Tatsächlich befand sich die B757 vor der Kollision, aus Sicht der TU154, auf der linken Seite, in der 10 Uhr-Position. Unter Zeitdruck interpretierte der Fluglotse die räumliche Relation der Flugzeuge falsch. Im Unfallbericht wird dies später als Fehlinterpretation des Radarbildes durch den Fluglotsen eingestuft.

Einfluss des Faktors Zeit auf die Arbeit der Piloten:

Ist die Arbeit des Fluglotsen von externen Faktoren stark beeinflusst, kann der Pilot den Flugablauf selbst beeinflussen. Durch gutes Zeitmanagement und gute Planung können zukünftige Aufgaben bereits durchgedacht und geplant werden. Außerdem ist es möglich, Arbeiten vorzuziehen, um in kritischen Situationen darauf zurückgreifen zu können. Als Beispiel sei hier das Einholen von Wetterdaten der Ausweichflughäfen angeführt. Im Falle eines Notfalles steht dieses dann bereits für die Entscheidungsfindung zur Verfügung.

Uhlarik und Camerford (2002) fassen dies folgendermaßen zusammen: „*A pilot has to organize numerous activities in a timely manner. The multiple tasks that must be timeshared in a dynamic environment, often with severe temporal constraints, make piloting an aircraft (individually or as part of a group) a very dynamic task.*” (Zit. nach Uhlarik & Camerford 2002, S. 14)

Ist sofortiges Handeln durch die Cockpitbesatzung erforderlich, wird dies durch automatisierte Verfahren einstudiert. Als Beispiel kann hier ein Startabbruch vor Erreichen der Entscheidungsgeschwindigkeit angeführt werden. Es werden im Falle eines Triebwerksausfalles während des Startvorganges dem Piloten zwei Sekunden Zeit eingeräumt, eine Entscheidung zu fällen, ob der Flug fortgesetzt werden kann oder abgebrochen werden muss.

(http://rgl.faa.gov/Regulatory_and_Guidance_Library/rgNPRM.nsf/0/d4068cc502f7e827862569620059ced9!OpenDocument, 02. Aug. 08)

Auch das TCAS (Traffic Alert and Collision Avoidance System) setzt auf eine unverzügliche Reaktion des Piloten. Wird ein vertikales Ausweichmanöver seitens des Piloten gefordert, wird eine Steuerreaktion innerhalb von 5 Sekunden erwartet, bei einer weiteren Anweisung durch das TCAS wird die zugestandene Reaktionszeit auf 2,5 Sekunden verkürzt (Schöneberg, 2004, S. 77).

Bei Orientierungsfehlern kann Zeit ebenfalls als limitierender Faktor in Erscheinung treten. Als Beispiel sei hier der Unfall einer American Airlines B757 am 20. Dezember 1996 in Cali angeführt, welche in Kolumbien durch eine Kurve zu einem falschen Navigationspunkt gegen

einen Berg flog. Der Anflug wurde unter großem Zeitdruck neu eingegeben, nachdem die Pistenrichtung während des Sinkfluges gewechselt wurde. Im Bericht der NTSB wird festgehalten: „*Probable Causes of the Accident: The lack of situational awareness of the flightcrew regarding vertical navigation, proximity to terrain, and the relative location of critical radio aids.*”

(NTSB, http://www.nts.gov/ntsb/brief2.asp?ev_id=20001207X04990&ntsbno=DCA96RA020&akey=1, 26. 07. 2008)

2.4.3 Der Zahlen-Verbindungs-Test (ZVT)

Der Zahlen-Verbindungs-Test (ZVT) von Oswald und Roth ist als sprach- und entwicklungsunabhängiges Intelligenzmessverfahren konzipiert zur Erfassung der *kognitiven Leistungs- und Verarbeitungsgeschwindigkeit*.

Bei korrelationsstatistischen Untersuchungen zwischen dem ZVT und Intelligenztests wie zum Beispiel dem Prüfsystem für Schul- und Bildungsberatung nach Horn (PSB, 1969), dem Intelligenz-Struktur-Test nach Amthauer (IST 1955, 1970) und dem Hamburg-Wechsler-Intelligenztest für Erwachsene (HAWIE, Wechsler 1964) finden die Autoren mittlere bis hohe negative Zusammenhänge. Schnellere Bearbeitung des ZVT korrelierte mit höheren Werten bei den angeführten Intelligenztests.

Bei faktorenanalytischen Untersuchungen ist laut Oswald und Roth die größte Ladung im Faktor, welcher als „kognitive Leistungsgeschwindigkeit“ beschrieben werden kann, zu finden. Die Autoren schließen daraus, dass Intelligenztests, welche nach analytischen Gesichtspunkten aufgestellt wurden, nur die Schnelligkeit messen mit der psychologische Prozesse ablaufen, unabhängig von der Komplexität des Inhalts (Oswald & Roth, 1987).

2.5 Der Pilotenberuf und die Anforderung an das Raumvorstellungsvermögen während der Ausübung des Berufes

Der Flugzeugführer steuert das Luftfahrzeug über die drei Raumachsen durch den Raum vom Start- zum Zielflughafen. Vorgaben erhält er dabei sowohl von der Flugsicherung als auch über festgelegte Verfahren, welche sich nach den örtlichen Verhältnissen richten.

Die notwendige Information bezieht er entweder aus der Umgebung oder beim Instrumentenflug aus den Cockpitinstrumenten, wobei die Lage des Flugzeuges anhand eines künstlichen Horizontes (siehe Abb. 2.5.2) dargestellt wird. Gedanklich bewegt sich beim Flug nach Instrumenten also nicht das Flugzeug im Raum, sondern eigentlich wird die Umgebung als „bewegtes Objekt“ dargestellt. Durch Steuereingaben wird die Lage des Flugzeuges so lange verändert, bis der Horizont die gewünschte Lage eingenommen hat. In Anlehnung an die Untersuchung von Jirasko (1996) könnte diese mentale Leistung auch als mentale Rotationsstrategie eingestuft werden.

Beim Formationsflug hat das die Formation anführende Flugzeug die Funktion des Referenzinstrumentes übernommen. Die eigene Lage wird mit dem vorausfliegenden Flugzeug in Übereinstimmung gebracht. Kommt es zu einer falschen Interpretation der Lage im Raum, bezeichnet man dies als räumliche Desorientierung (siehe Kap. 2.5.4).

Während des Flugverlaufes werden dem Piloten allerdings noch weitere kognitive, das räumliche Vorstellungsvermögen betreffende Leistungen abverlangt. Bei der Navigation muss er das Flugzeug in Relation zu Navigationspunkten bringen und den Flugverlauf antizipieren.

Dabei findet ein Perspektivenwechsel statt. Bei der Betrachtung der Navigationskarten wird das Flugzeug fiktiv in das Kartenmaterial gedacht. Der Pilot nimmt während dieser Betrachtung zur Informationsgewinnung gedanklich eine Position außerhalb des Flugzeuges ein. Die gewonnene Information führt zur Beibehaltung oder Korrektur des Flugweges.

Auf dem Navigationsbildschirm, welcher die in dieser Flugphase relevanten Merkmale anzeigt, werden diese Navigationspunkte in Relation zum Flugzeug angezeigt. Dieses wird dabei als Symbol dargestellt, welches immer in der Mitte verbleibt. Wird die Position des Flugzeuges in Relation zur Umgebung falsch eingeschätzt, bezeichnet man dies als Orientierungsfehler (siehe Kap. 2.5.5).

2.5.1 Voraussetzung für die Ausübung des Pilotenberufes

Der Beruf des Piloten, welcher seine Profession international ausübt, sowie der Beruf des Fluglotsen stellen zwei Berufsgruppen dar, welche wie kaum eine andere Berufsgruppe überstaatlichen Regelungen unterworfen wurden, um einheitliche Standards zu gewährleisten. Dies soll sicherstellen, dass eine problemlose Zusammenarbeit über Grenzen hinweg möglich ist.

Die ICAO (International Civil Aviation Organisation) legt die Mindestanforderungen für alle Bereiche der Zivilluftfahrt fest. Diese werden in das jeweilige nationale Rechtssystem des Mitgliedstaates, nach entsprechender Adaption, übernommen.

Im Annex 1 der ICAO werden im Kapitel 2 (Pkt. 2.6) für den Linienpiloten die Mindestanforderungen festgelegt. Neben dem Mindestalter wird die notwendige Anzahl an Flugstunden festgelegt, um einen Linienpilotenschein erwerben zu können. Detailliert aufgezählt wird, welche Bereiche der Pilot erlernen muss.

Mindestanforderungen an die Gesundheit sind im Kapitel 6 des Annex 1 festgelegt. Im Punkt 6.5.3 wird die notwendige Funktionalität des Auges definiert, übernommen wurden diese in der Joint Aviation Requirements – Flight Crew Licensing (JAR-FCL). Bei der Erstuntersuchung darf die Fehlsichtigkeit nicht mehr als 3 Dioptrien betragen, bei den Untersuchungen für die Scheinverlängerung nicht mehr als +5/-8 Dioptrien (JAR-FCL 3.220). Bei höherer Dioptrienanzahl wäre die Gefahr der Netzhautablösung und der Gesichtsfeldeinschränkung zu groß.

Alle Linienpiloten müssen alle zwölf Monate zu einer flugmedizinischen Untersuchung, ab dem vollendeten 40. Lebensjahr verkürzt sich das Intervall auf sechs Monate.

Die Regelungen der ICAO wurden in das europäische Recht übernommen und in die JAA-FCL (Joint Aviation Authorities – Flight Crew Licensing) eingearbeitet. Im Abschnitt C der JAR-FCL werden die verschiedenen Pilotenlizenzen beschrieben. Voraussetzungen für den Erwerb sowie die Rechte für den Halter werden dort festgelegt. Mit der Einführung der JAR wird bereits mit dem Erwerb des Privatpilotenscheins ein Mindestmaß an Instrumentenflug

gefordert. Im Theoriefach „Menschliches Leistungsvermögen“ wird über die in der Diplomarbeit angeführten möglichen menschlichen Fehlleistungen im Bereich der Raumvorstellung aufgeklärt.

Privatpilotenschein (PPL)

Der Inhaber des PPL ist berechtigt als Pilot im nichtgewerbsmäßigen Luftverkehr tätig zu sein. Für Flüge bei Nacht muss er eine zusätzliche Qualifikation erwerben. Für den Erwerb des PPL sind 35 Flugstunden nachzuweisen. Dabei wird das Flugzeug mit Sicht nach außen geführt (Anhang 1 zu JAR-FCL 1.125 Punkt 3.c). Allerdings wird bereits in dieser Basisausbildung das *„Führen des Flugzeuges ausschließlich nach Instrumenten, einschließlich einer Horizontalkurve von 180°“* (Punkt 3.h) gefordert. Wie diese Schulung zu geschehen hat, ist durch nationales Recht geregelt: *„Das Fliegen ohne Sicht nach außen ist unter Verwendung einer IFR-Brille oder IFR-Haube (der Flugschüler soll bei normaler Kopfhaltung keine Außensicht haben) zu lehren.“* (LBA, 2006)

Die theoretische Ausbildung umfasst die Gegenstände Luftrecht, Allgemeine Luftfahrzeugkenntnisse, Flugleistung und Flugplanung, Menschliches Leistungsvermögen, Meteorologie, Betriebliche Verfahren, Aerodynamik und Sprechfunkverkehr.

Berufspilotenschein (CPL)

Der Berufspilotenschein berechtigt zusätzlich dazu, als Pilot bei der gewerbsmäßigen Beförderung tätig zu sein. Während der Ausbildung muss der Bewerber für den CPL mindesten 150 Flugstunden nachweisen. Neben zehn Flugstunden als Ausbildungsflügen im Instrumentenflug müssen fünf Stunden Nachtflug absolviert werden. Der Theorieunterricht muss mindestens 500 Unterrichtsstunden umfassen, wobei folgende Fächer unterrichtet werden: Luftrecht, Allgemeine Luftfahrzeugkenntnisse, Flugleistung und Planung, Menschliches Leistungsvermögen, Meteorologie, Navigation, Betriebliche Verfahren, Aerodynamik und Sprechfunkverkehr.

Instrumentenflugberechtigung (IR)

Die Instrumentenflugberechtigung berechtigt den Inhaber „*ein- und mehrmotorige Flugzeuge bis zu einer Entscheidungshöhe von 200 Fuß (60 m) nach Instrumentenflugregeln zu führen.*“ (JAR-FCL 1.180 a.1) Die Gültigkeitsdauer beträgt ein Jahr, der Befähigungsnachweis kann für mehrmotorige Flugzeuge am Simulator erbracht werden. Die Berechtigung, nach Instrumenten zu fliegen, kann sowohl für ein-, als auch für mehrmotorige Flugzeuge erworben werden. Anwärter müssen den PPL oder den CPL mit Nachtflugberechtigung bereits erworben haben. Folgende theoretische Fächer müssen im Rahmen eines Ausbildungskurses gelehrt werden: Luftfahrtrecht/Betriebliche Verfahren, Allgemeine Luftfahrzeugkunde, Flugleistung und Flugplanung, Menschliches Leistungsvermögen, Meteorologie, Navigation und Sprechfunkverkehr. Von den geforderten Flugstunden, 50 für ein- und 55 für mehrmotorige Flugzeuge, kann ein Teil am Simulator absolviert werden.

Lizenz für Verkehrspiloten (ATPL)

Der Linienpilotenschein berechtigt dazu, als verantwortlicher Pilot auf Flugzeugen tätig zu sein, welche gewerbsmäßig eingesetzt werden. Zusätzlich muss die Musterberechtigung für das verwendete Flugzeugmuster erworben werden. Für den ATPL müssen 1500 Flugstunden nachgewiesen werden, diese müssen mindestens 75 Stunden Instrumentenflugzeit und 100 Stunden Nachtflug beinhalten. Für die Flugausbildung ist der Besitz eines CPL und einer Instrumentenflugberechtigung Voraussetzung. Der Theoriekurs umfasst bei CPL-Inhabern mit Instrumentenflugberechtigung 350 Stunden. Für den Erhalt des Linienpilotenscheines sind in regelmäßigen Abständen Prüfungsflüge zu absolvieren. Einmal im Jahr muss der Linienpilot einen *Linecheck* absolvieren. Dabei wird das Einhalten der vorgeschriebenen Verfahren und die Zusammenarbeit der Cockpitcrew bewertet.

Halbjährlich gibt es zusätzlich einen Befähigungsnachweis im Simulator. Dabei werden Notfallsituationen geübt, die fliegerischen Fähigkeiten von einem Trainingskapitän bewertet und Schwachstellen dokumentiert. Neben den fliegerischen Leistungsüberprüfungen sind in

periodischen Abständen Crew Resource Trainings, Technical Refresher und Emergency Trainings zu absolvieren (JAR-FCL, 2006).

2.5.2 Die Lagebestimmung im Raum während des Fluges

„Spatial orientation defines our natural ability to maintain our body orientation and/or posture in relation to the surrounding environment (physical space) at rest and during motion. Genetically speaking, humans are designed to maintain spatial orientation on the ground. The flight environment is hostile and unfamiliar to the human body; it creates sensory conflicts and illusions that make spatial orientation difficult, and, in some cases, even impossible to achieve. Statistics show that between 5 to 10 % of all general aviation accidents can be attributed to spatial disorientation and 90 % of these accidents are fatal.”

(http://www.faa.gov/pilots/safety/pilotsafetybrochures/media/SpatialD_Seeing.pdf, 7.Jan.08)

Für die Orientierung bzw. die Lagebestimmung nutzt der Mensch normalerweise drei verschiedene Wahrnehmungen mit unterschiedlicher Gewichtung: neben dem Sehsinn auch das Gleichgewichtsorgan (Tsang & Vidulich, 2003) und Propriozeptoren, das sind Fühler der Muskeln, Sehnen und Gelenke, die dem Nervensystem Stellung und Lage des Körpers bzw. der Extremitäten im Raum melden (Lange, 2002).

Tsang und Vidulich (2003) beschreiben, wie die Sinneseindrücke verarbeitet werden, um die Lage im Raum bestimmen zu können. Bei guten Sichtverhältnissen liefert der Sehsinn den mit Abstand größten Teil der Information. Die Sicht auf den natürlichen Horizont reicht aus, um verlässlich die Lage im Raum zu erkennen. Im Simulator mit Sichtfeld wird dem Piloten über visuelle Darstellung eine Lageänderung suggeriert. Dies reicht aus, um dem Piloten das Gefühl zu vermitteln, er würde sich im dreidimensionalen Raum bewegen.

Das Gleichgewichtsorgan befindet sich im Innenohr. Es können mit diesem Sensorium sowohl Linearbeschleunigungen als auch Drehbeschleunigungen gemessen werden.

Der Vestibulärapparat befindet sich im knöchernen Labyrinth des Innenohrs. Er besteht aus drei, durch ein Schlauchsystem miteinander verbundenen, senkrecht zueinander stehenden Bogengängen, welche mit Lymphe gefüllt sind. An den Innenwänden registrieren hochempfindliche Tast- und Sinneshaare jede Bewegung, welche durch die Trägheit der

Flüssigkeit ausgelöst wird. Als elektrisches Signal wird die Information der Drehbewegung weitergeleitet.

Lineare Beschleunigungen werden durch die Maculautriculi und Maculasacculi wahrgenommen. Diese stehen ebenfalls senkrecht zueinander, wobei der Sacculus durch vertikale, der Utriculus durch horizontale Beschleunigungen gereizt wird. Die Härchen dieser Sinneszellen ragen als Fortsätze in eine Membran, welche Kristalle enthält.

Von den Sinneszellen wird die Information über die Lage bzw. die Bewegung des Kopfes über den Nervus vestibulocochlearis (VIII. Hirnnerv) an die Vestibulariskerne weitergeleitet (Ratschko, 2002). Die Information des vestibulären Systems wird einerseits für die Stabilisierung der Augenposition, andererseits für die Aufrechterhaltung der Körperhaltung benötigt. Die Schwerkraft dient hierbei als maßgebliche Referenz. Im täglichen Leben laufen diese Funktionen auf Reflexebene ab. Fällt die Referenz Schwerkraft weg, wird die Bedeutung des Gleichgewichtsorgans bewusst. So erleben 60 % der Raumfahrer die Symptome der Raumkrankheit (Clarke, 2007). Doch auch im Flug fehlt die Referenz, da nicht zwischen Schwerkraft und Beschleunigung unterschieden werden kann. Das Gleichgewichtsorgan ist am Boden ein zuverlässiger Lageindikator. Die Information während des Fluges, durch den Einfluss der Beschleunigung, lässt keine Rückschlüsse auf die Relation zur Umgebung zu.

Es kommt zu einer, vom Piloten gefühlten Scheinbewegung. Hervorgerufen wird dieses Gefühl durch widersprüchliche Interpretation der eingehenden Informationen.

Während des Fluges kann Vertigo auch durch eine rasche Drehbewegung des Kopfes hervorgerufen werden. Das Gegensteuern des Piloten kann zu ungewünschten Fluglagen führen. Doch auch wenn kein Vertigo auftritt, liefert der Gleichgewichtssinn falsche Information. Die Fliehkraft als Kraftkomponente ist Richtung Cockpitsitz gerichtet, vom Piloten kann dies fälschlicherweise als „unten“ interpretiert werden, da sie die Schwerkraft als Referenz ersetzt.

Wird die Rotationsgeschwindigkeit unter einem Schwellenwert durchgeführt, so wird dies nicht als Bewegung wahrgenommen. Bei der Beendigung dieser Drehbewegung rotiert die Flüssigkeit in den Bogengängen des Innenohrs weiter. Dies ruft den Eindruck einer Bewegung in die entgegengesetzte Richtung hervor.

Ein weiteres Beispiel der Desorientierung ist die falsche Interpretation von Beschleunigung als Steigflug. Rasches abbremesen erzeugt die Illusion des Sinkens. Wird allerdings bei Geschwindigkeitsreduktion der Anstellwinkel erhöht, besteht die Gefahr des Abrisses der laminaren Luftströmung im Bereich des Flügels, hervorgerufen durch einen überzogenen Anstellwinkel (Tsang & Vidulich, 2003).

Daher ist es während des Fluges absolut notwendig, dass der Pilot die visuellen Eindrücke richtig interpretiert. Bei guten Sichtbedingungen wird die Umgebung, vor allem der natürliche Horizont, für die Lagebestimmung herangezogen. Während des Instrumentenfluges muss der Pilot auf den künstlichen Horizont (siehe Abb. 2.5.2) vertrauen, auch wenn das Vestibulärssystem eine andere Lage suggeriert. Eine Fehlinterpretation der visuellen Reize führt zur räumlichen Desorientierung (siehe Kap. 2.5.5).



Abbildung 2.5.2: künstlicher Horizont der MD 80 (http://www.computerbase.de/-lexikon/K%C3%BCnstlicher_Horizont, 3.4.08)

2.5.3 Räumliches Sehen

Erst durch das räumliche Sehen ist eine Entfernungsschätzung möglich, die Voraussetzung für Raumwahrnehmung und Orientierung. Wir alle bewegen uns in unserem täglichen Leben im dreidimensionalen Raum, für Piloten stellt er das tägliche Arbeitsumfeld dar. Für den

Menschen ist es wichtig, die Umgebung als Raum zu erfassen, obwohl auf der Netzhaut nur zweidimensionale Information abgenommen werden kann.

Entscheidend für das räumliche Sehen ist laut Bach (1999), dass sich die Gesichtsfelder überlappen, dass Sichtobjekte in beiden Augen auf der Netzhaut abgebildet werden (im Gegensatz zu Lebewesen mit nur wenig überlappenden Gesichtsfeldern, dafür mehr Rundumsicht). Die Augäpfel müssen derart positioniert werden, dass das zu betrachtende Objekt bei beiden Augen auf den korrespondierenden Netzhautstellen abgebildet wird. Die Augenlinse muss sich dabei ebenfalls an die Entfernung anpassen. Mittels der Muskeln wird dabei die Form der Augenlinse verändert. Dieser Mechanismus dient dazu, den Lichtweg im Auge so zu ändern, dass Gegenstände unterschiedlicher Entfernung in der Netzhautenebene scharf abgebildet werden.

Auf der Retina wird das auftretende Licht mit Hilfe von 120 Millionen Sehzellen, den Stäbchen und Zapfen, in Nervenimpulse umgewandelt. Die dünnen Fortsätze der Ganglienzellen bilden gebündelt den Sehnerv und leiten die visuelle Information weiter bis zum Chiasma opticum, der Sehnervengabelung.

In der partiellen Sehnervengabelung werden nun die Nervenfasern so sortiert, dass ein Abbild des Netzhautbildes entsteht. Die Fasern von übereinstimmenden Netzhautstellen sollten an derselben Stelle im Sehzentrum enden.

Die Lichtstrahlen näherer Gegenstände fallen auf querdissipate Netzhautstellen, sie sind etwas nach außen versetzt. Für weiter entfernte Gegenstände gilt analog, dass sie weiter innen abgebildet werden. Diese seitliche Abweichung nennt man Disparität. Alle Objekte, welche nicht auf gleicher Fixationsentfernung liegen, werden auf disparaten, also seitlich verschobenen Netzhautstellen abgebildet.

Eingeschränkt in unserer Tiefenwahrnehmung werden wir durch den seitlichen Augenabstand von etwa 6 cm. Bei größerer Entfernung werden die Augen beinahe parallel ausgerichtet, die Stereodisparität versagt.

Hier können wir auf gelernte Tiefenhinweise zurückgreifen. Sekundäre Tiefenhinweise, oder auch monokulare Tiefencues genannt, können auch mit nur einem Auge interpretiert werden (Herkner, 1992).

Ist die Größe eines Gegenstandes bekannt, kann man auf die Entfernung rückschließen. Bedingt durch die *Größenkonstanz* werden kleinere Objekte als entfernt interpretiert. Systematische Fehleinschätzungen treten auf, wenn die verfügbare Information Mehrdeutigkeit zulässt. Wird die Größe der Vegetation überschätzt, wird auch die eigene Flughöhe als zu hoch eingeschätzt. Bei besonders breiten Flugpisten wird der Landevorgang oftmals zu hoch eingeleitet.

Die *Überschneidung* oder *Verdeckung* lässt ebenfalls Rückschlüsse auf den Raum zu. Sichtbare Gegenstände, welche andere teilweise oder ganz verdecken, liegen näher beim Betrachter.

In der Malerei wird die *Perspektive* bewusst angewandt, um uns räumliche Tiefe auf einem Bild vorzutäuschen.

Bei der *Bewegungsparallaxe* zieht man aus der Bewegungsgeschwindigkeit der Objekte Rückschlüsse auf deren Größe. Gegenstände in sehr großer Entfernung verändern ihre relative Position zum bewegten Betrachter kaum. In der Flugpsychologie ist dieses Phänomen auch als *ground rush* bekannt. Bei geringer Flughöhe zieht das überflogene Gelände schneller vorbei und umgekehrt. Doch auch diese Entfernungsschätzung ist nur relativ zur Fluggeschwindigkeit. Bei geringer Fluggeschwindigkeit ist der Verlust korrekter Entfernungswahrnehmung maßgeblicher Faktor beim Absturz von tief fliegenden Flugzeugen (Haber 1987).

Ein weiteres Tiefenwahrnehmungsmerkmal der Umwelt besteht in gleichmäßigen *Texturen* von Objekten. Ein regelmäßiges Muster wirkt durch Entfernung kleiner.

2.5.4 Räumliche Desorientierung

„Spatial disorientation can be defined as any incident occurring during flight where the pilot fails to sense correctly the position, motion or attitude of his aircraft or of himself in relation to the system of coordinates provided by the surface of the earth and the gravitational vertical.“ (JAR-FCL 3, Section 2, Pkt. 5.7, Otorhinolaryngology, S. 16)

Nach Tsang und Vidulich (2003) sind beinahe alle Desorientierungen auf Falschinformationen des Vestibulärorgans zurückzuführen, durch Bewegungen unter der Wahrnehmungsschwelle, durch Änderung der Fluglage oder Kopfbewegung (siehe Kap. 2.5.2). In der Periode 1988 bis 1993 war nach den CFIT (Controlled flight into terrain) „Loss of Control“ die zweithäufigste Unfallursache (Graeber, 1996). Dass dies selbst bei gut ausgebildeten Piloten vorkommt, zeigt eine Befragung von 1448 deutschen Bundeswehripiloten (Gerbert & Kemmler, 1986). Befragt nach den häufigsten Verhaltensfehlern, die zu kritischen Flugzwischenfällen geführt haben (Mehrfachnennungen möglich), gaben diese an¹:

Verlust der Flughöhe	41,5 %
Nicht eingehaltene Fluggeschwindigkeit	23,2 %
Räumliche Desorientierung	20,2 %
Fehler beim Übergang Sichtflug/Instrumentenflug	11,6 %

Die häufigsten Ursachen für Desorientierung nach Tsang und Vidulich (2003):

Bei guten Sichtflugbedingungen liefert der Sehsinn die verlässlichste Information (siehe Kap. 2.5.2). Werden allerdings die Sichtverhältnisse schlechter, tendieren vor allem die im Instrumentenflug unerfahrenen Piloten dazu, sich auf den Gleichgewichtssinn zu verlassen. Während Nachtflügen kommt es daher besonders oft zur Desorientierung. Der Horizont ist nicht sichtbar oder Konturen werden fälschlicherweise als Horizontreferenz interpretiert. Bekannte Objekte, welche den Raum erfassen lassen und Rückschlüsse auf Geschwindigkeit und Höhe liefern, werden wegen mangelnder Lichtverhältnisse nicht gesehen.

Ein großes Problem beim Erlernen des Fliegens nach Instrumenten bildet die Fähigkeit, sämtliche subjektiven Lagewahrnehmungen bis auf die Instrumentenanzeigen zu ignorieren, denn die Einbeziehung dieser Information kann zur falschen Interpretation der eigenen Lage führen. Dem Gehirn ist es nämlich nicht möglich, zwischen Schwerkraft und Fliehkraft zu

¹ Angeführt werden nur jene Nennungen, welche im Rahmen der Diplomarbeit bearbeitet werden.

unterscheiden. Eine Kurve, mit genau einer Erdbeschleunigung geflogen, wird ohne Information des Sehsinnes als Geradeausflug interpretiert. Während des Umstieges vom Sicht- auf den Instrumentenflug erleben Piloten besonders oft das Gefühl der Desorientierung. Nicht nur verändert sich das Referenzsystem, die Kopfbewegung trägt zusätzlich zum Orientierungsverlust bei.

Die im Mai 2005 gegründete „Industry Safety Strategy Group“ (ISSG), welche als Mitglieder unter anderem Airbus, Boeing, die International Air Transport Association (IATA) und die International Federation of Air Line Pilots Associations (IFALPA) angehören, arbeitete gemeinsam mit der International Civil Aviation Organization (ICAO), um die Sicherheit im Flugverkehr zu erhöhen. Es entstand ein gemeinsam erstelltes Dokument mit dem Titel „Implementing the Global Aviation Safety Roadmap“. Im Anhang E werden technische Lösungen vorgeschlagen, um die Flugunfälle, hervorgerufen durch räumliche Desorientierung, zu minimieren. Neben bereits vorhandenen Warnungen bzgl. zu geringer Fluggeschwindigkeit wird in diesem Dokument auch vorgeschlagen, beim Überschreiten von maximalen Abweichungen um die Längs- bzw. Querachse Warnhinweise zu geben. Es wird auch vermerkt, dass der Kontrollverlust des Flugzeuges meist durch Desorientierung hervorgerufen wird. Zahlreiche Verkehrsflugzeuge sind bereits mit einer „*full flight envelop protection*“ ausgerüstet, welche den Piloten vor gefährlichen Fluglagen schützt (ISSG, 2006).

2.5.5 Orientierungsfehler

Im Gegensatz zur Desorientierung wird bei Orientierungsfehlern die Lage im Raum zwar richtig eingeschätzt, durch Navigationsfehler kommt es aber zur falschen Bestimmung der Position des Flugzeuges.

Aus solchen Fehlern resultierende Unfälle werden „Controlled flight into terrain“ (CFIT) bezeichnet. Die „International Civil Aviation Organization“ (ICAO) definiert diese als Kollision mit der Erde, Wasser oder einem anderen Hindernis, ohne dass vorher ein Kontrollverlust des Flugzeuges stattgefunden hat. Unfälle bei Tiefflügen sowie Unfälle, bei

denen das Flugzeug auf der Landebahn nicht zum Stillstand gekommen ist, fallen nicht in diese Kategorie.

Bereits in den Neunzigerjahren hat die ICAO auf die große Anzahl der CFIT hingewiesen. Cooper (1996) von Boeing sagt über die Ursache: *„Lack of horizontal situation awareness, not knowing where you are, is a primary cause of CFIT accidents. Sometimes they know where they are but not where the nav radio is, sometimes they know where the nav radio is but not where they are; and sometimes they don't know either position and are totally lost.”* (Zit. nach Cooper, 1996, S. 90)

Graeber (1996) hat bei der Überprüfung der Unfallstatistiken festgestellt, dass zwischen 1988 und 1993 CFIT als häufigste Unfallsursache aufscheint, 28 der insgesamt 76 Unfälle sind darauf zurückzuführen (Graeber, 1996, S.32). Einmal führte der Orientierungsverlust während der Startphase zu einem Unfall, die anderen während des Sink- bzw. Anfluges (Cooper, 1996).

Es wurde ein Programm initiiert, um solche Unfallsarten zukünftig zu vermeiden. Seit 1996 wurden die Flugzeuge mit einem EGPWS, einem „Enhanced Ground Proximity Warning System“ ausgestattet bzw. wurden nachgerüstet. In Europa haben bereits alle kommerziell eingesetzten Luftfahrzeuge dieses System integriert. Seither ist kein Unfall eines Flugzeuges, das mit EGPWS ausgestattet ist, als CFIT kategorisiert worden.

Im Safety Report der IATA (IATA, 2006) ordnet die Organisation zehn der 111 Unfälle des Jahres 2005, das sind 9 %, in die Kategorie der CFIT ein. Neben schlechten Wetterbedingungen nennt die IATA folgende Gründe der CFITs als Unfallsursache: schlechte Pilotenleistung, mangelhafte Kommunikation der Piloten und Missachtung festgelegter Verfahren.

Es wird neben einer vertikalen Darstellung der Umgebung (Navigation Display (ND)), welche bei den modernen Flugzeugen bereits vorhanden ist, ein „Terrain Awareness and Warning System“ (TAWS) empfohlen (ISSG, 2006).

Zusätzlich sollte die über Bodenecho gemessene Höhe (Radio-Altimeter) angezeigt werden (siehe Abb. 2.5.5). Im Lageinstrument (Primary Flight Display [PFD]) sollte die Minimumhöhe über der gegenwärtigen Position zusätzlich angezeigt werden. Für den Anflug

wird in diesem Dokument die Einführung von Anzeigen fiktiver Ebenen (*slope final approaches*) rekommandiert, um einen konstanten Sinkflug zu ermöglichen.

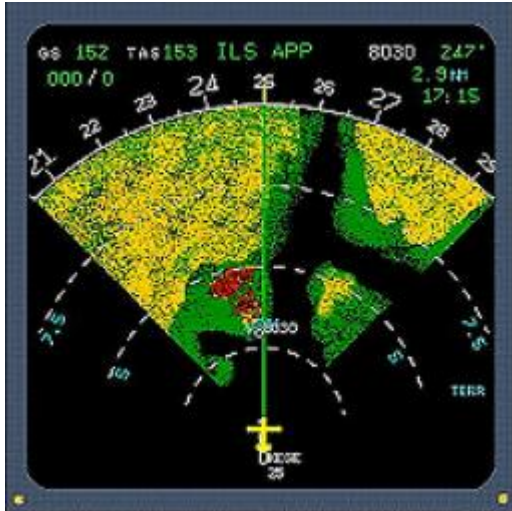


Abbildung 2.5.5: Navigationsdisplay mit zusätzlicher Einblendung des Bodenechos
(<http://www.eu-flysafe.org/Project/Aviation-Hazards/Terrain/current-systems.html>, 3.8.08)

2.6 Aufgabenstellung der Fluglotsen bei Ausübung ihres Berufes

Da sich die Diplomarbeit mit dem Einsatz des 3DW und des EST bei der Selektion von Piloten- und Fluglotsenanwärter beschäftigt, der Beruf des Fluglotsen allerdings weitgehend unbekannt ist, werde ich kurz die verschiedenen Aufgabenbereiche der Fluglotsen vorstellen. Das Ziel des Fluglotsen bei Ausübung seines Berufes ist es, die Flugzeuge möglichst sicher und ökonomisch zu ihrem Ziel zu geleiten, indem er den Verkehrsfluss der Luftfahrzeuge organisiert.

Nach ihrem zuständigen Arbeitsbereich werden Fluglotsen in Untergruppen wie folgt unterteilt (Annex 1 der ICAO Kapitel 4 [Pkt. 4.4]):

Arbeitsplatzberechtigung für

Turm

aerodrome control rating

Anflugkontrolle ohne Radar

approach control rating

Anflugkontrolle mit Radar

approach radar control rating

Anflugkontrolle mit Präzisionsradar

approach precision radar control rating

Bezirkskontrolle ohne Radar	<i>area control rating</i>
Bezirkskontrolle mit Radar	<i>area radar control rating</i>

Tabelle 2.6.1: Arbeitsbereiche der Fluglotsen nach ICAO nach Annex 1, Pkt.4.4

Die Deutsche Flugsicherung (DFS) beschreibt auf ihrer Homepage ausführlich die verschiedenen Arbeitsplätze mit dem Bestreben über den Beruf zu informieren und Bewerber zu rekrutieren.

(http://www.dfs.de/dfs/internet_2008/deutsch/inhalt/fluglotse_werden_der_job/index.html, 13.5.08)

Die nachfolgende Zusammenfassung soll einen Überblick über die verschiedenen Arbeitsplatzbereiche geben.

Die Turmlotsen überwachen den Flugplatzverkehr, indem sie rollende, startende und landende Flugzeuge mittels Freigaben lenken. Bei gutem Wetter haben die Turmlotsen direkten Sichtkontakt zu den Luftfahrzeugen. Bei schlechten Wetterbedingungen werden sie an großen Flughäfen von einem Bodenradar unterstützt. Kurz nach dem Start übernehmen die Kollegen in der An-/Abflugkontrolle. Sie kontrollieren den Flugweg, bis das Flugzeug eine bestimmte Höhe erreicht hat und der Lotse der benachbarten Bezirkskontrollstelle übernimmt. Umgekehrt bei der Landung: Hier wird die Maschine zunächst an die An-/Abflugkontrolle übergeben. Kurz vor der Landung übernimmt schließlich der Towerlotse das Flugzeug und führt es sicher auf den Boden.

Die Kontrollzentralen kontrollieren die Überflüge und werden in Sektoren aufgeteilt, deren Grenzen nach betrieblichen Erfordernissen festgelegt worden sind. Auf jedem dieser Sektoren arbeitet ein Team, welches aus zwei Fluglotsen, dem Radar- und dem Koordinationslotsen besteht. Der Radarlotse stellt anhand der gewonnenen Information des Radarbildes durch Funkanweisungen an die Piloten die Staffelung zwischen den Flugzeugen sicher, während der Kollege mit den benachbarten Sektoren koordiniert. Dabei werden die Flugwege von Flugzeugen, die Flughöhen und andere Informationen an benachbarte Sektoren weitergegeben. Eine der Hauptaufgaben des Radarplaners oder Koordinators ist das Erstellen und Verwalten der Kontrollstreifen (siehe Abb. 2.6.2). Diese enthalten alle notwendigen Informationen über das aktuelle Verkehrsgeschehen, bei Flugkontrollstellen ohne Radar wird mithilfe dieser Aufzeichnungen der Verkehrsfluss geordnet. Diese Kontrollstreifen werden

vom Flugplandaten-Verarbeitungssystem erstellt, dem Flugplan entnommene Daten werden darauf vermerkt. Die Streifendaten ermöglichen dem Koordinator, mögliche Konflikte zweier Flugzeuge aufgrund der Überflugszeiten gemeinsamer Kreuzungspunkte bereits vor dem Einflug in den zuständigen Sektor zu erkennen. In diesem Fall wird der Koordinator den Radarverkehrsleiter, der für die Verkehrsplanung zuständig ist, informieren und versuchen, den Verkehrskonflikt in Absprache mit den benachbarten Sektoren zu lösen.



Abbildung 2.6.2: Kontrollstreifen (<http://www.dfs.de/dfs/internet/deutsch/index.html>, 8.8.08)

Der Radarverkehrsleiter verfolgt den Verkehrsfluss mittels Radarmonitor, um mögliche Annäherungen zu erkennen und mittels Anweisungen an die Piloten zu lösen. Jedes Flugzeug ist als Positionssymbol dargestellt, zusätzliche Information wird in einem zugeordneten Kasten (*radar label*) angezeigt (siehe Abb. 2.6.3).

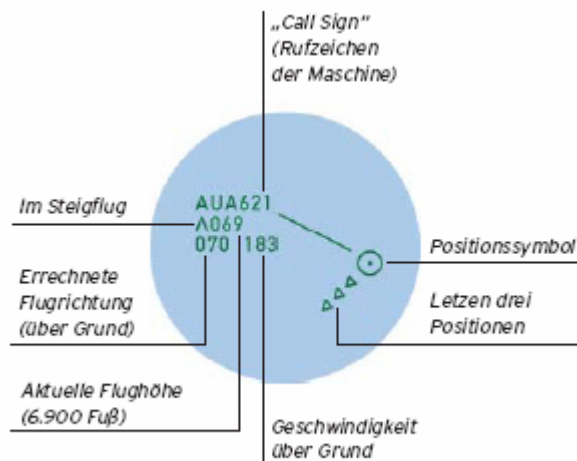


Abbildung 2.6.3: Flugzeugdarstellung auf dem Radarbild
(Fluglotsen_Folder_tcm586-63074 der Austro Control)

Der Flugweg der Flugzeuge, welche nach Instrumentenflugregeln fliegen, wird von den Lotsen überwacht. Sie werden vertikal mit mindestens 1000 Fuß (rund 300 Meter) und horizontal zwischen 2,5 und 6 Nautischen Meilen Abstand (das sind 4,6 bis 11,1 Kilometer) gestaffelt. Fliegt der Pilot nach Sichtflugregeln und nicht nach Instrumenten, ist der Pilot, abhängig von der Luftraumklassifizierung, selbst dafür verantwortlich, den Abstand zu anderen Flugzeugen einzuhalten. Die genauen Staffelnungskriterien sind im ICAO Dokument 4444 (ICAO, 2001) festgehalten.

Um die Staffelung zwischen den Flugzeugen sicherzustellen, arbeitet der Fluglotse mit der gewonnenen Information, welche er visuell über den Radarschirm bzw. auditiv mittels Sprechfunk erhält. Mit der gewonnenen Information wird die Situation erfasst und geistig verarbeitet (*mental picture*). Im Dokument des „European Air Traffic Control and Harmonisation and Integration Programme“ (EATCHIP) „Model for Task and Job Descriptions of Air Traffic Controllers“ (EATCHIP, 1996) wird eine gute Beschreibung der „*situational awareness*“, der Kenntnis der Situation oder auch Situationslage, geliefert. Sie wird beschrieben als kontinuierlicher Informationsgewinn und Integrierung desselben in bereits bestehendes Wissen, um ein kohärentes Bild der Situation zu gewinnen. Diese Vorstellung ist notwendig, um zukünftige Ereignisse zu antizipieren. Das Bewusstsein der gegenwärtigen Lage dient als Basis für die Entscheidungsfindung der Fluglotsen.

Weiters wird in diesem Dokument ausgeführt, dass es weitgehend von den kognitiven Fähigkeiten des Menschen abhängt, ein klares und stabiles drei- oder vierdimensionales Bild der Verkehrslage, gewonnen durch visuelle und auditive Daten, zu erstellen. Der Überblick über die aktuelle Lage ermöglicht es dem Fluglotsen, mögliche Konfliktsituationen zu erkennen. Ist eine Lösung gefunden, wird diese mittels Radiotelefonie den Piloten per Anweisung mitgeteilt. Dabei wird zumindest einem Flugzeug eine andere Route oder eine andere Flughöhe zugewiesen (siehe Abb. 2.6.4).

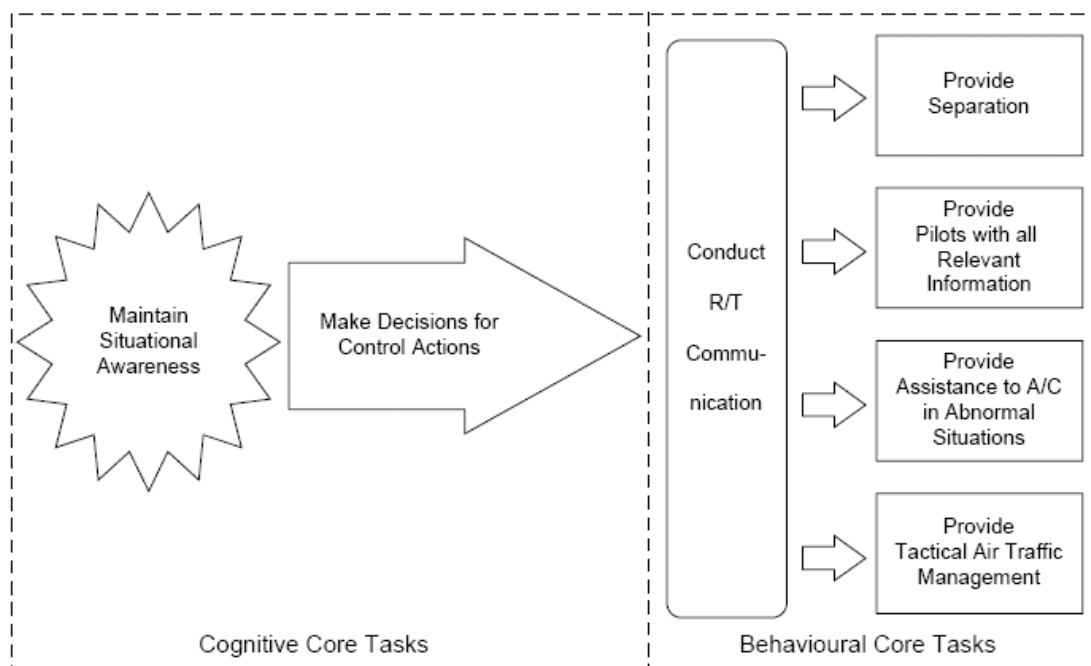


Abbildung 2.6.4: Process model of ATCO Core Tasks (EATCHIP 1996, S. 14)

Der Informationsgewinn findet außerhalb der Objekte, welche in räumliche Relation gestellt werden, statt. Der Fluglotse ist immer ein externer Betrachter des Systems. Während der Arbeit des Fluglotsen findet niemals, im Gegensatz zur Arbeit des Piloten, ein Perspektivenwechsel statt (siehe Kapitel 2.6.1). Allerdings hat der Flugverkehrsleiter, im Gegensatz zum Piloten, mit einer Vielzahl von Flugzeugen zu arbeiten, welche im Verlauf der Arbeit im Sektor ein- und ausfliegen. Es ergeben sich immer neue Aufgabenstellungen, bedingt durch den dynamischen Prozess, hervorgerufen durch den gegebenen Verkehrsfluss.

Verliert der Kontrollierer den Überblick (*loss of situational awareness*), erkennt er die potenziellen Konflikte nicht mehr und kann auch keine Lösungen erarbeiten. Dies geschieht,

wenn die Informationsmenge die Fähigkeiten des Fluglotsen übersteigt, diese in ein schlüssiges Bild zu integrieren. „*It is associated with heavy traffic, where there is generally most information to be integrated. Its onset can be sudden, but is often preceded by a period during which the controller becomes increasingly worried that loss of picture is liable to occur.*” (Zit. nach Hopkin, 1995, S. 3) Wenn dies geschieht, muss der Flugverkehrsleiter das Bild wieder neu aufarbeiten, wobei das Wiedererlangen zumeist nicht ganzheitlich, sondern schrittweise erfolgt (Anne R.I., 1995).

2.6.1 Ausbildung der Fluglotsen

Bereits 1948 wurden durch die ICAO (International Civil Aviation Organisation) Standards für die Lizenzierung von Luftfahrtpersonal festgelegt.

Heute ist unverändert im Kapitel 4 des Annex 1 der ICAO die Ausbildung zum Fluglotsen über die Lerngegenstände und die Mindesterfahrung an praktischen Lerneinheiten definiert. Vom angehenden Fluglotsen wird das Studium folgender Bereiche gefordert: Flugrecht, Grundkenntnisse der Aviatik, Meteorologie, Navigation und angewandte Verfahren im Flugverkehr.

In der Einleitung des EATMP (1999) wird festgestellt, dass wenig Weiterentwicklung seit 1948 stattgefunden hat:

However, the inherent conservatism in air traffic control has dictated the way in which people are trained and from this perspective there has been little change in the last fifty years. Typically, all the theory will be covered by classroom lectures (to gain knowledge) before undertaking a series of practical exercises on a simulator in order to apply the basic operating procedures. Following this, there is a period of On-the-Job Training (OJT) at an operational unit (EATMP 1999, S. 5).

Stellvertretend für andere europäische Flugsicherungseinheiten wird der Ausbildungsverlauf in Deutschland vorgestellt, wie er im Forschungsbericht der DLR (Damitz & Eißfeld et al., 2000) beschrieben wird.

Der Theorieteil wird in Deutschland „*institutional training*“ genannt. Diese lehrgangsgebundene Ausbildung findet an der Akademie in Langen statt und dauert ca. 17 Monate. Prüfungen werden begleitend zur Schulungsphase absolviert, abgeschlossen wird die Ausbildung mit der theoretischen Abschlussprüfung. Diese theoretische Ausbildungsphase besteht aus zwei Abschnitten und umfasst folgende Gegenstände: Flugverkehrskontrolle, Flugdatenbearbeitung, Wetterkunde, Navigation, Flugsicherungstechnik, Luftfahrtkunde, Luftfahrtenglisch und Luftfahrtrecht.

Danach werden die auszubildenden Lotsen den Ausbildungsgängen zugeteilt, Tower/Approach oder Center. Diese dauern ungefähr fünf Monate, die Trainees werden dabei am Simulator auf ihre zukünftigen Arbeitsplätze vorbereitet. Abgeschlossen wird diese Phase mit „praktischen Arbeitsproben“, bestehend aus einer Leistungsüberprüfung auf der Arbeitsposition Koordinator und Radar. Bei dem Lehrgang Tower/Approach ist zusätzlich eine Prüfung für den Tower zu absolvieren.

Nach der Zuweisung der Dienststelle erfolgt die praktische Ausbildung, welche nochmals etwa 13 bis 16 Monate dauert.

Mit der Erstellung der Richtlinie 2006/23/EG legte das Europäische Parlament die Grundlage für eine Harmonisierung der Fluglotsenausbildung innerhalb der Europäischen Union. In dieser Richtlinie werden Kompetenzstandards festgelegt, es bleibt allerdings den Mitgliedsstaaten überlassen festzulegen, wie diese Standards erreicht werden sollen. Sie basiert auf bestehenden internationalen Vorgaben, ausgegeben durch die Internationale Zivilluftfahrt-Organisation (ICAO). Im Anhang II sind die Anforderungen an die Ausbildung von Fluglotsen festgelegt. Die grundlegende Ausbildung soll gewährleisten, dass die Fluglotsen *„in der Lage sind, den Luftverkehr sicher, schnell und effizient abzufertigen“* (EU, 2006, S. 33).

Folgende Sachgebiete umfasst die grundlegende Ausbildung: *„Luftrecht, Flugverkehrsmanagement, einschließlich Verfahren für die Zusammenarbeit zwischen zivilen und militärischen Stellen, Meteorologie, Navigation, Luftfahrzeuge und Grundlagen des Fliegens, einschließlich der Verständigung zwischen Fluglotse und Luftfahrzeugführer, menschliche Faktoren, Ausrüstung und Systeme, berufliches Umfeld, Sicherheit und Sicherheitskultur, Sicherheitsmanagementsysteme, außergewöhnliche Situationen und*

Notsituationen, Auftreten von Systemmängeln, Sprachkenntnisse, einschließlich Sprechgruppen für den Funkverkehr.“ (entnommen EU 2006/23/EG, 2006, S. 33)

Die EU-Richtlinie schreibt weiters vor, dass diese Sachgebiete während der Ausbildung sowohl in theoretischen als auch in praktischen Lehrgängen, einschließlich Simulationsübungen, unterrichtet werden müssen. Es soll sichergestellt sein, dass „*der Übergang zur betrieblichen Ausbildung erleichtert wird.*“ (entnommen EU 2006/23/EG, 2006, S.33) Für die betriebliche Ausbildung müssen Verfahren und zeitliche Vorgaben festgelegt werden, die es ermöglichen, unter Aufsicht eines Ausbildners die lokalen Verfahren anzuwenden. Sowohl bei der grundlegenden als auch bei der betrieblichen Ausbildung ist eine kontinuierliche Beurteilung oder Prüfung vorzusehen. Vorgeschrieben wird in dieser Richtlinie auch das Kompetenzerhaltungstraining, welches theoretische und praktische sowie Simulationsübungen umfassen muss. Es dient zur Aufrechterhaltung und Überprüfung der notwendigen Fertigkeiten der Fluglotsen bei ihrer täglichen Arbeit.

Bei der Austro Control GmbH wurde die EU-Richtlinie in den Ausbildungsverlauf bereits eingearbeitet (http://www.austrocontrol.at/Images/Ausbildungsweg_tcm586-63605.pdf, 8.8.08).

Im *Basic-Kurs (einschließlich Sprechfunkzeugnis)* werden folgende Gegenstände unterrichtet: *Kenntnisse über das System Flugsicherung und Sprechfunkübungen am Flugfunksimulator, Grundkenntnisse über Kontroll- und Radarverfahren, Flugnavigation, Meteorologie, Luftfahrzeuge und Flugsicherungssysteme.*

Nach einem zusätzlichen Fluginformationsdienst-Modul mit Unterricht über das österreichische Luftfahrtgesetz, die Flugdatenbearbeitung und den radarunterstützten Fluginformationsdienst werden die angehenden Fluglotsen am Simulator eingeschult, um anschließend erstmals praktische Erfahrung an der Fluginformationsdienststelle zu sammeln. Bereits in diesem Stadium der Ausbildung findet eine Trennung statt, abhängig von der geplanten Dienststelle.

Folgende Themen werden im *Common-Kurs* abgehandelt: *Umfassende und vertiefende Kenntnisse über Kontroll- und Radarverfahren für Terminal und En Route, Flugnavigation, Flugsicherungssysteme, Not- und Ausfallverfahren, Flugsimulator und Englisch.*

Hier findet bereits im Theoriekurs die zukünftige Dienststelle Berücksichtigung. Fluglotsen, welche für die Anflug- und/oder Flugplatzkontrolle vorgesehen sind, erhalten im *Terminal-Kurs* Unterricht über spezielle Verfahren der Anflug- und Flugplatzkontrolle. Als Vorbereitung für die Bezirkskontrollstellen werden im *En-Route-Kurs* spezielle Verfahren für den zukünftigen Arbeitsplatz gelehrt.

Die folgenden Praxisübungen finden am hauseigenen Simulator statt, sie bereiten die angehenden Lotsen auf das Arbeiten am Arbeitsplatz unter Aufsicht vor. Nachdem Fluglotsen, welche für die Bundesländerflughäfen vorgesehen sind, sowohl bei der Flugplatzkontrolle mit dem Arbeitsplatz Turm als auch bei der Anflugkontrolle eingesetzt werden, werden standardmäßig folgende Praxisübungen am Simulator absolviert:

- Flugplatzkontrolle
- Anflugkontrolle ohne Radar
- Anflugkontrolle mit Radar
- Flugplatzkontrolle mit Radar

Als Vorbereitung für die Bezirkskontrollstellen sind zwei Kurse am Simulator als Vorbereitung für die folgenden Ausbildungsabschnitte vorgesehen:

- Bezirkskontrollstelle ohne Radar
- Bezirkskontrollstelle mit Radar

Jeder Kursabschnitt wird mit einer Prüfung abgeschlossen, die Bewertung erfolgt durch die Lehrer.

Damit wird die EU-Richtlinie 2006/23/EG erfüllt, welche im Anhang II, Teil A folgendes vorschreibt: „*Die Kompetenz des Anwärters nach der grundlegenden Ausbildung ist durch geeignete Prüfungen oder mittels eines Systems kontinuierlicher Beurteilungen zu bewerten.*“ (entnommen EU 2006/23/EG, 2006, S.33)

Im Teil B wird weiter festgehalten, wie diese Beurteilung zu erfolgen hat: „*Die Beurteilung der erforderlichen Fertigkeiten erfolgt in geeigneten Prüfungen oder mittels eines Systems kontinuierlicher Beurteilungen durch zugelassene Kompetenzprüfer oder Kompetenzbeurteiler, die die Beurteilung neutral und objektiv vornehmen.*“ (entnommen EU 2006/23/EG, 2006, S.33) Bei den Prüfungen am Simulator wird mittels Bewertungsstandards versucht, die Bewertung der Praxisprüfungen weitgehend zu objektivieren. Mittels

Bewertungskatalog werden Fehlern Punktabzüge zugeordnet, so werden z. B. für eine Unterschreitung 25 Punkte abgezogen. Bleiben von 100 Punkten mindestens 75 Punkte, wird das Beispiel als positiv bewertet. Insgesamt werden an vier Tagen acht Arbeitsproben von verschiedenen Lehrern bewertet. Somit müssen von 800 möglichen Punkten mindestens 600 erreicht werden, um den Kurs positiv abzuschließen. Die Bewertungsmodalitäten wurden über die Jahre adaptiert, so müssen heute zusätzlich mehr als die Hälfte der Prüfungsbeispiele positiv absolviert werden (Persönliche Auskunft der Lehrer am Simulator der ACG bzw. Einsichtnahme in das Verrechnungsschema des Prüfungsprotokolls). Vor dem Einsatz auf der zugewiesenen Dienststelle findet derzeit für die Fluglotsen, welche für die Anflugkontrollstelle Wien vorgesehen sind, ein „*pre on the job*“-Training statt. Dieser Trainingsabschnitt wird nicht bewertet, er bietet die Möglichkeiten, den zukünftigen Fluglotsen optimal auf seine Arbeitsstelle vorzubereiten. Dieser Teil des Trainings ist zukünftig für alle Fluglotsen vorgesehen.

Im letzten Ausbildungsabschnitt arbeitet der angehende Fluglotse unter Aufsicht und Verantwortung eines Lehrerteams, jede Unterrichtseinheit wird vom verantwortlichen Lehrer bewertet. Nach Erreichen einer vorher festgelegten Stundenanzahl und Zustimmung des Lehrerteams kann der Fluglotse zur Prüfung antreten, um anschließend alleinverantwortlich zu arbeiten. Frühestens drei Jahre nach dem Erhalt des Ratings kann sich der Flugverkehrskontrolleur als Lehrer bewerben.

2.6.2 Kollisionen im Luftverkehr

Trotz einer Vielzahl technischer Hilfseinrichtungen kommt es im Flugverkehr immer wieder zu Unterschreitungen des Mindestabstandes zweier Flugzeuge. Für diese Fälle gibt es in jedem Verkehrsflugzeug ein bodenunabhängiges Kollisionswarnsystem, das TCAS (Traffic Alert and Collision Avoidance System). Es warnt den Piloten vor der Annäherung eines anderen Flugzeuges und schlägt vertikale Ausweichmanöver vor. Hinweise auf andere Flugzeuge, TA oder „*Traffic Advisory*“, werden 20 bis 48 Sekunden, Ausweichmanöver, RA oder „*Resolution Advisory*“, werden 15 bis 35 vor dem Einflug in die potenzielle „*collision area*“ ausgelöst (vgl. Honeywell, 1999).

Ähnlich dem TCAS, gibt es auch in den Kontrollstellen ein Warnsystem: das System des Short Term Conflict Alert (STCA), welches mit optischen und akustischen Warnsignalen ausgestattet ist. Es liefert optische Hinweise etwa 120 Sekunden vor einer drohenden Annäherung zweier Flugzeuge auf weniger als 6,5 Nautischen Meilen, bei einer vertikalen Staffelung von weniger als 1500 Fuß. Sobald der Abstand von 6,5 Nautischen Meilen unterschritten wurde, ertönt der akustische STCA-Alarm (vgl. Schönberg, 2004).

Trotz der Vielzahl der vorhandenen Sicherheitssysteme kann es zu Kollisionen zweier Verkehrsflugzeuge kommen, wie der Unfall am 1. Juli 2002 über dem Bodensee auf tragische Weise gezeigt hat. Bei diesem Unfall kollidierten eine Boeing 757 und eine Tu154 in 34980 Fuß (siehe auch Kapitel 2.4.2; Schöneberg, 2004).

Meistens ergeben sich unkontrollierte Annäherungen zweier Flugzeuge im Flughafennahbereich oder auf dem Gelände selbst. Als im März 1997 auf Teneriffa zwei Boeing 747 auf der Piste kollidierten, starben 583 Menschen. Die NTSB nahm das Thema „Runway Incursion“ in die „Safety Board’s Most Wanted List“ auf (NTSBb, <http://www.nts.gov/recs/mostwanted/runways.htm>, 26.07.2008) und führte zusätzliche Sicherheitssysteme ein. Dennoch blieb die Anzahl der Staffelungsunterschreitung mit 6,1 pro 1 000 000 Flughafenbewegungen über die Jahre unverändert.

Um Flugzeugannäherungen zu untersuchen und bezüglich des Gefährdungspotenzials zu klassifizieren, wurde in Deutschland die unabhängige „Aircraft Proximity Evaluation Group“ (APEG) gegründet.

Im Jahr 2007 wurden im deutschen Luftraum bei einer Gesamtanzahl von 3 115 000 kontrollierten Flügen sechs Annäherungen zweier Luftfahrzeuge registriert, wobei drei als „unmittelbare Gefährdung“ und weitere drei als „Sicherheit nicht gewährleistet“ kategorisiert wurden.

Durch den Einsatz technischer Hilfsmittel hat die Anzahl der Beinahezusammenstöße in den letzten Jahrzehnten stets abgenommen. Die Deutsche Flugsicherung (DFS) gibt auf ihrer Homepage die Anzahl der gefährlichen Annäherungen pro Jahr, wie sie durch die APEG eingestuft worden sind, bekannt. In der Tabelle 2.6.5 wird die Statistik der APEG teilweise wiedergegeben (<http://www.dfs.de/dfs/internet/deutsch/index.html>, 27.07.2008).

Tabelle 2.6.5: Anzahl gefährlicher Annäherung zweier Flugzeuge in deutschem Luftraum ²

Jahr	kontrollierte Flüge gesamt	gefährliche Annäherungen (Kategorie A)	gefährliche Annäherungen (Kategorie B)	gefährliche Annäherungen (A+B)
2007	3.115.000	3	3	6
2006	2.983.000	0	2	2
2005	2.866.000	2	1	3
2000	2.584.000	7	5	12
1995	2.034.000	13	10	23
1990	1.553.000	12	28	40
1985	1.012.000	17	31	48
1980	940.000	23	27	50
1975	744.000	104	106	210

Kategorie A: akute Zusammenstoßgefahr

Kategorie B: Sicherheit ist nicht gewährleistet

2.7 Die Selektion der Ausbildungskandidaten dieser Berufsgruppen

In der Annahme, dass ähnliche Fähigkeiten in beiden Tätigkeitsfeldern notwendig seien, fanden oft gleiche Tests für beide Berufsgruppen Verwendung. Als Beispiel sei der „Test of Multitasking Performance“ (TOM) der Deutschen Forschungsanstalt für Luft- und Raumfahrt (DLR) angeführt. Dieser Gerätetest erwies sich als erfolgreich für die Pilotenselektion. Bei der Fluglotsenselektion vermochte er jedoch nicht zwischen erfolgreichen und ausgeschiedenen Fluglotsenschülern zu unterscheiden (Eißfeld 1991).

² Jahre 2001-2003 wurden aus der Tabelle entfernt

2.7.1 Selektion als Sicherheitsfaktor

Im Dokument 9683 der ICAO (International Civil Aviation Organisation) mit dem Titel „Human Factors Training Manual“ wird festgehalten, dass Sicherheit eine der Hauptaufgaben der Organisation ist. Nachdem drei Viertel der Flugunfälle auf menschliche Fehlleistungen zurückzuführen sind, könnte jede Verbesserung in diesem Bereich einen positiven Einfluss auf die Flugsicherung haben (ICAO, 1998).

Im Punkt 5.4.1 dieses Dokumentes wird darauf hingewiesen, dass sowohl die Sicherheit als auch die Effizienz von der Selektion der geeigneten Personen abhängen. Die Personalauswahl wird von der IATA teilweise als unfallsursächlich gesehen; Unfälle welche darauf zurückgeführt werden, mit dem „O9“ kodiert (IATA, 2006).

Die Auswahl des Personals soll sicherstellen, dass die Gefahr menschlichen Versagens minimiert wird. Selektion ist hierbei ein Teil der Qualitätssicherung.

2.7.2 Psychologische Eignungsauswahl als ökonomischer Faktor

Selektion wird allgemein als „Auswahl aus einer Gruppe“ verstanden. Diese Auswahl erfolgt im Normalfall nach vorher festgelegten Kriterien. Das Ziel dabei ist es, geeignete bzw. bei vorher festgelegter Anzahl benötigter Personen die besten innerhalb der Gruppe herauszufiltern. Selektion kann daher auch aus einem ökonomischen Gesichtspunkt betrachtet werden. Die Ausbildung ist meist sehr kostenintensiv, eine hohe Ausfallrate verursacht daher hohe Kosten. Hierbei ist die Selektion, unter ökonomischem Gesichtspunkt, eine Investition, um spätere Kosten zu vermeiden. Im Rahmen des EATCHIP (EATCHIP, 1998d) wurden die Kosten und Vorteile der Selektion untersucht.

Während des Selektionsprozesses können zwei Arten von Fehlern auftreten: das Akzeptieren von nicht geeigneten Kandidaten und das Ablehnen von geeigneten Kandidaten.

Während die Kosten einer abgebrochenen Ausbildung abgeschätzt werden können, ist es schwierig, die entstandenen Kosten zu beziffern, welche durch das Ablehnen eines geeigneten Kandidaten entstanden sind. Besteht ein Engpass an fertigen Fluglotsen, müssten auch Folgekosten im operativen Bereich wie Überstunden, Überflugrestriktionen usw. mitberücksichtigt werden.

Bis 1999 betrug die Durchfall-Rate während der Ausbildung innerhalb der ECAC Staaten bis zu 70 %, wobei der Durchschnitt bei 24 % lag (EATMP, 1999a). Vergleicht man diese Zahlen mit der Ausfallrate des Pilotentrainings von etwa 10 % (Gordon, 1991; Damitz et al., 2001; Doat, 1995), wird das mögliche Potenzial an Verbesserungen deutlich. Obwohl einige Eigenschaften nur von einer Berufsgruppe gefordert werden, wie zum Beispiel die psychomotorischen Fähigkeiten beim Piloten, ist die Überschneidung an „gewünschten Fähigkeiten“ groß.

Werden nur „potenzielle“ Kandidaten zur Selektion zuzulassen, kann angenommen werden, dass die Gruppe der Bewerber sich von der Durchschnittsbevölkerung unterscheidet. Aus diesem Grunde ist eine genauere Differenzierung in einem ähnlichen Leistungsparameter wichtig. Dies ist durch adaptives Testen möglich. Die Vorgabe adaptiver Tests stellt eine besondere Art der Testökonomie dar (Kubinger, 1996). Da nicht eine gewisse Reihenfolge eingehalten werden muss, können die leichteren Aufgaben, welche keinen Informationsgehalt liefern, übersprungen werden. Dafür können mehr Aufgaben im potenziellen Leistungsbereich vorgegeben werden. Dadurch ist eine Messung eines fein abgestuften Fähigkeitsparameters möglich. Es werden dadurch auch Vergleiche von annähernd gleich guten Kandidaten möglich. Die Voraussetzung eines genügend großen Itempools ist beim 3DW bereits vorhanden (siehe Kap. 2.3.3).

Vielfach wird versucht, die Selektion selbst möglichst ökonomisch zu gestalten, etwa durch eine Vorauswahl der Bewerber. Im Dokument des „Proceedings of the First EUROCONTROL Selection Seminars: Current and Required Future Selection Work and Methods in the ECAC (European Civil Aviation Conference) Area“ (1999) wird im Punkt 4.1 festgehalten, dass eine Vorselektion stattfinden sollte, um nicht Ressourcen und Zeit zu verschwenden, denn nur ein geringer Prozentsatz der Bewerber kann zur Ausbildung zugelassen werden. Dadurch sind die Selektionskosten der nicht akzeptierten Kandidaten sehr hoch. Die Vorauswahl besteht in der Identifizierung von Teilpopulationen, welche das höchste Potenzial für einen positiven Trainingsverlauf haben. Die Strategie einer Vorselektion ist erfolgreich, wenn Merkmale bekannt sind, welche den Ausbildungsverlauf voraussagen können und die Anzahl der Bewerber groß genug ist. Im gleichen Jahr veröffentlicht Eurocontrol noch eine EATMP Guideline (2001d), welche sich ausführlich mit

der Vorselektion beschäftigt. Neben den Punkten Alter, Schulabschluss und Notendurchschnitt wird die Erfahrung mit Arbeiten an räumlichen Vorstellungsaufgaben (*Experiences with Spatial Ability Task*) neben anderen Prädiktoren für eine Vorselektion genannt. Räumliches Vorstellungsvermögen ist unabdingbar und daher sollte jeder Hinweis auf ein gutes räumliches Vorstellungsvermögen mitberücksichtigt werden. Als Beispiel werden Bewerber genannt, welche technisches Zeichnen, Modellbauen usw. als Hobby angegeben haben. Eine weitere Aktivität, welche hohes räumliches Vorstellungsvermögen benötigen würde, wäre nach diesem Dokument der Orientierungslauf.

Einige Fluglinien und auch einige ECAC Staaten wenden dabei die *head hunting*-Strategie an, indem sie aktiv auf potenzielle Kandidaten zugehen (EATMP, 2001d).

Die DLR (Abteilung Luft- und Raumfahrtpsychologie), welche Selektionen für deutsche Fluglotsen und deutsche Fluglinien durchführt, versuchte bereits 1995, die Ökonomie des Selektionsverfahrens zu verbessern. Es wurde ein Fragebogen zur Erhebung biografischer Daten entwickelt, welcher die potenziellen Kandidaten einer positiven Selektion ermitteln sollte (EATM, 1999). Als 1998 dieses Verfahren erstmals zum Einsatz kam, musste allerdings festgestellt werden, dass die nach dem Fragebogen vorausgewählte Gruppe, keine höhere Erfolgsrate bei der Selektion vorweisen konnte.

2.7.3 Pilotenselektion

Goeters sieht den Hauptgrund einer Selektion in der Verbesserung der Zuverlässigkeit der Flugdurchführung: *“The psychological evaluation should identify those subjects who are expected to develop problems in aircraft operations such as failing of checks, unsafe aircraft handling, incidents, accidents and other negative behavioural events.”* (Goeters, 1995, S. 150)

Goeters rechtfertigt weiters die psychologische Evaluierung mit vorliegenden empirischen Daten, welche anzeigten, dass Problemfälle in der Pilotenausbildung durch psychologische Auswahlverfahren vorausgesagt werden können.

Die Selektion der angehenden Flugzeugführer wird meistens direkt von der Fluglinie durchgeführt. Manchmal wird diese allerdings an externe Firmen vergeben bzw. in

Kooperation mit anderen Fluglinien die Auswahl aus der Bewerbergruppe getroffen. Die Selektion der Militärpiloten erfolgt immer durch die nationale Luftwaffe.

Die Selektion unterscheidet zwischen Personen ohne fliegerische Vorkenntnisse und bereits fertig ausgebildeten Piloten (siehe Kap. 2.7.3.3).

Bei der Auswahl für Pilotenschüler wird zumeist auf vorhandene Tests zurückgegriffen. Zusätzlich finden auch immer mehr selbst gemachte Tests Anwendung. Die untersuchten Merkmale umfassen Konzentration und Aufmerksamkeit, Merkfähigkeit und Raumvorstellung, psychomotorische Koordination und Mehrfacharbeitskapazität sowie physikalisch-mathematisches Grundwissen (Maschke & Hörmann, 1989).

Piloten mit bereits vorhandenen Lizenzen werden zusätzlich am Simulator getestet. Ihre Leistung in dieser „Arbeitsprobe“ wird von Fluglehrern beurteilt.

Die bei der Selektion erfolgreichen Kandidaten haben eine 90%ige Wahrscheinlichkeit, auch die Ausbildung positiv zu beenden und eine Anstellung bei der Fluglinie zu finden (Gordon, 1991; Damitz et al., 2001; Doat, 1995).

2.7.3.1 Geschichtliche Entwicklung

Dockeray und Isaacs berichten, dass Italien als erstes Land ein Auswahlverfahren für Piloten bereits vor dem Ersten Weltkrieg eingeführt hatte. Es umfasste die Messung der „*reaction time, emotional reaction, equilibrium, perception of muscular effort, and attention.*“ (zit. nach Tsang & Vidulich 2003, S.370.) Beinahe zeitgleich wurden auch die Pilotenanwärter in Frankreich „*reaction time and emotional stability*“ getestet (zit. nach Tsang & Vidulich 2003, S. 370).

English (1996) berichtet von ersten umfangreichen psychologischen Testungen in den Vereinigten Staaten während des Ersten Weltkrieges, als die American Psychological Association mit einem Alpha- und Beta-Test 1,7 Millionen Männer auf ihre Eignung in der Armee testete. Auf Basis dieser Testergebnisse wurden auch die Pilotenanwärter rekrutiert. Isaac Jones, ein Ohrenspezialist, baute bis zum Ende des Ersten Weltkrieges in den USA 67

Rekrutierungsbasen auf. Unter anderem wurde auf einen ausgeprägten Gleichgewichtssinn geachtet. Allerdings stellte sich bald heraus, dass diese Eigenschaft keine Vorhersage bezüglich des Ausbildungsverlaufs zuließ, da die Orientierung des Piloten im Raum während des Fluges über den Sehsinn und nicht über den Gleichgewichtssinn geschieht. Durch diese falsche Annahme fielen viele geeignete Kandidaten dem Selektionsprozess zum Opfer - zu einer Zeit, als viele geeignete Piloten benötigt wurden (English 1996, S. 22). Während des Ersten Weltkrieges wies Yerkes (1919, zit. nach Tsang & Vidulich, 2003) nach, dass die gemessene Intelligenz eine gute Voraussage über den Ausbildungsverlauf der Piloten lieferte. Bis 1941 war daher in den USA, neben den gesundheitlichen Aspekten, der Abschluss eines zweijährigen Colleges Voraussetzung für die Ausbildung zum Militärpiloten.

Zwischen den beiden Weltkriegen wurden die Bewerber in den Vereinigten Staaten mittels eines „*general mental battery testing comprehension and reasoning*“ (Flanagan 1942, zit. nach Tsang & Vidulich, 2003, S. 370) auf ihre Tauglichkeit als Piloten bewertet.

Vor Beginn des Zweiten Weltkrieges wurde klar, dass die damals angewandten Kriterien nicht genügen würden. Carl Spaatz, General der American Air Force, war damals der Überzeugung, dass die Auswahl der geeigneten Kandidaten überarbeitet werden müsse: „*too much emphasis on formal education which mean nothing and (...) no emphasis on native intelligence which may mean everything.*“ (Craven & Cate, 1983, S. 490) 1941 wurden 600 000 US\$ zur Verfügung gestellt, um geeignete Tests zu entwickeln. Das Forschungsziel war, jene Fähigkeiten („*aptitudes, special abilities and psychological characteristics*“, Craven & Cate, 1983, S. 546) zu messen, welche den Ausbildungsverlauf vorhersagen konnten. Nach jedem Lehrgang wurden die Tests auf ihre Validität geprüft, wobei sowohl schriftliche Tests als auch psychomotorische Tests zur Anwendung kamen, mittels welcher vor allem „*steadiness, balance and equilibrium, reaction time, and ability to think clearly and read directions under conditions of confusion*“ (Craven & Cate, 1983, S. 546) überprüft werden sollten. Am 15. Januar 1942 wurde die „*cadet qualification examination*“ eingeführt (Craven & Cate 1983).

Diane Damos (1995) kritisiert die fehlende Weiterentwicklung in den USA bei der Pilotenselektion seit dem Ende des Zweiten Weltkrieges. Seit dem Zweiten Weltkrieg wäre die Selektion der U.S. Air Force (früher U.S. Army Air Corps) kaum den technologischen Gegebenheiten angepasst worden. Das Auswahlverfahren bestünde seit damals aus

„*intelligence test, apparatus tests assessing psychomotor skills, information processing tests, and biographical inventory*“. Zusätzlich würde heute nur „*self-confidence and risk taking*“ gemessen werden (Diamos, 1995, S.167).

Bailey (1999) beschreibt detailliert die geschichtliche Entwicklung der Eignungsauswahl in England und datiert den Beginn der systematischen Pilotenauswahl auf 1940. Davor musste der Kandidat groß und schlau sein, sowie im Besitz von Rugby-Schuhen und einer Bibel, um Offizier zu werden. Konnte er zusätzlich reiten, wurde er als Pilotenschüler akzeptiert. Nachdem allerdings die Hälfte der Pilotenschüler die Ausbildung nicht beendete, wurde ein Testverfahren eingeführt, um die geeigneten Kandidaten unter den Anwärtern zu finden. Die ersten Tests wurden im Auftrag des Air Ministry auf der Universität in Cambridge erstellt und durchgeführt. Dabei wurden ein geschriebener Aufsatz, ein Mathematiktest und ein allgemeiner Intelligenztest evaluiert. Ab 1942 wurde zusätzlich ein elektro-mechanischer Koordinationstest eingesetzt. Aussichtsreiche Bewerber erhielten zwölf Übungsflügen in einer *Preliminary Flying School*, welche von Fluglehrern bewertet wurden, um den weiteren Ausbildungsverlauf zu prognostizieren. 1944 wurde, gemeinsam mit der USAAF (USA Air Force), eine Batterie von 24 Eignungstest eingeführt. Die Ausfallsrate konnte durch all diese Maßnahmen von 48 % auf 25 % gesenkt werden. Bailey führt es auf die gute Arbeit der Psychologen während des Zweiten Weltkrieges zurück, dass die Verfahren bis 1984 weitgehend unverändert zur Anwendung kamen. Die Testbatterie wurde über die Jahre auf 15 Tests reduziert. Ab 1974 gab es keine Bewertung von Schulungsflügen mehr, nachdem die *Preliminary Flying Schools* aufgelassen wurden. Durch diese Änderung, sowie durch den Technologiewandel in der Aviatik, sank die Voraussagegenauigkeit der Selektion. Der nächste große Schritt wurde durch die neu entstandene Computertechnologie möglich. 1985 wurden im Officer and Aircrew Selection Center (OASC) erstmals Computer eingesetzt. Wurden anfänglich die gleichen Papier-Bleistift-Tests durch Computer vorgegeben, ging man in einem zweiten Schritt dazu über, eigene Tests für die elektronische Datenverarbeitungsanlage zu entwickeln.

23 neue Tests wurden entwickelt, deren Ergebnisse mit den Ausbildungsergebnissen auf Validität geprüft wurden. Neun dieser Tests erwiesen sich dabei als aussagekräftig. Eine

Faktorenanalyse der gewonnenen Ergebnisse führte zu einer leichten Modifikation der Fähigkeitsbereiche (siehe Tab. 2.7.3.1.1):

Tabelle 2.7.3.1.1: „Current Set of Abilities by OASC” (Bailey, 1999, S.25-3)

<i>Verbal Reasoning</i>	<i>The ability to interpret and reason with verbal information. It is the ability to identify patterns in presented information and to solve problems by combining sensible rules of thumb with a logical approach.</i>
<i>Numerical Reasoning</i>	<i>The same type of ability as Verbal Reasoning, but relates to information presented in numerical format.</i>
<i>Spatial Ability</i>	<i>The ability to form mental pictures and manipulate spatial information in the mind.</i>
<i>Attentional Capability</i>	<i>The efficiency with which an individual can deal with visual and auditory information in real time. It is related to „capacity”, a term often used by RAF operators, and „attentional flexibility”.</i>
<i>Work Rate</i>	<i>The ability to deal with simple tasks quickly and accurately.</i>
<i>Psychomotor</i>	<i>Eye-hand and eye-hand-foot coordination.</i>

In Deutschland fand die Auswahl der Piloten im Ersten Weltkrieg an den Universitäten statt. Es wurde ab Herbst 1917 „ganzheitliche Aufmerksamkeit“ als Kriterium für einen erfolgreichen Flieger definiert. Erwünschte Eigenschaften waren die Fähigkeit zur parallelen Informationsverarbeitung, die Fähigkeit zu schnellen Reaktionen und Entscheidungen, sowie andauernde konzentrierte Aufmerksamkeit und Orientierungsfähigkeit (Hofstätter, 1985). Außerdem wurden Flugunfälle analysiert und folgende Kriterien definiert: gute sensomotorische Fähigkeiten, insbesondere Feinfühligkeit, Fähigkeit zur Entfernungsschätzung und die Fähigkeit zur Abschätzung des eigenen Bewegungserfolges. 1938 wurde in Deutschland die Luftwaffenpsychologie gegründet, um die Eignungsprüfung der Kandidaten durchzuführen, deren Eignungsabklärung erfolgte während des II. Weltkrieges an vier verschiedenen Orten: Berlin, Hannover, München und Wien. Die Prüfkommision bestand meist aus drei Offizieren und zwei Psychologen (Hofstätter, 1985).

Die Standardtestbatterie für alle Offiziere bestand aus den in Tabelle 2.7.3.1.2 dargestellten neun Elementen (Hofstätter, 1985):

Tabelle 2.7.3.1.2: Standardtestbatterie für Offiziere in Deutschland während des II. Weltkrieges

Personalbogen	Biografische Daten sowie persönliche Interessen wurden gefragt.
Gedächtnisaufgaben	Eine Meldung musste schriftlich wiedergegeben werden.
Konzentrationstest	Rechenaufgaben mussten im Kopf gelöst werden.
Schriftliche Rechenaufgaben	Vier Grundrechenaufgaben sowie Textaufgaben mussten gelöst werden.
Begriffsaufsatz	Zu vorgegebenem Thema musste ein Aufsatz geschrieben werden.
Technischer Film	Es musste ein technischer Mechanismus verstanden werden.
Telegrammtest	Ein Telegramm musste gefertigt werden.
Bildaufsatz	Eine frei gewählte Postkarte wurde bearbeitet.
Warteggttest	Angefangene Strichzeichnungen mussten vervollständigt werden.

Bei der folgenden „Fliegerspezialprüfung“ kamen sieben weitere, in der Tabelle 2.7.3.1.3 angeführte Tests, zum Einsatz (Hofstätter 1985):

Tabelle 2.7.3.1.3: Standardtestbatterie für Pilotenanwärter in Deutschland während des II. Weltkrieges

Dauerreaktionsprüfung	Auf visuelle und akustische Signale musste mit Hand- und oder Fußbewegungen reagiert werden.
Sensibilitätsreaktionsprüfung	Mit diesem Test wurde die motorische Sensibilität geprüft.
Vertikaldrehradversuch	Nach mehrmaligen Drehen musste die Relation zum Boden erkannt werden. Zusätzlich mussten Kopfrechnungen gelöst werden.

Fliegerdrehstuhlversuch	Nach Störung des Vestibulärapparates musste die Orientierungsfähigkeit nachgewiesen werden.
Orientierungszelt	Hier wurde die Orientierungsfähigkeit getestet.
Zweihandprüfgerät	Mit diesem Gerät erfolgte die Überprüfung der Kleinmotorik der Hände.
Zapfenbrett	Auf ein Brett geschnallt wurde der Pilotenanwärter gedreht. Damit sollte sowohl die Belastbarkeit, als auch die Lageorientierungsfähigkeit überprüft werden.

Pieper beschreibt in seiner Autobiografie die Testverfahren. Bei der Untersuchung mittels Drehstuhl *„sollte ermittelt werden, ob man fähig sei, sich gegen den subjektiv völlig überzeugenden Sinneseindruck an objektiven Daten zu orientieren – so wie der Flieger sich beim Blindflug ausschließlich nach der Auskunft der Instrumente zu richten hat ...“* (Zit. nach Pieper, 1976, S. 154) Deutschen Psychologen war offensichtlich die Problematik der räumlichen Desorientierung (siehe Kap. 2.5.5) und der daraus resultierenden Gefahr bereits bewusst.

Bei der Vorbereitung für den Test „Orientierungszelt“ wurden dem Bewerber Geländemerkmale außerhalb des Gebäudes, sowie drei Orientierungspunkte innerhalb des Gebäudes gezeigt. In einem blickdichten Zelt musste er dann diese geografischen Merkmale mittels zweier Zeiger in Beziehung setzen. Bei der Überprüfung bemerkte Pieper zwei verschiedene Stile: *„Für die einen war das Ganze offenbar so etwas wie eine abstrakte Rechenoperation, sie brauchten auch die längere Zeit; während den anderen ein anschauliches Bild der Welt vor Augen zu stehen schien, von dem die richtige Antwort einfach abzulesen war.“* (Pieper, 1975, S. 155) Es wurde bei diesem Selektionsverfahren bereits eindeutig zwischen räumlicher Desorientierung (siehe 2.5.5) und Orientierungsfehler (siehe 2.5.6) differenziert.

2.7.3.2 Vorschriften und Empfehlungen der Behörden

1991 wurden die psychologischen Voraussetzungen, im Sinne eines Anforderungsprofils, für Piloten von der „Flight Crew Licensing Medical Group“ (FCL MED) bei der „European Civil Aviation Conference“ (ECAC) als Entwurf vorgelegt (Goeters 1995). Heute findet sich der Text in der „Joint Aviation Regulations“ JAR-FCL 3 – „Flight Crew Licensing“ (Medical) wieder:

JAR-FCL 3.240 Psychological requirements

(a) An applicant for or holder of a Class 1 medical certificate^[3] shall have no established psychological deficiencies, which are likely to interfere with the safe exercise of the privileges of the applicable licence(s). A psychological evaluation may be required by the AMS^[4] where it is indicated as part of, or complementary to, a specialist psychiatric or neurological examination (JAR-FCL, S. 1-B-9).

Im Kapitel 15 (Aviation Psychology) Section 2 der JAR-FCL 3 Subparts A, B, and C ist in der Einleitung festgehalten:

„The performance of aviators requires certain cognitive, psychomotor and interpersonal capabilities in order to perform operational tasks in a reliable way especially during high workload and stress.“ (JAR-FCL Section 2, S.1)

Im selbigen Kapitel, Punkt 4 wird festgeschrieben, dass eine psychologische Evaluierung folgendes inkludieren sollte: biografische Datensammlung, Fähigkeits- (*aptitude*) und Persönlichkeitstests sowie ein Interview. Bei den abzuklärenden Fähigkeiten werden folgende aufgezählt: *„Logical reasoning, Mental arithmetic, Memory function, Attention, Perception, Spatial comprehension, Psychomotor function, Multiple task abilities.“ (JAR-FCL Section 2, S. 2)*

³ für Linienpiloten wird ein class 1 medical gefordert.

⁴ AMS = Areomedical Board.

Im Punkt 5.6 wird „perception“ definiert und beschrieben als *„The ability to perceive information, auditory and visual, in an effective and efficient way. Relevant aspects of perception are: perceptual speed and perceptual closure.“* (JAR-FCL Section 2, S.4)

„Perceptual speed“ ist *„The ability to perceive information quickly and accurately, simple as well as complex material.“* Vorgeschlagen wird dies z.B. durch *„instrument reading tests“* zu messen.

Im Punkt 5.7 wird „spatial comprehension“ definiert und beschrieben als *„Two aspects of spatial comprehension should be assessed which can be designated by the classical psychological terms ‚Visualisation‘ and ‚Spatial Orientation‘“*. Allerdings findet sich in diesem Dokument nur eine Definition für „Visualisation“: *„The ability to construct an appropriate mental image of two or three-dimensional spatial patterns and to manipulate or to transform these images into other visual arrangements.*

One indicator of good visualisation is the capability of rotating mental images, e.g. the capability of identifying given spatial patterns, even if these patterns are presented at various orientations in the picture plane.“ (JAR-FCL Section 2, S. 5)

„Spatial orientation“ wird in diesem Dokument nicht weiter definiert.

2.7.3.3 Auswahl bei lizenzierten Flugzeugführern

Eine hausinterne und damit einheitliche Ausbildung des Pilotenkorps wird von vielen, vor allem europäischen Airlines bevorzugt, die entsprechenden Ausbildungskosten werden größtenteils von den Firmen getragen. Die Anzahl der Bewerber ist sehr hoch und die psychologische Abklärung vor Ausbildungsbeginn erlaubt ein hohes Maß an Vorhersagegenauigkeit, die selektierten Kandidaten sind allerdings erst nach vollendeter Ausbildung einsetzbar.

Im Gegensatz zur psychologischen Eignungsabklärung von Bewerbern ohne fliegerische Vorkenntnisse, kann bei bereits lizenzierten Piloten davon ausgegangen werden, dass sie jene spezifischen Fähigkeiten, welche für das Erlernen des Fliegens notwendig sind, bereits mitbringen.

Neben den geringeren Ausbildungskosten besteht der Vorteil für die Airline vor allem darin, dass die Piloten nach kurzer Einschulung und dem Erwerb der

Typenberechtigung für das entsprechende Flugzeug relativ kurzfristig eingesetzt werden können. Um auf wirtschaftliche Gegebenheiten rasch reagieren zu können, suchen daher viele internationale Fluggesellschaften Piloten auf dem weltweiten Arbeitsmarkt. Waren dies früher vor allem pensionierte Militärpiloten oder Piloten anderer Fluggesellschaften, wird die Pilotenausbildung immer öfter in Eigenverantwortung absolviert. Ergebnisse zur Validität psychologischer Auswahlverfahren bei lizenzierten Flugzeugführern sind kaum vorhanden. Die IATA weist auf die Gefahren einer unzureichenden Selektion des Personals in ihrem *Safety Report* hin und findet positive Korrelationen zwischen unzureichender Eignungsabklärung und schwacher staatlicher Kontrolle der Fluglinien, sowie unzureichender Selektion bei Billigfluglinien (IATA, 2006).

In Deutschland wurde erstmals 1989 eine Studie des Deutschen Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR) veröffentlicht (Maschke & Hörmann, 1989), welche die prognostische Validität bekannter Faktoren wie Flugstunden oder vorhandene Lizenz bzw. psychologischer Tests zur Vorhersage der Berufsbewährung von lizenzierten Flugzeugführern untersuchte.

Die Stichprobe dieser Studie bestand aus 206 Bewerbern, welche sich zwischen 1984 und 1987 bei der DLR einer Eignungsuntersuchung unterzogen hatten. Alle Bewerber hatten bereits fliegerische Erfahrung, wenn auch im unterschiedlichen Ausmaß. Während 41 % bereits einen Linienpilotschein hatten, befand sich ein Großteil noch in der Ausbildung zum Berufsflugzeugführer. Auch die erworbene Flugerfahrung gemessen in Flugstunden - die Bewerber konnten zwischen 70 und 10 000 Flugstunden vorweisen - und das breite Altersspektrum von 21 bis 47 Jahren zeigen eine relativ heterogene Stichprobe. Als Validitätskriterium lag eine dreistufige Kategorisierung durch die Flugbetriebsleitung der Airline vor. So erhielten 75 % eine positive Beurteilung, bei 18 % ergaben sich Ausbildungsprobleme und 7 % wurden bis zum ersten Line Check abgelöst.

Das Testsystem bestand sowohl aus Leistungs- als auch aus Persönlichkeitstests: Technisches Verständnis und Grundlagenwissen, rechnerisches Denken, Konzentrationsfähigkeit, Wahrnehmungsgeschwindigkeit, visuelle und auditive Merkfähigkeit, Raumorientierung und Temperamentsmerkmale. Das diagnostische

Verfahren zur Abklärung der Leistung im Bereich Raumorientierung war der Wegfigurentest von Kirsch, welcher die Auszählung der Rechts- oder Linksabbiegungen mehrfach geknickter Pfeile erfordert. Außerdem wurden zwei Gerätetests zu Psychomotorik und Mehrfacharbeit absolviert.

Seitens der DLR wurden 61 % für eine Einstellung empfohlen, bei vergleichbaren Auswahlmethoden unerfahrener Bewerber lag die Vergleichsquote bei 12 %. Dies wurde damit begründet, dass die vorangegangene fliegerische Ausbildung und Berufstätigkeit bereits einen vorselektierenden Charakter hat. Zur Analyse kamen die Datensätze von 88 Piloten, welche in den Liniendienst der Fluggesellschaften eintraten. Die höchste Korrelation bei dieser Studie ergab sich durch die Einschätzung der Laufbahnprognose durch die Auswahlkommission.

Signifikante Korrelationen konnten auch in den Merkmalsbereichen Raumorientierung, rechnerisches Denken und Psychomotorik/Mehrfacharbeit nachgewiesen werden. Die Korrelation zwischen dem Wegfigurentest und der Laufbahnbeurteilung betrug in der Studie 0.25 und war damit von allen durchgeführten Eignungsuntersuchungsvariablen der beste Prädiktor.

Biografische Daten korrelierten, mit Ausnahme des Bildungsabschlusses, nicht signifikant mit dem Kriterium. Vor allem für die Variablen der fliegerischen Erfahrung (Flugstunden, Lizenzhöhe) wurden signifikante Korrelationen erwartet. Maschke und Hörmann schlussfolgern, dass *„die Berücksichtigung von Faktoren bisheriger fliegerischer Erfahrung bei der Einstellung von Berufsflugzeugführern keineswegs eine gründliche psychologische Untersuchung der dem Berufsbild zugrundeliegenden Verhaltensmerkmale ersetzen kann.“* (Maschke & Hörmann, 1989, S. 34)

Selektion ist unter wirtschaftlichen und sicherheitsrelevanten Gesichtspunkten wichtig. Bei einer firmeninternen Ausbildung ist das Auswahlverfahren der Pilotenschüler nur ein Teil der Qualitätssicherung, da die Ausbildung selbst selektiv ist. Fluglinien, welche Piloten mit privat erworbener Lizenz einstellen, fehlt der Kontrollmechanismus der Ausbildungsüberwachung. Pilotenlizenzen und praktische Flugerfahrung weisen darauf hin, dass die notwendigen Fähigkeiten zum Erlernen des Fliegens vorhanden sind, die Selektion kann dadurch allerdings nicht ersetzen werden.

2.7.4 Selektion der Fluglotsen

2.7.4.1 G-Faktor oder spezifische Eigenschaften

Der Fluglotse ist in seinem Gebiet ein Spezialist. Welche Eigenschaften für die erfolgreiche Ausbildung notwendig sind, ist das Gebiet intensiver Forschung. Die Frage, ob überhaupt spezielle Eigenschaften notwendig sind, wirft Hopkin (1988) auf:

„One contention is that the would-be controller should be young, physically fit, mentally stable, articulate, considerably above average in intelligence, and educated to college entrance standards or thereabouts. These are not stringent criteria - many people could meet such requirements. Another contention is that, to be selected, a future controller must possess a combination of particular skills and attributes, such as manual dexterity, reliability in decision making, spatial reasoning ability, task-sharing ability, and the like. Quite a long list can be compiled of factors thought to have positive predictive value for ATC performance. A selection procedure must therefore seek out small numbers with this unusual combination of desirable attributes, since training alone could not compensate for their absence. Few people would pass such a stringent selection procedure. In practice, the evidence tends to favour the first contention, rather than the second, with the implication that success as an ATCO depends primarily on training and that many people given adequate training could become satisfactory controllers.“ (Hopkin, 1988, S. 648-649)

Damitz, Eißfeld, Grasshoff, Lorenz, Pecena & Schwert (2000) haben sich im Auftrag der DLR dieser Fragestellung angenommen. Es wurden dabei die Daten von 2954 Bewerbern herangezogen, welche sich in Deutschland in den Jahren 1993 bis 1996 als Fluglotsen beworben haben.

Als Prädiktoren wurden zwölf Papier-Bleistift-Tests verwendet, auf Tests durch Arbeitsproben wurde verzichtet, um die Vorhersagequalität vergleichbar zu machen. Diese Tests gehörten zu folgenden Kategorien: *English proficiency, mental arithmetic (2 tests), memory (2 tests), cognitive speed (2 tests), spatial comprehension (4 tests) and vigilance.*

Der g-Faktor wurde als erste Komponente der unrotierten Hauptkomponentenanalyse definiert, welche bei den vorgelegenen Daten 39,4 % der Varianz erklären konnte. Die weiteren unrotierten Komponenten, derer sich elf ergaben, erklärten die Restvarianz und stehen stellvertretend für die spezifischen Fähigkeiten (s_1 bis s_{11}). Eine inhaltliche Interpretation der Ergebnisse erwies sich als sehr schwierig, da fünf Komponenten auf jeweils zwei Tests Ladungen von mehr als 0.4 aufweisen, allerdings teilweise gegensätzlich gepolt waren.

Zum Kriterium für die Validierung wurden vier Gegenstände aus dem theoretischen Training, drei Abschnitte aus dem Training sowie das Pass/Fail-Kriterium. Ergaben sich bei der Theorie nur moderate Zusammenhänge mit den Gegenständen Flugverkehrskontrolle und Navigation, wurden die höchsten bivariaten Zusammenhänge zwischen dem g-Faktor und den gelieferten praktischen Arbeitsproben Tower und Approach Radar festgestellt. Kein Zusammenhang konnte mit dem Kriterium Pass/Fail nachgewiesen werden.

Außerdem wurde für jedes der acht Kriterien eine Regressionsanalyse gerechnet, um zu überprüfen, ob die spezifischen Fähigkeiten inkrementelle Validität besitzen. Ein bedeutender Zuwachs in der Varianzaufklärung konnte im Theoriegegenstand Luftfahrtkunde und in den praktischen Arbeitsproben Tower und Coordinator Approach festgestellt werden. Allerdings konnten auch die spezifischen Fähigkeiten keine Varianz des Pass/Fail-Kriteriums aufklären.

In den Schlussfolgerungen des Forschungsberichtes wird Folgendes festgehalten:

„Die gefundenen Zusammenhänge zwischen dem anhand der Vorauswahltests ermittelten g-Faktor und den Leistungskriterien sind vielfach als sehr hoch zu bezeichnen (...).

(...) Somit lässt sich zusammenfassend feststellen, dass der Trainingserfolg in der Ausbildung der DFS sich nicht allein auf g reduzieren lässt, sondern dass auch spezifische Fähigkeiten eine nicht unbedeutende Rolle spielen.“ (Zit. nach Damitz, Eißfeld et al., 2000, S. 121)

Im ICAO Dokument 9683 (Pkt. 5.4.5) werden Fähigkeiten aufgezählt, welche während der Selektion durch standardisierte Tests abgeklärt werden sollten: *„general intelligence, spatial reasoning, abstract reasoning, arithmetical reasoning, task sharing, verbal fluency and manual dexterity.“* (ICAO, 1998, S. 1-5-11)

2.7.4.2 Selektion der Fluglotsen in Europa

In den „Guidelines for Selection Procedures and Tests for *Ab Initio* Trainee Controllers“ (EATMP, 2001b) wurde festgestellt, dass 12 % der ECAC Staaten keinerlei Testung zum Zwecke der Auswahl durchführen. Alle Staaten haben als Kriterium, wie im ICAO Doc9683 unter 5.4.8 empfohlen, für die Selektionszulassung ein Alterslimit sowie die Erfüllung gesundheitlicher Mindeststandards. Einige Luftverkehrskontrollen bevorzugten Bewerber mit Vorbildung als Fluglotse oder Pilot. Dies wird allerdings seitens ICAO kritisch hinterfragt. Im Dokument 9683 wird unter Punkt 5.4.9 darauf hingewiesen, dass Vorkenntnisse im Aviatikbereich als Pilot oder Militärflugverkehrsleiter zwar vorteilhaft erscheinen, diese sich allerdings nicht im erhofften Ausmaß manifestieren. Der Grund könnte laut ICAO darin liegen, dass Bewerber mit fliegerischer Erfahrung zumeist älter sind und der Erfahrung nach Personen über 30 Jahren geringere Erfolgchancen bei der Ausbildung haben. Vorbildung lässt laut ICAO eher auf Motivation als auf erworbene Fähigkeit schließen.

Werden alle Bewerber zur Selektion zugelassen, weichen deren Ergebnisse weder bei den Fähigkeitstests der Selektion zur Ausbildung zum Fluglotsen, noch bei den Schulnoten signifikant von der Vergleichsgruppe in der Bevölkerung ab (EATMP Guideline 2001d).

Verschiedene Staaten wenden verschiedene Selektionskriterien und Tests an. Das Ziel, diese zu vereinheitlichen, verfolgt in Europa die Selection Task Force (STF) im „European Air Traffic Control and Harmonisation and Integration Programme“ (EATCHIP). Das Human Resources Team (HRT) gibt Richtlinien und Hilfestellung bei der Selektion für Fluglotsen für die „European Civil Aviation Conference“ (ECAC) Staaten. Bei der ersten Konferenz der EATCHIP 1996 mit dem Titel „Proceedings of the First EUROCONTROL Human Factors Workshop Cognitive Aspects in ATC“ wurde neben der Verwendung von Tests zum Zwecke der Auswahl auch auf die Möglichkeit von einem mehrwöchigen „Probetraining“ hingewiesen, wie dies in den USA und den Niederlanden praktiziert wurde. Der Vorteil besteht zweifelsohne in der hohen Aussagekraft bezüglich des weiteren Verlaufs der Ausbildung. Allerdings musste von den Kandidaten ein mehrwöchiger Kurs mit ungewissem Ausgang akzeptiert werden (EATCHIP, 1996).

Die meisten Staaten versuchen, mit Tests die geeigneten Kandidaten vor Ausbildungsbeginn auszuwählen. Das Ergebnis einer Umfrage der STF (Selection Task Force) unter den ECAC Staaten, welche Kriterien bei der Selektion zum Fluglotsen Anwendung fanden, ist in der Tabelle 2.7.4.2 zusammengefasst.

Tabelle 2.7.4.2: Erfasste psychologische Konstrukte und ihre Anwendungshäufigkeit in % der ECAC Staaten (EATMP 2001b, S. 71)

Short term memory	79 %
Concentration	75 %
Perceptual speed, accuracy of perception, spatial orientation	71 %
Ability in mental arithmetic	67 %
Multi tasking ability	63 %
Vigilance	58 %
Long term memory, mental modelling	54 %
Attention span, English knowledge	50 %

Im gleichen Dokument wird definiert, welche zwei Aspekte die STF unter „*spatial comprehension*“ versteht:

„*Spatial Orientation*’: The ability to maintain orientation with respect to objects as the direction and location of a body (the frame of reference) changes.

und

„*Visualisation*’: The ability to construct an appropriate three dimensional mental image from given information. Most visualisation tests require a prediction of what an object or pattern would look like after certain changes (e.g. rotation) are made.” (EATMP 2001b, S.23)

2004 wird der Bereich „*spatial reasoning*“ als wichtig für die Arbeit der Fluglotsen erkannt und folgendermaßen definiert:

Spatial visualisation is of high importance for the profession of ATCOs (...). Well-examined examples of spatial reasoning are perspective-taking ability (i.e. the ability to determine the

appearance of a spatial array from a viewpoint other than the one perceived), mental rotation (i.e. determine whether two abstract stimuli viewed from different perspectives are identical), memory for spatial information (e.g. the location of a word on a card), and environmental learning (i.e. abstraction and integration of large-scale spatial information, like learning a new route through town. (EATMP 2004d, S. 18).

2.7.4.3 First European Air Traffic Controller Selection Test (FEAST)

Aus den im vorhergehenden Kapitel beschriebenen Forschungsergebnissen entstand bei Eurocontrol eine Testbatterie, welche seinen Mitgliedstaaten als Selektion empfohlen wird: der „First European Air Traffic Controller Selection Test“, besser unter seiner Abkürzung FEAST bekannt. Fehlendes Wissen und eine geringe Anzahl an Fluglotsen macht es für viele kleinere Kontrollstellen unmöglich eigene Tests zu entwickeln. Der FEAST, vorgegeben über Computerstationen, kann als Selektionstool eingesetzt werden oder Teil einer Selektion sein.

„Quite simply, the FEAST assesses the knowledge, skills and abilities of applicants necessary for the ATCO job. The aim is to provide an easily administered package of scientifically sound selection tests and available for multi-state use.“

(http://www.eurocontrol.int/humanfactors/gallery/content/public/docs/BROCHURES/FEAST_leaflet_web.pdf, 17.7.08).

Er wurde in den Jahren 2000 bis 2003 entwickelt und im Rahmen des „Second EUROCONTROL Selection Seminar“ vom 13. bis 16. November 2003 vorgestellt. Offiziell wird die Testbatterie seit 1.1.2006 bei Eurocontrol eingesetzt. Im Jahr 2007 wurden bereits mehr als 3000 Bewerber, bei 22 verschiedenen Kontrollstellen, mit Hilfe des FEAST getestet.

(http://www.eurocontrol.int/humanfactors/public/standard_page/17_newsletter_FEAST.html, 8.8.08)

Goeters (2004) beschreibt die Entwicklung des Tests, welcher mit einer Aufgabenanalyse der Fluglotsen begann.

Um erfolgreich als Fluglotse arbeiten zu können wurden folgende Fähigkeiten als notwendig erachtet: „*Perceptual speed, Selective attention, Medium-term memory, Multiple-task performance, Scanning ability und Monitoring/Vigilance.*” (Goeters, 2004, S.183)

Das Erkennen der gegebenen Situation wird dabei unterstützt durch:

Three-dimensional (3D) ability, Verbal comprehension, Conscientiousness⁵, Mental flexibility. „Three-dimensional (3D) ability” wird definiert als: „*Ability to construct and use 3-D representations.*” (Goeters, 2004, S. 183) Diese spezifischen Fähigkeiten erlauben den Fluglotsen den Flugverkehr zu planen und auftretende Probleme zu lösen.

Diesem Modell zugrundeliegend wurden 45 Tests evaluiert, wobei bei der Auswahl auf die Einsatzmöglichkeit in verschiedenen europäischen Ländern geachtet wurde.

Getestet wird: „*English Language listening comprehension, reaction time, multi tasking,, planning ability monitoring ability, flexible decision making, the ability to construct and use 3-D representations, the ability to learn and apply a set of rules guiding an operation of an ATC system, trends in conflict-solving in interpersonal relations*” (Zit. nach Goeters, 2004, S. 188).

Die Testdauer wird mit 2 Stunden 30 Minuten angegeben. Ein zweiter Teil, welcher etwa 2 Stunden und 15 Minuten dauert, ist ein „*work sample test*“. Hierbei lernt der Bewerber Flugstreifen zu lesen und potenzielle Konflikte zu erkennen.

Die Fähigkeit der „Visualisation“⁶ wird durch einen Würfeltest getestet. Auf dem Computermonitor sieht man das Muster eines aufgeklappten Würfels. Geistig muss man dieses Muster im Kopf wieder zu einem Würfel falten und unter den angebotenen Lösungswürfeln wiedererkennen.

2.7.4.4 Die Selektion der Fluglotsen in Deutschland

Seit 1982 wird die Auswahl der Fluglotsen in Deutschland durch die Abteilung Luft- und Raumfahrtpsychologie des Deutschen Zentrums für Luft und Raumfahrt (DLR) durchgeführt.

⁵ Gewissenhaftigkeit

⁶ die englische Namensgebung durch Eurocontrol

Eine große Anzahl an Bewerbern und die Möglichkeit, den Ausbildungserfolg der getesteten Kandidaten zu verfolgen, ermöglichen es, die Selektionsverfahren laufend zu evaluieren. Die große Anzahl an Publikationen der DLR gibt einen guten Einblick über die professionelle Zusammenarbeit zwischen der deutschen Flugsicherung und der DLR. Da auch die Ausbildung in allen europäischen Ländern selektiven Charakter hat, wird diese ebenfalls, stellvertretend für alle europäischen Länder, welche am EATCHIP teilnehmen, beschrieben. Die Informationen stammen größtenteils aus dem Forschungsbericht 2000-45 (Damitz & Eißfeldt et al., 2000) des DLR sowie aus den EATMP-Dokumenten (1999a) der Eurocontrol.

Seit 1982 arbeitete das DLR mit der Bundesanstalt für Flugsicherung (BFS), welche 1992 nach der Privatisierung in Deutsche Flugsicherung GmbH (DFS) umbenannt wurde, zusammen. Sie ist seit damals für die Auswahl der Auszubildenden für die Flugsicherungsstellen verantwortlich. Die Validierungsstudie von 1991 weist bei nur 18 % der Fluglotsenschüler einen negativen Ausbildungserfolg, trotz positiver Selektion und Empfehlung durch die DFS, auf. Um die Rate der falschen Prognosen weiter zu reduzieren, wurde beschlossen, sowohl die Selektion als auch die Ausbildung zu adaptieren.

Bedingt durch die technische Weiterentwicklung änderte sich die Ausbildung durch den Einsatz neuer Unterrichtsmittel in den vergangenen Jahren. Mit modernen Rechenanlagen können Simulatoren eingesetzt werden, mittels Computer based Training (CBT) wird theoretisches Wissen vermittelt. Außerdem wurden die Ausbildungsgänge für Anflugkontrollstellen und Überflugstellen getrennt.

Bei der Selektion kam es ebenfalls zu zahlreichen Änderungen. Kamen Anfang der 1980er Jahre vor allem allgemeine Testverfahren zur Anwendung, welche bei der Auswahl von Luftfahrtpersonal Verwendung fanden, wurden nach eingehenden Analysen des Anforderungsprofils eigene Testverfahren für Fluglotsen entwickelt. Insbesondere wurden *„die besonderen Anforderungen des Berufes im Hinblick auf die akustische Informationsverarbeitung, die Daueraufmerksamkeit und die Mehrfachbelastbarkeit berücksichtigt.“* (Damitz & Eißfeldt et al., 2000, S. 6)

1992 zeichnete das DLR auch für die Selektion der Fluglotsen bei der EUROCONTROL verantwortlich. Zu diesem Zwecke musste verifiziert werden, dass der Test *„culture-fair“* ist (EATMP 1999a, S. 36).

Das Auswahlverfahren wird in mehrere Phasen unterteilt. In der Phase 1, bei DLR Voruntersuchung (VU) genannt, welche zwei Tage dauert, werden alle Tests als Papier-Bleistift-Tests vorgegeben und eine Vorauswahl (VA) getroffen. Bei entsprechenden Leistungen werden die Bewerber zur Hauptuntersuchung eingeladen, welche vor allem aus zwei apparativen Testverfahren besteht. Außerdem werden Interviews geführt und die medizinische Eignung wird abgeklärt. Nachfolgend wird nur auf die Verfahren näher eingegangen, welche für die vorliegende Arbeit von Bedeutung sind.

In Phase 1 werden die Merkmalsbereiche Rechnen, Aufmerksamkeit/Konzentration, Merkfähigkeit, Englisch, Technik und Raumvorstellung getestet, sowie ein *work-sample*-Test durchgeführt. Über die Fehlerverteilung in einzelnen Tests wird außerdem ein übergreifender Fehlerwert errechnet, welcher Rückschlüsse auf den Arbeitsstil bei der Bearbeitung zulässt.

Der Merkmalsbereich Raumvorstellung wird mittels dreier Testverfahren überprüft (Damitz & Eißfeldt et al., 2000, S. 12):

Akustische Richtungsangaben (ARA)

„Der ARA ist ein Test zur Raumorientierung, insbesondere soll die Rechts-/Linkssicherheit überprüft werden.“ Es folgt eine Kurzbeschreibung des Tests. *„Im Verlauf wird das Tempo der Richtungsanweisung schrittweise gesteigert.“* (Damitz & Eißfeldt et al., 2000, S. 12)

Flugzeug-Positionstest (FPT)

„Der FPT ist ein Test zur Raumorientierung (,spatial orientation') mit großer Geschwindigkeitskomponente. Ausgehend von einer Startposition erfordert dieser Test das mentale Rotieren eines Flugzeuges und eine anschließende Angabe über die neue Position. Die Items bestehen aus zwei Flugzeugsymbolen mit verschiedenen Kursen (0°, 90°, 180° oder 270°) und enthalten Informationen über eine Reihe von Richtungsänderungen, die auf das erste Flugzeug angewandt werden sollen (z. B. 270R, 180, 090L, 270R). Die Probanden müssen angeben, welche zusätzliche Rotation das Flugzeug auf den Kurs des zweiten Flugzeugs bringen würde. Der FPT wird in der Testinformation vorgestellt.“ (Damitz & Eißfeldt et al., 2000, S. 12)

Versteckte Figuren finden (VFF)

„Der VFF ist ein Test der Gestaltwahrnehmung (,visual closure’). Dabei soll die Fähigkeit erfasst werden, eine oder mehrere visuelle Konfigurationen im Gedächtnis zu behalten, um trotz Ablenkung Identifikationen vorzunehmen. Eine von fünf einfachen Figuren muss gefunden werden, die in einem komplexen Muster enthalten ist (...). Der VFF gehörte bis Anfang des Jahres 1996 zum Vorauswahlprogramm des DLR.“ (Damitz & Eißfeldt et al., 2000, S. 12)

Dem Merkmalsbereich Aufmerksamkeit/Konzentration zugeordnet ist neben anderen Tests der Bourdon-Buchstabendurchstreichtest (BOU). *„Der BOU misst die visuelle Wahrnehmungsgeschwindigkeit beim Durchstreichen kritischer Buchstaben innerhalb eines sinnfreien Textes von zufälligen Buchstaben. Es handelt sich um einen Test mit hoher Geschwindigkeitskomponente.“ (Bourdon 1985; Fichtbauer 1961, zit. n. Damitz & Eißfeldt et al., 2000, S. 13)*

Die Reliabilitäten (Cronbach α , Split-Half-Methode mit Spearman-Brown-Korrektur) der beschriebenen Leistungstests können als sehr hoch bezeichnet werden, wie der Tabelle 2.7.4.4 zu entnehmen ist:

Tabelle 2.7.4.4.1: Reliabilität der Leistungstests⁷ (Damitz & Eißfeldt et al., 2000, S. 15)

ARA	.90
FPT	.96
VFF	.86
BOU	.89

Im Rahmen einer Validierungsstudie wurde untersucht, welche Leistungstests den Ausbildungsausgang am besten voraussagen. Das verwendete Kriterium war der Ausbildungserfolg der Studienteilnehmer, wobei die Daten um jene Teilnehmer bereinigt wurden, welche aus privaten oder medizinischen Gründen die Ausbildung nicht beendet haben.

⁷ Es sind in der Tabelle nur die Werte jener Tests wiedergegeben, welche in der Diplomarbeit bearbeitet wurden.

Abhängige Variablen waren dabei die Ergebnisse der Vorauswahl. Als signifikant erwies sich der Merkmalsbereich Konzentration. Ebenfalls bessere Werte erzielten die Fluglotsen mit positivem Ausbildungsabschluss im Merkmalsbereich Raumvorstellung, allerdings war der Mittelwertunterschied zwischen den Gruppen nicht signifikant. Die nachstehende Tabelle 2.7.4.4.2 zeigt die deskriptiven Kennwerte der Gruppen.

Tabelle 2.7.4.4.2: Deskriptive Kennwerte für die Pass/Fail-Gruppen für den Entscheidungsbereich „Raumvorstellung“ (Damitz & Eißfeldt et al., 2000, S. 65)

	N	M	S
Failure in Praktische Abschlussprüfung/ On-the-Job Training	25	6.37	0.92
Voll- Einsatzberechtigt	102	6.67	0.95

Die Testergebnisse der Selektion wurden außerdem mit den Ergebnissen der theoretischen und praktischen Abschlussprüfungen (TAP und PAP) mittels Korrelationsanalyse auf Übereinstimmung überprüft.

Von den oben näher beschriebenen Tests zeigen sich signifikante Korrelationen beim FPT. Es konnte bei den theoretischen Prüfungen eine signifikante Übereinstimmung der Testergebnisse in den Fächern Flugverkehrskontrolle, Navigation und Wetterkunde nachgewiesen werden, wobei die Korrelationen in der Stichprobe zwischen 0,169 und 0,214 gelegen sind.

Bei den praktischen Abschlussprüfungen konnte der FPT den Ausgang im Bereich Approach Radar voraussagen. Mit einer Korrelation von 0,212 der beiden Ergebnisse war das Ergebnis signifikant.

Die beste Vorhersagegüte war mit der verwendeten Testbatterie des DLR im Bereich Approach Radar gegeben. Bis auf den Bereich Merkfähigkeit zeigten alle Merkmalsbereiche erwartungskonforme signifikante Ergebnisse.

2.7.4.5 Fluglotsenauswahl in den USA

In den USA wurde in den letzten Jahren sehr viel über die Selektion und Ausbildung von Fluglotsen geforscht. 1981 hat Präsident Ronald Reagan bei einem Streik 11000 von insgesamt 17000 Fluglotsen entlassen. Von August 1981 bis Dezember 1984 wurde diese große Anzahl von Abgängen ersetzt (Galvin, 2002). Für die Selektion wurden Papier-Bleistift-Tests verwendet, welche im „Office of Personnel Management“ (OPM) administriert wurden. Anschließend erhielten die Kandidaten neun Wochen lang in der FAA Academy einen Basiskurs, welcher ebenfalls als Teil des Auswahlprozesses gesehen wurde. 40 % der Teilnehmer schlossen diesen Kurs positiv ab. Es wurde bald nach einem besseren Auswahlverfahren gesucht, nachdem sich die Personalauswahl durch das OPM als sehr teuer und schlecht in der Voraussage erwiesen hatte (FAA, 2006).

1991 wurde das „Seperation and Control Hiring Assessment“ (SACHA) Projekt initiiert. Dabei wurden jene „*Subject Matter Experts generated Worker Requirements*“ evaluiert und definiert, welche in der Tabelle 2.7.4.5.1 angeführt werden (Heil, Ramos & Manning, 2001, S. 65):⁸

Tabelle 2.7.4.5.1: „Revised Consolidated Worker Requirement List“, mit Definitionen

<i>Reasoning</i>	<i>The ability to apply available information to make decisions, draw conclusions, or identify alternative solutions.</i>
<i>Situational Awareness</i>	<i>Being cognizant of all information within a four-dimensional space. This involves the ability to „understand“ the airspace as an integrated whole.</i>
<i>Visualisation</i>	<i>The ability to translate material into visual representation of what is currently occurring.</i>
<i>Projection</i>	<i>The ability to translate material into visual representation of what will occur in the future.</i>
<i>Reasoning</i>	<i>Ability to perceive and understand principles governing relationships among several figures.</i>
<i>Dynamic Visual-Spatial</i>	<i>Ability to deal with dynamic visual movement.</i>
<i>Angles</i>	<i>The ability to apply the principles of geometry to angles</i>

⁸ Angeführt sind nur jene Eigenschaften, welche im Rahmen der Diplomarbeit behandelt wurden.

	<i>computations involving angles. The ability involves both the speed and the accuracy of computation.</i>
<i>2-D Mental Rotation</i>	<i>Ability to identify a two-dimensional figure when seen at different angular orientations.</i>
<i>3-D Mental Rotation</i>	<i>Ability to identify a two-dimensional object when seen at different angular orientations either within the picture plane or about the axis in depth.</i>
<i>Perceptual Speed and Accuracy</i>	<i>Ability to perceive visual information quickly and accurately and to perform simple processing tasks.</i>

Gefragt, wie wichtig die einzelnen Fähigkeiten für die Erlernung bzw. die Ausübung des Kontrollerberufes sei, gab es auf einer Skala von 0 (= *this test does not measure this worker requirement*) bis 5 (= *this test measures this worker requirement to a very great extent*) durch die Experten folgende Wertung:

Auszüge aus der (*Mean Worker Requirement Ratings Rank Ordered for all ATCs*) (Heil et al., 2001, S. 69): ⁹

Tabelle 2.7.4.5.2: Mean Worker Requirement Ratings Rank Ordered for all ATCs

	<i>Learning the Job</i>		<i>Doing the Job</i>	
<i>Label</i>	<i>MEAN</i>	<i>SD</i>	<i>MEAN</i>	<i>SD</i>
<i>Reasoning</i>	4,13	0,82	4,31	0,74
<i>Situational Awareness</i>	4,08	0,93	4,33	0,86
<i>Visualisation</i>	4,06	0,91	4,26	0,85
<i>Projection</i>	4,05	0,91	4,26	0,84
<i>Perceptual Speed and Accuracy</i>	3,99	0,87	4,13	0,83
<i>Visuospatial Reasoning</i>	3,74	0,95	3,78	0,97
<i>Dynamic Visual-Spatial</i>	3,69	0,99	3,80	1,02

⁹ Es werden nur jene Fähigkeiten wiedergegeben, welche im Rahmen der Diplomarbeit bearbeitet wurden. Außerdem ist die Tabelle in ihrer Reihenfolge verändert, um sie leichter interpretieren zu können.

<i>2-D Mental Rotation</i>	3,18	1,11	3,20	1,12
<i>3-D Mental Rotation</i>	3,18	1,17	3,24	1,20
<i>Angles</i>	2,83	1,12	2,79	1,13

Von den Fähigkeiten wird „Reasoning“ sowohl für das Erlernen, als auch für die Ausübung des Berufes als sehr wichtig durch die Experten eingestuft. Unter den Fähigkeiten, welche dem räumlichen Vorstellungsvermögen zugeordnet werden können, entsteht, nach Expertenmeinung, folgende Reihung nach Wichtigkeit: „*Visualisation, Visuospatial Reasoning, Dynamic Visual-Spatial, 2-D Mental Rotation, 3-D Mental Rotatio und Angles.*“

Es wurde ebenfalls die Anforderungen getrennt nach den Arbeitsbereichen (siehe Tab. 2.5) eingeschätzt. In diesem Dokument der FAA wird statt des ICAO Begriffs „Area Control“ die Bezeichnung „Air Route Traffic Control Center“ (ARTCC) und für „Approach Control“ der Terminus „Terminal“ verwendet. Im Originaldokument ist zusätzlich die Kategorie „Flight Service“ angeführt, welche hier nicht mitberücksichtigt wird. Nachfolgend werden Anforderungen in der Tabelle 2.7.4.5.2 auszugsweise wiedergegeben. (Heil et al., 2001, S. 72):

Tabelle 2.7.4.5.3: Worker Requirement Ratings for Learning the Job for ARTCC
and Terminal

<i>Worker Requirement</i>	<i>ARTCC</i>		<i>Terminal</i>	
<i>Label</i>	<i>MEAN</i>	<i>SD</i>	<i>MEAN</i>	<i>SD</i>
<i>Reasoning</i>	4,21	0,88	4,22	0,76
<i>Situational Awareness</i>	4,21	0,89	4,21	0,89
<i>Visualisation</i>	4,09	0,85	4,15	0,91
<i>Projection</i>	4,13	0,84	4,17	0,87
<i>Perceptual Speed and Accuracy</i>	4,18	0,75	4,20	0,79
<i>Visuospatial Reasoning</i>	3,94	0,87	3,90	0,97
<i>Dynamic Visual-Spatial</i>	3,83	0,95	3,99	0,90
<i>2-D Mental Rotation</i>	3,05	1,20	3,35	1,04
<i>3-D Mental Rotation</i>	2,90	1,26	3,51	1,09
<i>Angles</i>	3,16	1,12	2,74	1,08

Anhand der Experteneinschätzungen gibt es nur geringe arbeitsplatzspezifische Anforderungsunterschiede. Demnach ist die Fähigkeit der zwei- und dreidimensionalen Rotation für die Fluglotsen in der Anflugkontrollstelle wichtiger als für deren Kollegen in der Bezirkskontrollstelle („Approach Control“). Dafür hätten die Tests, welche den Bereich „Angles“ testen, größere Aussagekraft für die Fluglotsen in der Bezirkskontrollstelle („Area Control“).

Das SACHA Projekt wurde 1996 durch die FAA beendet. Mit den Forschungsergebnissen wurde im Oktober 1997 ein neues Programm angestrebt: Das „Air Traffic Selection and Training“-Projekt (AT-SAT). Es sollte ermöglichen, dass die erfolgreichen Kandidaten direkt mit der Ausbildung, ohne Selektionscharakter, beginnen können. Jeder damals auf Computer verfügbare Test wurde auf seine Validität in Bezug auf die Aussagekraft der Arbeitsleistung eines Controllers überprüft. In der nachfolgenden Tabelle 2.7.4.5.4 wird dargestellt, mit

welchen Tests die Fähigkeiten der „*worker requirements*“ ermittelt werden (Heil et al., 2001, S. 82 f.):¹⁰

Tabelle 2.7.4.5.4: AT-SAT Worker Requirement and measuring Test

<i>Worker Requirement</i>	<i>Test</i>
<i>Reasoning</i>	<i>Analogies, Air Traffic Scenarios</i>
<i>Perceptual Speed</i>	<i>Time Wall, Scanning, Dials, Planes, Letter Factory, Air Traffic Scenarios</i>
<i>Visual-Spatial Reasoning</i>	<i>Analogies</i>
<i>Dynamic Visual-Spatial</i>	<i>Air Traffic Scenarios, Planes, Time Wall/Pattern Recognition., Letter Factor, Scanning</i>
<i>Angles</i>	<i>Angles</i>

2.7.4.6 Fluglotsenauswahl in Österreich

In Österreich wird die Selektion durch Austro Control seit 1990 in Zusammenarbeit mit dem Kuratorium für Verkehrssicherheit (KfV) durchgeführt. Zum Selektionszeitpunkt der getesteten Fluglotsen war der FEAST noch nicht Bestandteil der Fluglotsenselektion.

Grundvoraussetzungen für die Selektionszulassung ist die Hochschulreife. Das Lebensalter sollte 25 Jahre (das maximale Einstiegsalter variierte nach Bedarf) nicht überschreiten.

Sollten die Grundvoraussetzungen des Bewerbers gegeben sein, wird dieser zur ersten hausinternen Selektionsstufe geladen. Diese dauert einen Tag und beinhaltet seit 2008 den Eignungstest der Eurocontrol (FEAST) sowie Tests im Bereich der Arbeitshaltungen und Gestaltwahrnehmung, Feedback und ein Interview. Vor 2008 kamen hausinterne Tests zur Anwendung: neben einem Geografietest wurden die Englisch- und Deutschkenntnisse überprüft. Außerdem wurde durch Fluglotsenlehrer und Führungspersonal ein Interview durchgeführt. Etwa 1/3 der Bewerber erreichen die zweite Selektionsstufe.

¹⁰ Angeführt sind nur jene benötigten Eigenschaften, welche im Rahmen der Diplomarbeit behandelt wurden.

Die Hauptselektion im Umfang von sieben Stunden wurde ausgelagert und findet im Kuratorium für Verkehrssicherheit statt. Es müssen elf Fähigkeitstests absolviert werden, wobei ein Großteil vom KfV entwickelt wurde. Bis auf einen Fragebogen werden alle Tests als Computertests vorgegeben.

Abgeschlossen wird dieser Selektionsabschnitt mit einem Interview. Auch in diesem Teil werden etwa 2/3 der Bewerber ausgeschieden.

Nach der flugmedizinischen Untersuchung wird bei Austro Control abschließend ein Assessment mit Einzel- und Gruppenübungen, mit Fokus auf soziale und persönliche Fähigkeiten der Bewerber, durchgeführt (EATMP, 1999a und <http://www.austrocontrol.at/content/atm/Akademie/AFVL/selektion/selektion.shtml>, 7.8.08, sowie Gespräche Frau Kappacher Selektionsleiterin Austro Control).

3 Empirischer Teil

3.1 Fragestellung und Ziele dieser Untersuchung

Die Stichprobe innerhalb einer selektierten Gruppe muss, wenn die stattgefundene Selektion nicht nur zufällig diskriminiert, zwangsweise von der Gesamtbevölkerung abweichen. Bei einer erfolgreichen Auswahl sollten bei den verbleibenden Personen die erwünschten Fähigkeiten auf hohem Niveau vorhanden sein. Wie im theoretischen Teil dargelegt, wird bei der Auswahl von Piloten und Fluglotsen auf ein überdurchschnittlich ausgebildetes räumliches Vorstellungsvermögen geachtet. Nachdem allerdings mit dem 3DW ein Messinstrument mit großer Messgenauigkeit vorhanden ist, liegt der Versuch nahe, innerhalb dieser hochgradig vorselegierten Gruppen mit entsprechender Varianzeinschränkung nach messbaren Unterschieden zu suchen.

Während der Ausbildung der Fluglotsen, vor allem beim praktischen Ausbildungsteil, ist die Ausfallsrate sehr hoch. Falls die prädiktive Validität dieser Testinstrumente nachgewiesen werden kann, ist eine Anwendung im Selektionsprozess zu erwägen.

Lässt sich mittels der beiden Testinstrumente 3DW und EST verifizieren, dass Piloten bedingt durch Vorselektion und Ausbildung überdurchschnittlich gut abschneiden und kann man mittels dieser Tests eine Steigerung der Leistungsfähigkeit im Laufe der Berufslaufbahn nachweisen?

Es wäre naheliegend, dass mit zunehmender Berufserfahrung die Fähigkeit des räumlichen Vorstellungsvermögens zunimmt.

3.2 Durchführung

Nachdem der 3DW und der A3DW als Computertest vorgegeben wurden, musste die Datenerhebung der beteiligten Personen als Einzeltestung erfolgen. Diese wurde nach terminlicher Vereinbarung¹¹ an unterschiedlichen Testplätzen durchgeführt. Es wurde auf eine ruhige Umgebung ohne Störung geachtet, die Testvorgabe erfolgte immer auf dem gleichen Computer.

Um die begrenzte Anzahl der möglichen Testpersonen nicht weiter zu dezimieren, wurde eine Vortestung, sie umfasste 9 Teilnehmer, im Freundeskreis durchgeführt. Dieser „Probelauf“ hatte den Zweck, die Durchführbarkeit der Studie zu überprüfen und eine realistische Zeitplanung zu erstellen. Folgende Erkenntnisse konnten in der Testphase gewonnen werden:

Die Zeitvorgabe beim ZVT wurde auf 30 Sekunden festgelegt. Nach der Vortestung wurde die Reihenfolge der Testvorgabe adaptiert.

Außerdem wurde bereits bei der Vortestung klar, dass der Zeitaufwand pro Testung, abhängig von der Arbeitsgeschwindigkeit der Person, erheblich sein würde. Bei der Terminplanung wurde dies mitberücksichtigt, die Personen bereits bei der Kontaktaufnahme darauf hingewiesen. Damit sollte ein zusätzlicher, durch äußere Bedingungen beeinflusster Zeitdruck während der Testung vermieden werden. Für die Teilnahme erhielten die Testpersonen ein Airbusmodell als Dankeschön.

Für die Hauptuntersuchung wurden 72 Personen getestet, die Daten einer Testung ging leider verloren, somit blieben die Daten von 71 Testpersonen. Sie fanden über einen Zeitraum von 2 Jahren, zwischen Juli 2002 und Juli 2004, statt.

¹¹ Die getesteten Personen waren bereits vor der Testdurchführung dem Testleiter bekannt. Der Autor dieser Diplomarbeit war zum Testzeitpunkt seit 15 Jahren selbst als Pilot tätig, seit 10 Jahren arbeitete er nebenberuflich bereits als Simulatorpilot bei der ACG. Dennoch wurde mit höchster Sorgfalt auf eine objektive Testdurchführung geachtet.

3.3 Testablauf

Um die lange Testabfolge nicht zu unterbrechen, wurde vor der ersten Testung der gesamte Ablauf besprochen. Es wurde nochmals darauf hingewiesen, dass die Durchführung etwa drei bis 4 Stunden dauert. In diesem Gespräch wurde der Zweck der Testung besprochen und die Testverfahren wurden kurz vorgestellt.

Außerdem wurden die Kandidaten vor der Durchführung der Leistungstests gebeten Ausbildungs-, Sozial- und berufsspezifische Daten bekannt zu geben. Es wurde den Kandidaten nochmals versichert, dass ihre Ergebnisse anonym verarbeitet werden.

Bei allen Testungen wurde folgende Reihenfolge der Testvorgaben eingehalten (der Verlauf ist im Anschluss schematisch dargestellt):

1) Testvorgabe des EST ohne Zeitdruck (*power-Version in paper/pencil* Vorgabe) durch ein Testheft, welches nach der Testanweisung aus 4 Beispielen und 22 Testaufgaben bestand; es kam die Version „EST-CG (V2)“ zur Anwendung. Besonders schwierige Aufgaben wurden von einigen getesteten Personen teilweise erst nach Beendigung der anderen Aufgaben bearbeitet bzw. bereits bearbeitete Aufgaben nach Beendigung nochmals auf deren Richtigkeit überprüft – was instruktionsgemäß zulässig ist.

2) Testvorgabe des A3DW ohne Zeitdruck auf einem Laptop mit einem LCD Bildschirm mit 13,1 Zoll Bildschirmdiagonale. Zwei Testwürfel dienten einerseits als „warm up“ Items, gleichzeitig wurde überprüft, ob die Anweisungen verstanden wurden. Ein neuerliches Bearbeiten gelöster Aufgaben war nicht möglich. Obwohl bei der Computertestung die Zeitdauer bei allen Bearbeitungen automatisch aufgezeichnet wurde, ist die Auswertung der Testzeit nur bedingt vergleichbar, da ein fehlendes Zeitlimit verschieden interpretiert wurde. Die Testung wurde nach Erreichen eines programmseitig eingestellten Abbruchkriteriums beendet (minimale Aufgabenanzahl: 13, maximale Aufgabenanzahl: 16). Zehn Teilnehmern an der Studie gelang es, alle Items, selbst die schwierigste Würfelaufgabe im Itempool zu lösen.

3) Danach folgte nochmals die Testvorgabe des EST (*work-limit-Version*) mittels Testheft 2, welches die gleichen 22 EST-Aufgaben beinhaltete, jedoch ohne die 4 Beispielaufgaben. Die Testanweisung war dahingehend adaptiert, dass die Testpersonen angewiesen wurden, die Aufgaben so schnell wie möglich zu lösen, wobei Priorität auf die Richtigkeit der Lösung zu legen war. Neben dem Testwert wurde die Gesamtzeit gemessen, welche benötigt wurde, um alle Aufgaben zu lösen.

4) Abermalige Testvorgabe des 3DW (*work-limit-Version*): Der Test bestand aus 13 Aufgaben, die mittels Computer möglichst schnell bearbeitet werden sollten. Die Aufgaben und die vorgegebene Abfolge waren identisch für alle getesteten Personen. Auch hier wurde auf eine neuerliche Testeinweisung verzichtet. Alle in diesem 3DW vorkommenden Aufgaben wurden aus der adaptiven Version entfernt, sodass kein Item bekannt war.

5) Als letzter Test wurde der ZVT zur Bearbeitung vorgelegt. Es wurden, nach der Instruktion und nach einem Probeversuch von 2 Beispielaufgaben, alle 4 Testbögen mit einem 30 Sekunden Zeit-Limit bearbeitet.

Abschließend wurde noch ein Interview durchgeführt. Darin wurden die Piloten und Fluglotsen gefragt, ob sie die Aufgaben beim EST (die Aufgaben wurden zweimal bearbeitet) wiedererkannt haben oder sich die Antwort aus dem ersten Durchgang gemerkt hätten. Zwar gaben einige Testpersonen an, dass sie sich vereinzelt an Schleifen erinnerten, keine der Personen hatte sich allerdings die Lösungswahl des ersten Durchganges gemerkt oder konnte die Gedanken reproduzieren.

Erhebung Ausbildungs-, Sozial- und berufsspezifische Daten

EST ohne Zeitdruck
paper / pencil Vorgabe
4 Beispiele, 22 Testaufgaben, Version „EST-CG (V2)“

*„Für die folgenden Testaufgaben haben Sie ausreichend Zeit zur Verfügung;
arbeiten Sie daher ruhig und konzentriert, aber auch zügig.“*

adaptiver 3DW (A3DW) ohne Zeitdruck
Computervorgabe mittels Laptop 13,1“
2 Beispiele, minimal 13 bzw. maximal 16 Testaufgaben

„power“
Instruktion
ohne
Zeitdruck

EST mit Zeitdruck
paper/pencil Vorgabe
Wiederholungstestung: keine Beispiele, 22 Testaufgaben,
Version „EST-CG (V2)“

*„Die folgenden Testaufgaben sollten Sie nicht nur richtig, sondern auch so rasch
wie möglich bearbeiten: Die Richtigkeit ist wichtiger als die Schnelligkeit.“*

3DW-Kurzform mit Zeitdruck
Computervorgabe mittels Laptop 13,1“
13 Aufgaben, davon 1 „hidden“ warm up item

„work limit“
Instruktion
mit selbst-
auferlegtem
Zeitdruck.

Vorgabe der 4 Testbögen des ZVT
Paper / pencil
30 Sekunden Bearbeitungszeit je Bogen

„Speed“
Test

Nachbesprechung und Protokoll

3.4 Stichprobe

Der Personenkreis der möglichen Testkandidaten war klein. Eine der Hauptschwierigkeiten bei diesem Versuchsdesign war, möglichst viele Teilnehmer, welche neben ihrem Beruf zusätzliche Bedingungen erfüllen mussten, zu generieren. So mussten die Fluglotsen die Ausbildung bei der Austro Control im neuen Simulatorzentrum absolviert haben. Vor der Inbetriebnahme waren die Ausbildungsszenarien und das Bewertungssystem zu unterschiedlich, um sie vergleichen zu können. Fluglotsen, welche bereits im theoretischen Ausbildungsabschnitt ausgeschieden wurden, konnten ebenfalls nicht getestet werden.

Bei der Pilotengruppe wurden ausschließlich Piloten von Austrian Airlines getestet. Die Gruppe konnte dadurch relativ homogen gehalten werden, andere Einflussgrößen, wie etwa eine zusätzliche Berufsausbildung vor dem Ergreifen des Pilotenberufes, weitgehend minimiert werden.

Alle Teilnehmer wurden bereits während ihrer beruflichen Laufbahn mit psychologischen Tests konfrontiert. Die Piloten hatten im Rahmen der Pilotenselektion, welche firmenextern bei Swissair durchgeführt wurde, den IST-70 von Amthauer zu bearbeiten. Auf die Selektion der Fluglotsen wird im Theorieteil näher eingegangen. Die Nachfrage, ob ähnliche Aufgaben während der Eignungsabklärung schon einmal bearbeitet wurden, wurde von allen Teilnehmern verneint.

Bedingt durch die Dominanz des männlichen Geschlechts in beiden Berufsgruppen, waren auch die getesteten Personen hauptsächlich männlich. Von den 2 weiblichen Testpersonen waren je eine Pilotin und eine Fluglotsin.

43 der 72 getesteten Personen hatten in der Schule Unterricht in Darstellender Geometrie.

Berufsbedingt hatte keiner der Teilnehmer einen Hochschulabschluss. Vor dem Berufseinstieg hatte fast die Hälfte der Teilnehmer (49,3 %) eine Allgemein bildende höhere Schule (AHS) besucht, fast ebenso viele (45,1 %) haben eine Höhere Technische Lehranstalt

abgeschlossen. Nur 4 Teilnehmer an der Untersuchung (5,6 %) hatten an einer Handelsakademie maturiert.

8 (11,3 %) Teilnehmer gaben an, Linkshänder zu sein.

Es wurden 29 Fluglotsen getestet. Sie arbeiteten zum Zeitpunkt der Testung bereits alleinverantwortlich bei Austro Control, 23 werden auf Bundesländerflughäfen bei der Anflugkontrollstelle und als Turmplotse eingesetzt, 6 getestete Flugverkehrsleiter sind bei der Anflugkontrollstelle Wien tätig. Der Ausbildungsverlauf im Simulator war gleich, die Ratingprüfung erfolgte an der zugewiesenen Kontrollstelle.

5 getestete Fluglotsen haben zusätzlich privat einen Pilotenschein erworben und zwischen 120 und 3300 Flugstunden gesammelt. In der hausinternen Ausbildungsakademie sind derzeit 5 Fluglotsen als Lehrpersonal tätig.

Die vor der Testung durchgeführte Datenerhebung ergab nach mündlichen Angaben der Fluglotsen folgenden Ausbildungserfolg in den praxisnahen Abschnitten (ATC 5, ATC 6, Ratingschulung) der Ausbildung:

17 der getesteten Fluglotsen (58,6 %) gaben an, die Ausbildung ohne Wiederholung eines Kurses abgeschlossen zu haben.

7 (24,1 %) Fluglotsen mussten einen Teil der Ausbildung wiederholen.

2 (6,9 %) Fluglotsen mussten zwei Ausbildungsteile nochmals absolvieren.

3 (10,3 %) wurden bei drei Ausbildungsabschnitten negativ beurteilt, 2 davon mussten die Ausbildung abbrechen und sind nicht aktiv als Fluglotsen tätig (siehe Tabelle 3.4.1).

Tabelle 3.4.1 Gesamtanzahl der Wiederholungen

	Häufigkeit	Gültige Prozente
,00	17	58,6
1,00	7	24,1
2,00	2	6,9
3,00	3	10,3
Gesamt	29	100,0

Aufgeschlüsselt nach dem Erfolg in den praktischen Kursabschnitten ATC 5 (siehe Tabelle 3.4.2) und ATC 6 (siehe Tabelle 3.4.3) sowie der abschließenden Ratingprüfung.

ATC 5:

Tab. 3.4.2 Wiederholung des ATC 5 Kurses	
	Häufigkeit
keine WH	19
mit WH	10

Ein Fluglotse musste den Kurs zweimal wiederholen. Er wird in der Gruppe der Wiederholer geführt.

ATC 6:

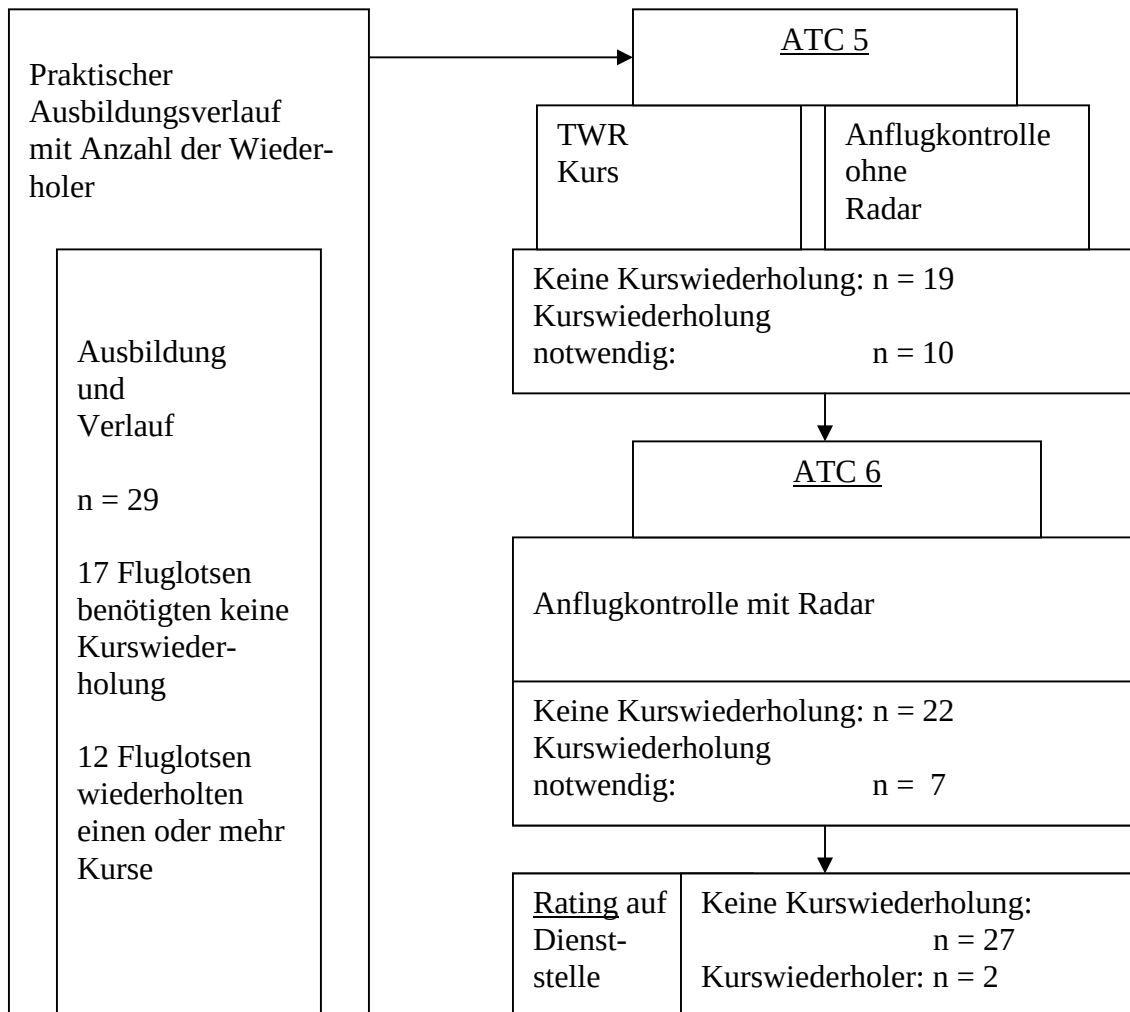
Tab. 3.4.3 Wiederholung des ATC 6 Kurses	
	Häufigkeit
keine WH	22
mit WH	7

Rating Prüfung:

Tabelle 3.4.4 Ratingprüfung

	Häufigkeit
keine WH	27
mit WH	2

Die hohe Erfolgsquote bei der praktischen Ratingprüfung (siehe Tabelle 3.4.4) lässt sich dadurch erklären, dass dem angehenden Lotsen zwar eine Minimumanzahl an Arbeitsstunden als Fluglotse vorgeschrieben wird, er allerdings erst zur Prüfung antreten darf, wenn die verantwortlichen Lehrer die Prüfungsreife bestätigen.



42 Datensätze stammen aus der Testung von Piloten im Liniendienst von Austrian Airlines. 2 Piloten haben ihre Ausbildung beim Bundesheer und nicht bei Austrian Airlines abgeschlossen, waren allerdings zum Zeitpunkt der Testung seit einigen Jahren als Linienspilote bei Austrian Airlines tätig.

Die Berufserfahrung der getesteten Piloten war sehr unterschiedlich. Ein Pilot hatte weniger als ein Jahr Erfahrung im Linienbetrieb, ein anderer Pilot konnte bereits auf 25 Dienstjahre verweisen. Der Median der getesteten Gruppe lag bei 5 Jahren.

Die unterschiedliche Berufserfahrung zeigt sich auch in den Flugstunden, so weisen die getesteten Linienspilote zwischen 2050 und 13000 Flugstunden auf. Das arithmetische Mittel beträgt 4308 Stunden.

3.5 Auswertung der Testergebnisse

Der 3DW wurde bereits in einer Vielzahl von Studien auf seine Eindimensionalität der getesteten Eigenschaften untersucht. Dabei haben sich die gewonnenen Daten immer als Rasch-homogen erwiesen. Selbst unter Vorgabe des Raumvorstellungstests unter Speed-Bedingungen blieben die gewonnenen Daten Rasch-homogen (Schützhofer, 1999). Daher wird auf eine weitere Untersuchung auf Rasch-Homogenität des 3DW mittels des gewonnenen Datensatzes verzichtet.

Obwohl vier Testbögen des ZVT je 30 Sekunden lang bearbeitet wurden, erfolgt die Verrechnung des Gesamttestwerts als Durchschnittswert aller 4 Testbögen. Eine Einzelverrechnung brächte keinen diagnostischen Mehrwert und würde zudem die Datenfülle erheblich vergrößern.

3.5.1 Fluglotsenselektion

Alle Teilnehmer an dieser Studie haben vor dem Beginn der Ausbildung die gleiche Selektion bei Austro Control und dem Kuratorium für Verkehrssicherheit absolviert.

Wie im theoretischen Teil aufgezeigt (siehe 2.7.4.6), werden verschiedene Tests eingesetzt, um die Eignung der Bewerber für den Beruf des Fluglotsen zu evaluieren.

Es kann daher angenommen werden, dass diese Gruppe, zumindest in den getesteten kognitiven Fähigkeitsbereichen, eine überdurchschnittliche Leistungsfähigkeit aufweisen. Außerdem muss bedacht werden, dass die getesteten Fluglotsen die Ausbildung absolviert haben. Neben der eigentlichen Selektion vor Ausbildungsbeginn stellt auch dieser Faktor eine weitere Homogenisierung der Gruppe dar.

Dennoch soll mittels der eingesetzten Test versucht werden, innerhalb dieser homogenen Gruppe nachweisbare Leistungsunterschiede zu finden, welche Rückschlüsse auf den Ausbildungserfolg zulassen.

Nachteilig ist die geringe Anzahl an getesteten Teilnehmer, die sich jedoch aus der geringen Grundquote in der Population erklärt. Als vorteilhaft kann gewertet werden, dass die

getesteten Fluglotsen allesamt nach denselben Bewertungskriterien beurteilt wurden, es ist also als ein „hartes Bewertungskriterium“ zu bewerten. Die Gruppenzuweisung der Fluglotsen konnte nach objektiven Kriterien (Leistungsüberprüfungen am Ende des Kurse) erfolgen.

3.5.1.1 Validität der eingesetzten Tests für den Kurserfolg während des praktischen Ausbildungsabschnittes

Der praktische Teil am Simulator bildet die große Hürde während der Ausbildung zum Fluglotsen. Nachdem dieser den letzten Ausbildungsabschnitt darstellt, stellt das Versagen sowohl für die Flugsicherungsstelle als auch für den Betroffenen einen Schaden in finanzieller Hinsicht dar. Auch das Wiederholen der Kurse ist zumeist mit einer Beeinträchtigung im Arbeitsablauf der zukünftigen Dienststelle verbunden.

Nachdem von den 29 getesteten Fluglotsen nur wenige mehr als einen Kurs wiederholt haben, wurden zwei Gruppen gebildet, die auf ihr Abschneiden in den vorgegebenen Tests verglichen wurden:

Es entstand eine Gruppe von 17 Fluglotsen, welche keinen Ausbildungsabschnitt wiederholte, und eine Gruppe von 12 Testpersonen, welche einen oder mehrere Abschnitte wiederholen musste bzw. die Ausbildung aus Leistungsgründen nicht beendet haben. Diese Untergruppen wurden dementsprechend betitelt mit „keine Kurswiederholung notwendig“ und „ein oder mehrmalige Kurswiederholung“.

Sollte es gelingen, zwischen diesen Gruppen mit den verwendeten Tests zu diskriminieren, wäre eine hohe prädiktive Validität wahrscheinlich. In einer weiteren Studie müsste allerdings die Kausalität nachgewiesen werden. Theoretisch wäre es auch möglich, dass bei den „high performern“ die Ausbildung zu einer Steigerung im Fähigkeitsbereich der räumlichen Vorstellung geführt hat.

Vergleich Bearbeitungszeit der adaptiven Testversion des 3DW (A3DW)

Bei der Testeinweisung wurden die Teilnehmer darauf hingewiesen, dass die für die Lösung der Aufgaben benötigte Zeit selbst gewählt werden kann. Bei Rückfragen wurde dem Testteilnehmer bestätigt, dass die benötigte Dauer keinen Einfluss auf den errechneten Leistungsparameter hat.

Der Wortlaut der Instruktion lautet: „Für die folgenden Testaufgaben haben Sie ausreichend Zeit zur Verfügung; arbeiten Sie daher ruhig und konzentriert, aber auch zügig.“

Dennoch möchte ich diese Variable vergleichen, sie lässt Rückschlüsse auf die Motivation der getesteten Person zu. Bei geringer Motivation wäre anzunehmen, dass weniger Zeit investiert wird, um die richtige Lösung zu finden.

Rückschlüsse auf Leistung können allerdings durch die Variable Zeit nicht gewonnen werden.

Tabelle 3.5.1.1.1 Vergleich der benötigten Zeit zur Bearbeitung des A3DW

	Lotsen ohne/mit Kurswiederholung	N	Mittelwert	Standardabweichung	Standardfehler des Mittelwertes
Durchschnittliche Itembearbeitungszeit des A3DWs in Sekunden	keine Kurswiederholung notwendig	17	185,4435	93,9002	22,7741
	ein oder mehrmalige Kurswiederholung	12	185,2508	114,3222	33,0020

Die getesteten Personen wurden vor Beginn über die langen Testzeiten informiert. Für die Bearbeitung einer Aufgabe wurden im Durchschnitt drei Minuten und 5 Sekunden benötigt. Die Bearbeitungszeiten sind für beide Gruppen nahezu identisch (siehe Tabelle 3.5.1.1.1). Dieser Wert kann zwar nicht als Leistungsindikator interpretiert werden, deutet aber darauf hin, dass beide Gruppen an einem guten Ergebnis interessiert waren, die Bearbeitungszeit dieses Tests betrug beinahe 50 Minuten.

Vergleich Bearbeitungszeit des 3DW unter work limit Bedingungen

Nachdem der A3DW von den Vergleichsgruppen gleich schnell bearbeitet wurde, könnte angenommen werden, dass auch der 3DW ähnlich schnell bearbeitet wird. Bei der Testinstruktion wurde, im Gegensatz zum A3DW, darauf hingewiesen, dass die benötigte Zeit zusätzlich gemessen wird.

Der Wortlaut der Instruktion lautet: *„Die folgenden Testaufgaben sollen Sie nicht nur richtig, sondern auch so rasch wie möglich bearbeiten: Die Richtigkeit ist wichtiger als die Schnelligkeit.“*

Tabelle 3.5.1.1.2 Vergleich der benötigten Zeit zur Bearbeitung des 3DW unter work limit Bedingungen

	Lotsen ohne/mit Kurswiederholung	N	Mittelwert	Standardabweichung	Standardfehler des Mittelwertes
Durchschnittliche Itembearbeitungszeit des 3DWs_WL in Sekunden	keine Kurswiederholung notwendig	17	79,6559	30,8840	7,4905
	ein oder mehrmalige Kurswiederholung	12	72,3950	26,3372	7,6029

Die Abweichung des Textes führte allgemein zu einer schnelleren Bearbeitung der Aufgaben, allerdings muss berücksichtigt werden, dass bei der adaptiven Testversion der Schwierigkeitsparameter der Aufgaben sich dem Leistungsparameter der Testperson annähert. Bei der Vorgabe vorausgewählter Aufgaben, wie dies bei der Standardversion des 3DW der Fall ist, können daher die „leichteren“ Aufgaben schneller bearbeitet werden. Schnellere Bearbeitung könnte ein Indikator sein, dass die Aufgaben, relativ zum Fähigkeitsparameter der Testperson, leichter sind.

Die durchschnittliche Bearbeitungszeit sank bei der Gruppe ohne Kurswiederholung auf 79,66 Sekunden pro Item, bei der Gruppe mit Kurswiederholung auf 72,40 Sekunden pro Item (siehe Tabelle 3.5.1.1.2). Der Unterschied ist nach dem durchgeführten t-Test allerdings nicht signifikant.

Vergleich der Fähigkeitsparameter gemessen mit 3DW und A3DW

Eine der zentralen Fragen der Diplomarbeit ist, ob sich die eingesetzten Testverfahren für die Selektion künftiger Fluglotsen eignen. Alle getesteten Personen mussten sich vor der Ausbildung dem standardisierten Selektionsprozess unterziehen (siehe Kapitel 2.7.4.6). Es musste daher von einer homogenen Gruppe auf hohem Niveau ausgegangen werden.

Mit dem A3DW steht allerdings ein Instrumentarium zur Verfügung, welches auch im extremen Bereich weiter differenzieren kann. Die Verrechnung erfolgt über den errechneten Leistungsparameter, welcher dem Personenparameter q_v entspricht („*weighted likelihood*“ Schätzer nach Warm, 1989). Sollte der Test zwischen den Gruppen weiter diskriminieren, kann von einer hohen prädiktiven Validität ausgegangen werden. Als Kriterium wurde wieder der Ausbildungsverlauf herangezogen. Um die Kausalitätsrichtung zu überprüfen, sollte der 3DW bzw. der A3DW Lotsenschülern in einer weiteren Studie vor dem Ausbildungsbeginn nochmals vorgegeben werden.

Tab. 3.5.1.1.3 Vergleich der Lotsengruppen mittels errechnetem Leistungsparameter des 3DW und A3DW

	Lotsen ohne/mit Kurswiederholung	N	Mittelwert	Standardabweichung	Standardfehler des Mittelwertes
Errechneter Leistungsparameter nach vollständiger Bearbeitung des A3DWs	keine Kurswiederholung notwendig	17	2,4945	1,6223	,3935
	ein oder mehrmalige Kurswiederholung	12	1,5373	,9844	,2842
Errechneter Leistungsparameter nach Bearbeitung des 3DW_WL	keine Kurswiederholung notwendig	17	2,3023	1,1303	,2741
	ein oder mehrmalige Kurswiederholung	12	1,3793	,9764	,2819

Tabelle 3.5.1.1.4 Test bei unabhängigen Stichproben

		Levene-Test der Varianzgleichheit		T-Test für die Mittelwertgleichheit		
		F	Signifikanz	T	df	Sig. (2-seitig)
Errechneter Leistungsparameter nach vollständiger Bearbeitung des A3DWs	Varianzen sind gleich	2,772	,108	1,816	27	,081
	Varianzen sind nicht gleich			1,972	26,541	,059
Errechneter Leistungsparameter nach Bearbeitung des 3DW_WL	Varianzen sind gleich	1,990	,170	2,287	27	,030
	Varianzen sind nicht gleich			2,348	25,789	,027

Tatsächlich ist der mittels A3DW gemessene Leistungsparameter höher bei jenen Fluglotsen, welche keine Kurswiederholung im Laufe ihrer Ausbildung hatten (siehe Tabelle 3.5.1.1.3). Ohne Zeitdruck ist der Unterschied nicht signifikant ($p=0,81$ /siehe Tabelle 3.5.1.1.4). Unter Zeitdruck wurde das Ergebnis bei dieser Testung (zweiseitige Fragestellung und Fehler erster Art von 5 % angenommen) signifikant ($p=0,030$).

Verworfen kann damit auch die Annahme werden, dass die „Ausbildungswiederholer“ den 3DW unter work limit schneller bearbeitet konnten, weil sie durchschnittlich einen höheren Fähigkeitsparameter haben. Offensichtlich hat diese Gruppe, trotz der geringen Unterschiede in der Anweisung („Arbeiten Sie daher ruhig und konzentriert, aber auch zügig“ versus „... nicht nur richtig, sondern auch so rasch wie möglich bearbeiten: Die Richtigkeit ist wichtiger als die Schnelligkeit“), Geschwindigkeit höher priorisiert.

Vergleich der Fähigkeitsparameter gemessen mit EST mit und ohne Zeitdruck

Die Gruppenteilung (12:17 Personen) wurde für das Kriterium beibehalten. Vor der eigentlichen Testung wurden 4 Übungsbeispiele gelöst. Bei den ergänzenden Hinweisen wurde die Diktion bezüglich Arbeitsgeschwindigkeit nicht verändert.

Bedingt durch die zum Zeitpunkt der Testung noch begrenzte Anzahl an Aufgaben des EST war eine adaptive Vorgabe nicht möglich. Die vorhandenen Items wurden zweimal bearbeitet,

mit und ohne Zeitdruck. Zeitlich war die neuerliche Vorgabe, unter work limit Bedingung, durch die Bearbeitung des A3DW getrennt. Um sicherzugehen, dass es dadurch zu keiner Verzerrung der Daten kommt, wurde im Interview nach Abschluss der Tests nachgefragt, ob die Aufgaben wieder erkannt wurden. Der Großteil der Befragten glaubte, neue Aufgaben zu bearbeiten, an die Lösung aus der vorangegangenen Bearbeitung konnte sich niemand erinnern. Aus den Daten lässt sich erkennen, dass bei der Testwiederholung durchschnittlich niedrigere Leistungsparameter erzielt worden sind, dies bestätigt die Aussage der Studienteilnehmer. Bei der Testwiederholung wären, auch durch den Übungseffekt, höhere Leistungsparameter erwartet worden. Dass bei der zweiten Testung niedrigere Werte erzielt wurden kann nur durch den Zeitdruck erklärt werden.

Sowohl mit als auch ohne Zeitdruck erreichten die Fluglotsen ohne Kurswiederholung durchschnittlich höhere Leistungsparameter. Bei der erstmaligen Bearbeitung betrug die Differenz 0,5088 (1,2544 versus 0,7456), bei der nochmaligen Bearbeitung unter Zeitdruck 0,7352 (1,0509 versus 0,3157; siehe Tabelle 3.5.1.1.5).

Tabelle 3.5.1.1.5 Vergleich des Lotsengruppen mittels EST mit und ohne Zeitdruck

	Lotsen ohne/mit Kurswiederholung	N	Mittelwert	Standardabweichung	Standardfehler des Mittelwertes
EST-WL-Zeit in Sek.	keine Kurswiederholung notwendig	17	1115,8235	564,7528	136,9727
	ein oder mehrmalige Kurswiederholung	12	860,8333	287,2901	82,9335
Errechneter Leistungsparameter nach Bearbeitung des EST unter work limit Bedingung	keine Kurswiederholung notwendig	17	1,0509	,8447	,2049
	ein oder mehrmalige Kurswiederholung	12	,3157	,9779	,2823
Errechneter Leistungsparameter nach Bearbeitung des EST	keine Kurswiederholung notwendig	17	1,2544	,9167	,2223
	ein oder mehrmalige Kurswiederholung	12	,7456	1,0947	,3160

Wie beim 3DW wird durch den angewendeten t-Test nur die Leistungsdivergenz bei der Bearbeitung der EST unter Zeitdruck als signifikant ausgewiesen ($p=0,040$). Bei der

Verrechnung ohne Zeitdruck ist die Differenz mit einem $p=0,185$ nicht signifikant (siehe Tabelle 3.5.1.1.6).

Tabelle 3.5.1.1.6 Test bei unabhängigen Stichproben

		Levene-Test der Varianzgleichheit		T-Test für die Mittelwertgleichheit		
		F	Signifikanz	T	df	Sig. (2-seitig)
EST-WL-Zeit in Sek.	Varianzen sind gleich	5,976	,021	1,433	27	,163
	Varianzen sind nicht gleich			1,592	24,995	,124
Errechneter Leistungsparameter nach Bearbeitung des EST unter work limit Bedingung	Varianzen sind gleich	,113	,739	2,163	27	,040
	Varianzen sind nicht gleich			2,108	21,533	,047
Errechneter Leistungsparameter nach Bearbeitung des EST	Varianzen sind gleich	,469	,499	1,359	27	,185
	Varianzen sind nicht gleich			1,317	21,041	,202

Auch der EST wurde unter Zeitdruck von den Teilnehmern mit Kurswiederholung schneller bearbeitet. Sie benötigten für die 22 Aufgaben durchschnittlich 860,83 Sekunden gegenüber 1115,82 Sekunden für die Teilnehmer ohne Kurswiederholung. Letztere benötigten also durchschnittlich um 255 Sekunden länger, das entspricht 11,59 Sekunden pro Aufgabe (siehe Tabelle 3.5.1.1.5). Für die Signifikanzprüfung musste auf ein parameterfreies Verfahren zurückgegriffen werden, nachdem Varianzgleichheit nach dem Levene-Test nicht angenommen werden kann (siehe Tabelle 3.5.1.1.6). Der durchgeführte U-Test weist die verschiedene Bearbeitungsgeschwindigkeit als nicht signifikant aus (siehe Tab. 3.5.1.1.7).

Tab. 3.5.1.1.7 Prüfung auf Signifikanz der unterschiedlichen Bearbeitungsdauer des EST

	EST-WL-Zeit in Sek.
Mann-Whitney-U	79,000
Wilcoxon-W	157,000
Z	-1,019
Asymptotische Signifikanz (2-seitig)	,308
Exakte Signifikanz [2*(1-seitig Sig.)]	,325 ^a

a. Nicht für Bindungen korrigiert.

3.5.1.2 Validität der eingesetzten Tests für den Kurserfolg während des Ausbildungsabschnittes „ATC 5“

Der ATC 5 Kurs wird von den Turm- und Anfluglotsen als erster praktischer Ausbildungsteil am Simulator absolviert und besteht aus 2 Teilen. Dabei wird Luftverkehrskontrolle im Flughafenbereich, sowie Anflugkontrolle ohne Radar unterrichtet (siehe Kapitel 2.6).

Bei beiden Kursen muss der Schüler das Verkehrsgeschehen anhand von Positionsangaben der Piloten und eigenen Aufzeichnungen auf Kontrollstreifen verfolgen und kontrollierend eingreifen, die Staffelung erfolgt nach festgelegten Kriterien. Die Positionsangaben erfolgen über den Sprechfunkverkehr mit den Piloten. Das Verkehrsbild wird vom Fluglotsen mental gespeichert, zusätzlich werden alle relevanten Informationen auf Kontrollstreifen vermerkt.

Bei den Beispielaufgaben zur Anflugkontrolle wurde bei einer bestehenden Verkehrssituation ein Radarausfall simuliert. Nachdem der Lotsenschüler ein Konzept erarbeitet hat, wie die Verkehrslage mit konventionellen Mitteln gelöst werden kann, wird das Beispiel weiter ausgeführt. Zeitdruck ist dabei nicht gegeben.

Für die Simulation „Arbeitsplatz Turm“ ist der spätere Arbeitsplatz nachgebildet, über mehrere Projektoren wird ein 360° Sichtfeld realitätsnah dargestellt. Das Verkehrsaufkommen der ankommenden Flugzeuge, welche simuliert von der Anflugkontrolle etwa 16 Kilometer vor der Piste übergeben werden, ist vorgegeben.

Abfliegende Flugzeuge können nach Abwägung der Verkehrslage durch den Flugverkehrsleiter verzögert werden. Auch Rollbewegungen können verzögert oder angehalten werden. Der Schüler kann dadurch auf das Pensum regulierend eingreifen.

Da hier nur die Kurswiederholung des „ATC 5“ Kurses relevant ist, ergibt sich eine neue Gruppenzuteilung: 10 Teilnehmer an der Studie mussten diesen Ausbildungsabschnitt wiederholen, nachdem ihre Leistung nach Absolvierung des Kurses von den Lehrern als negativ bewertet wurde (siehe 2.6.1), 19 Fluglotsen benötigten keine Kurswiederholung.

Die Überprüfung der Leistungsunterschiede dieser beiden Gruppen fand mittels t-Test statt. Innerhalb der Gruppe der Fluglotsen ist die Normalverteilung der Variablen, sowie die Homogenität der Varianzen gegeben.

Tabelle 3.5.1.2.1 Mittelwertvergleich der Testergebnisse nach Gruppentrennung „ATC 5“

Gruppenstatistiken						
	Mittelwert		Standardabweichung		Standardfehler des Mittelwertes	
	Wiederholung des ATC 5 Kurs		Wiederholung des ATC 5 Kurs		Wiederholung des ATC 5 Kurs	
	,00	1,00	,00	1,00	,00	1,00
Durchschnittliches ZVT-Ergebnis	55,8816	53,6500	7,5477	10,4776	1,7316	3,3133
Errechneter Leistungsparameter nach vollständiger Bearbeitung des A3DWs	2,2965	1,7221	1,6466	,9573	,3777	,3027
Errechneter Leistungsparameter nach Bearbeitung des 3DW_WL	2,1745	1,4375	1,1324	1,0689	,2598	,3380
Durchschnittliche Itembearbeitungszeit des 3DWs_WL in Sekunden	78,0111	74,0680	30,9946	25,5349	7,1106	8,0749
Errechneter Leistungsparameter nach Bearbeitung des EST	1,2325	,6855	,8705	1,1949	,1997	,3779
Errechneter Leistungsparameter nach Bearbeitung des EST unter work limit Bedingung	,9600	,3415	,8440	1,0753	,1936	,3401

Das Ergebnis der ZVT zeigt, dass beide Gruppen eine ähnliche Arbeitsgeschwindigkeit bei der Durchführung der Testbögen hatten (siehe Tabelle 3.5.1.2.1) und die Differenz nicht signifikant ist (siehe Tabelle 3.5.1.2.2).

Bei den Testergebnissen des A3DW und EST kann kein signifikanter Unterschied festgestellt werden. Erwähnt muss allerdings werden, dass beide Tests, sowohl ohne als auch mit selbstauferlegtem Zeitdruck, einen höheren Leistungsparameter bei den Personen aufweist, welche keine Wiederholung des Ausbildungsabschnittes machen mussten. Der A3DW weist einen durchschnittlichen Leistungsparameterdifferenz von 0,5744 auf. Unter Zeitdruck maß der 3DW einen Unterschied von 0,737. Sehr ähnlich die gemessene Leistungsdifferenz mit dem EST. Ohne Zeitdruck betrug der Unterschied 0,547, mit Zeitdruck 0,6185 (siehe Tabelle 3.5.1.2.1).

Tabelle 3.5.1.2.2 Prüfung auf Signifikanz der Testergebnisse als Prädiktoren für „ATC 5“

Test bei unabhängigen Stichproben						
Abhängige Variablen Annahmen		Statistik				
		Levene-Test der Varianzgleichheit		T-Test für die Mittelwertgleichheit		
		F	Signifikanz	T	df	Sig. (2-seitig)
Durchschnittliches ZVT-Ergebnis	Varianzen sind gleich	,676	,418	,661 ,597	27 14,063	,514 ,560
Errechneter Leistungsparameter nach vollständiger Bearbeitung des A3DWs	Varianzen sind gleich	4,016	,055	1,011 1,187	27 26,601	,321 ,246
Errechneter Leistungsparameter des 3DW unter Work Limit	Varianzen sind gleich	1,012	,323	1,697 1,729	27 19,389	,101 ,100
Durchschn. Itembearbeitungszeit des 3DW WL in Sekunden	Varianzen sind gleich	1,629	,213	,345 ,366	27 21,812	,733 ,718
Errechneter Leistungsparameter nach Bearbeitung des EST	Varianzen sind gleich	1,757	,196	1,414 1,280	27 14,177	,169 ,221
Errechneter Leistungsparameter des EST unter work limit Bed.	Varianzen sind gleich	,504	,484	1,707 1,581	27 14,995	,099 ,135

Die Unterschiede wiesen alle in die erwartete Richtung, Fluglotsen ohne Kurswiederholung hatten bei beiden Tests unter verschiedenen Bedingungen bessere Ergebnisse. In tabellarischer Form sei die Differenz der Leistungsparameter nochmals zusammengefasst. Allerdings konnten mit dem t-Test keine Signifikanzen nachgewiesen werden.

Tabelle 3.5.1.2.3 Differenz der Leistungsparameter nach Gruppentrennung „ATC 5“

Differenz	EST	3DW/A3DW
Unter „Power“-Bedingung	0,547	0,574
Unter „Work-Limit“-Bedingung	0,618	0,737

Eine Erklärung der nicht gefundenen Signifikanz kann an der Größe der getesteten Gruppe liegen. Allerdings muss festgehalten werden, dass es auch an einer nicht zielführenden Datenerhebung liegen kann. Wie bereits erwähnt, wird dieser Kurs zweiteilig durchgeführt. Die Arbeit am Turm unterscheidet sich von der Anflugkontrolle ohne Radar wesentlich und spricht wahrscheinlich andere Fähigkeiten an. Bereits bei den Interviews äußerten einige Fluglotsen den Verdacht, dass für die Arbeit am Turm ein gutes räumliches Vorstellungsvermögen nicht unbedingt notwendig sei, vielmehr „Mehrfachbelastbarkeit“ und

„organisatorisches Talent“ in diesem Kurs gefragt wären.¹² Nachdem die Vortestung mit Freunden und nicht mit fertigen Fluglotsen durchgeführt wurde, ist dieser Umstand zu spät bemerkt worden, eine Korrektur der Daten war nicht mehr möglich.

3.5.1.3 Validität der eingesetzten Tests für den Kurserfolg während des Ausbildungsabschnittes „ATC 6“

Der zweite und letzte Ausbildungsabschnitt ist die Simulation des späteren Radararbeitsplatzes. Es werden Beispiele mittels Radarhilfe geübt, die Aufgabenstellungen entsprechen den Arbeitsanforderungen der Fluglotsen, zuständig für die Anflugkontrolle Wien. Die Verkehrsdichte ist größer als im vorangegangenen Kurs „ATC 5“; mit Hilfe des Radars muss der Verkehrsfluss gesteuert werden.

Wie im Kapitel 2.4.2 beschrieben, muss der Lotse bei der täglichen Arbeit Lösungsgüte versus Bearbeitungsgeschwindigkeit abwägen. Während im Kurs „ATC 5“ der Verkehrsstrom angehalten wird, bis der Schüler ein Lösungskonzept erarbeitet hat oder verzögert wird, um ein Problem zu bearbeiten, ist die Arbeitsgeschwindigkeit während des „ATC 6“ durch die Dynamik des Verkehrsflusses fremdbestimmt. Die Lösung der auftretenden Konflikte sollte dabei so gut, aber auch so schnell wie möglich gelöst werden.

Auffällig und unerwartet deutlich spiegelt sich der Faktor Zeit wieder. Dass die Zeitkomponente eine größere Rolle spielt, lässt sich bereits im Ergebnis der ZVT erkennen. Im vorgegebenen Zeitrahmen von 30 Sekunden bearbeitete die Gruppe ohne Kurswiederholung des Kurses „ATC 6“ beinahe 9.56 Nummern mehr pro Arbeitsblatt (siehe Tabelle 3.5.1.3.1). Kamen die Kurswiederholer beim Verbinden der Zahlen nur durchschnittlich bis zur Nummer 47,8571, konnte die Gruppe ohne Kurswiederholung 57,4205 Ziffern verbinden. Dieser große Unterschied ist bei dieser Stichprobe statistisch signifikant ($p = 0,007$; siehe Tabelle 3.5.1.3.3).

Die benötigte Bearbeitungszeit, diese wurde selbst gewählt, für die Aufgaben des 3DW und des EST ist für die erfolgreiche Lotsengruppe höher, der Unterschied allerdings nicht im

¹² Aussage von Fluglotsen bei den durchgeführten Interviews nach der Testung

signifikanten Bereich. Kurswiederholer priorisieren anscheinend Geschwindigkeit auf Kosten der Richtigkeit, sie erzielen sowohl beim EST als auch beim 3DW, bearbeitet unter Zeitdruck, schlechtere Werte, der t-Test weist die Differenz als signifikant aus.

Bei der Bearbeitung der 3DW Aufgaben benötigte die „erfolgreiche“ Fluglotsengruppe um mehr als 21 Sekunden länger pro Aufgabe. Der Unterschied des Leistungsparameters (2,1921 versus 1,0663) zeigt deutlich, dass die erhöhte Bearbeitungsgeschwindigkeit mit einer geringeren Lösungsqualität verbunden war.

Doch auch ohne Zeitdruck ist der Unterschied der errechneten Personenparameter groß. Die Differenz der errechneten Leistungsparameter nach Bearbeitung des A3DW beträgt zwischen den Gruppen 1,3052 (2,4135 versus 1,1083) und ist damit signifikant ($p=0,036$).

Auch der EST differenziert signifikant zwischen der Gruppe der Kurswiederholer und jener Gruppe, welche den Ausbildungsabschnitt nicht wiederholen musste. Die durchschnittliche Differenz des errechneten Leistungsparameter zwischen den beiden Gruppen beträgt ohne Zeitdruck 1,1439, mit Zeitdruck 1,1339.

Tendenziell werden von den Kurswiederholern des „ATC 6“ Kurses die Testitems schneller bearbeitet, dies geht allerdings auf Kosten der Bearbeitungsqualität. Die im „ATC 6“ „erfolgreiche“ Gruppe erzielt signifikant bessere Ergebnisse bei der Bearbeitung des 3DW und des EST, sowohl ohne als auch mit Zeitdruck. Der Unterschied erweist sich im t-Test, trotz der geringen statistischen Power durch die geringe Teilnehmerzahl, bei beiden Test, bei einem α -Fehler von 5%, als signifikant.

Tabelle 3.5.1.3.1 Mittelwertvergleich der Testergebnisse nach Gruppentrennung „ATC 6“

Gruppenstatistiken

	Mittelwert		Standardabweichung		Standardfehler des Mittelwertes	
	Wiederholung des ATC 6 Kurs		Wiederholung des ATC 6 Kurs		Wiederholung des ATC 6 Kurs	
	,00	1,00	,00	1,00	,00	1,00
Durchschnittliches ZVT-Ergebnis	57,4205	47,8571	8,3973	3,6425	1,7903	1,3767
Errechneter Leistungsparameter nach vollständiger Bearbeitung des A3DWs	2,4135	1,1083	1,4420	1,0409	,3074	,3934
Errechneter Leistungsparameter nach Bearbeitung des 3DW_WL	2,1921	1,0663	1,1387	,7027	,2428	,2656
Durchschnittliche Itembearbeitungszeit des 3DWs_WL in Sekunden	81,8345	60,3614	28,2287	26,0753	6,0184	9,8555
Errechneter Leistungsparameter nach Bearbeitung des EST	1,3200	,1761	,9349	,7242	,1993	,2737
Errechneter Leistungsparameter nach Bearbeitung des EST unter work limit Bedingung	1,0204	-,1135	,9113	,4948	,1943	,1870
EST-WL-Zeit in Sek.	1047,9091	892,1429	522,9002	315,6060	111,4827	119,2879

Tabelle 3.5.1.3.2 Differenz der Leistungsparameter nach Gruppentrennung „ATC 6“

Differenz	EST	3DW/A3DW
Unter „Power“-Bedingung	1,1439	1,3052
Unter „Work-Limit“-Bedingung	1,1339	1,1258

Tabelle 3.5.1.3.3 Prüfung auf Signifikanz der Testergebnisse als Prädiktoren für „ATC 6“

Test bei unabhängigen Stichproben

		Statistik				
		Levene-Test der Varianzgleichheit		T-Test für die Mittelwertgleichheit		
		F	Signifikanz	T	df	Sig. (2-seitig)
Abhängige Variablen	Annahmen					
Durchschnittliches ZVT-Ergebnis	Varianzen sind gleich	3,730	,064	2,899	27	,007
	Varianzen sind nicht gleich			4,234	23,913	<.001
Errechneter Leistungsparameter nach vollständiger Bearbeitung des A3DWs	Varianzen sind gleich	,718	,404	2,207	27	,036
	Varianzen sind nicht gleich			2,614	14,066	,020
err.Lleistungsparameter nach Bearbeitung des 3DW_WL	Varianzen sind gleich	5,273	,030	2,453	27	,021
	Varianzen sind nicht gleich			3,129	16,854	,006
Durchschnittliche Itembearbeitungszeit des 3DWs_WL in Sekunden	Varianzen sind gleich	,067	,797	1,782	27	,086
	Varianzen sind nicht gleich			1,859	10,877	,090
Errechneter Leistungsparameter nach Bearbeitung des EST	Varianzen sind gleich	,621	,438	2,954	27	,006
	Varianzen sind nicht gleich			3,379	13,006	,005
Leistungsparameter nach Bearbeitung des EST unter work limit Bed.	Varianzen sind gleich	1,325	,260	3,122	27	,004
	Varianzen sind nicht gleich			4,205	19,463	<.001
EST-WL-Zeit in Sek.	Varianzen sind gleich	1,734	,199	,741	27	,465
	Varianzen sind nicht gleich			,954	17,290	,353

Für den letzten Kurs haben die angewendeten Tests eine hohe prognostische Validität. Es sei hier allerdings nochmals erwähnt, dass die Testung nach Beendigung der Ausbildung stattgefunden hat, eine Verbesserung der getesteten Fähigkeiten durch die absolvierte Ausbildung nicht ausgeschlossen werden kann.

3.5.1.4 Gruppenvergleich unter Verwendung errechneter Mittelwerte der erzielten Leistungsparameter des EST und des 3DW

Nachdem der 3DW und der EST sowohl unter power als auch unter work limit-Bedingungen bearbeitet wurde, ergeben sich für jede Testperson zwei Leistungsparameter pro Test. Die Bildung eines Durchschnittswertes ist zulässig, da die Fähigkeitsparameter Intervallskalen-

niveau aufweisen. Dem Aggregationsprinzip folgend könnte diese neu errechnete Variable einen diagnostischen Mehrwert liefern.

Bei der getrennten Verrechnung erwiesen sich beide Tests nur unter „work limit“-Bedingungen geeignet, die Gruppen bezüglich des Ausbildungserfolges zu differenzieren, ob ein Teilabschnitt wiederholt werden musste. Der erzielte durchschnittliche Parametermittelwert ist bei beiden Tests höher in jener Gruppe, welche die Ausbildung ohne Wiederholung beenden konnte (siehe Tabelle 3.5.1.4.1).

Tabelle 3.5.1.4.1 Mittelwertvergleich der erzielten Durchschnittsparameter; Gruppentrennung Ausbildungserfolg (mit/ohne Kurswiederholung)

Gruppenstatistiken					
	Lotsen ohne/mit Kurswiederholung	N	Mittelwert	Standardabweichung	Standardfehler des Mittelwertes
pmean_3dw_wl.po	keine Kurswiederholung notwendig	17	2,3984	1,12351	,27249
	ein oder mehrmalige Kurswiederholung	12	1,4583	,85456	,24669
pmean_est_wl.po	keine Kurswiederholung notwendig	17	1,1527	,75357	,18277
	ein oder mehrmalige Kurswiederholung	12	,5307	,93075	,26868

Im durchgeführten t-Test (Varianzgleichheit war gegeben) erwies sich der gemittelte 3DW Fähigkeitsparameter als signifikant ($p=0,022$), der errechnete Mittelwert der EST Ergebnisse zeigt ebenfalls eine starke Tendenz, kann allerdings mit einer errechneten Wahrscheinlichkeit von $p=0,057$ das Signifikanzniveau nicht erreichen.

Bei getrennter Betrachtung der Kurse „ATC 5“ und „ATC 6“ ergibt sich mit dem errechneten Durchschnittsparameter folgender Vergleich (siehe Tabelle 3.5.1.4.2 und Tabelle 3.5.1.4.3)

Tabelle 3.5.1.4.2 Mittelwertvergleich der erzielten Durchschnittsparameter; Gruppentrennung Ausbildungserfolg „ATC 5“ (mit / ohne Kurswiederholung)

Gruppenstatistiken					
	Wiederholung des ATC 5 Kurs	N	Mittelwert	Standardab- weichung	Standardfe- hler des Mittelwertes
pmean_3dw_wl.po	,00	19	2,2355	1,16840	,26805
	1,00	10	1,5798	,88548	,28001
pmean_est_wl.po	,00	19	1,0963	,73035	,16755
	1,00	10	,5135	1,02795	,32507

Auch mit dem errechneten Mittelwert der durchgeführten Tests kann nicht zwischen den Kurswiederholern des „ATC 5“ und den in diesem Abschnitt „erfolgreichen“ Fluglotsen unterschieden werden. Die durchgeführten t-Tests ergaben weder für den 3DW ($p=0,133$) noch für den EST ($p=0,087$) einen signifikanten Unterschied zwischen beiden Gruppen.

Auf die möglichen Gründe wird im Kapitel 3.5.1.2 eingegangen.

Tabelle 3.5.1.4.3 Mittelwertvergleich der erzielten Durchschnittsparameter; Gruppentrennung Ausbildungserfolg „ATC 6“ (mit / ohne Kurswiederholung)

Gruppenstatistiken					
	Wiederholung des ATC 6 Kurs	N	Mittelwert	Standardab- weichung	Standardfe- hler des Mittelwertes
pmean_3dw_wl.po	,00	22	2,3028	1,03724	,22114
	1,00	7	1,0873	,81725	,30889
pmean_est_wl.po	,00	22	1,1702	,77476	,16518
	1,00	7	,0313	,55429	,20950

Die erbrachte durchschnittliche Leistung mit/ohne Zeitdruck ist bei beiden durchgeführten Tests hoch signifikant in Bezug auf den Erfolg des Kurses „ATC 6“. Mit den erhobenen Werten wird mittels t-Test für den 3DW ein $p=0,009$, für den EST ein $p=0,001$ ausgewiesen.

Vergleicht man die Gruppen getrennt nach Ausbildungserfolg und dem Ergebnis der einzelnen Kurse ergibt sich folgendes Bild (siehe Tabelle 3.5.1.4.4)

Tabelle 3.5.1.4.4 Gruppenvergleich der gemittelten Leistungsparameterwerte

n = 29		Ausbildungs- erfolg (17:12)	„ATC 5“ Kurs- wiederholer (19:10)	„ATC 6“ Kurs- wiederholer (22:7)
Ø-Wert 3DW	Keine Kurs- wiederholung	2,3984	2,2355	2,3028
	Kurswied. notwendig	1,4583	1,5798	1,0873
Ø-Wert EST	Keine Kurs- wiederholung	1,1527	1,0963	1,1702
	Kurswied. notwendig	0,5307	0,5135	0,313

Zwischen den Nicht-Wiederholern ist ein ähnlich hohes Niveau bei beiden Kursen (ATC 5 und ATC 6) gegeben. Generell liegen die Leistungen der Wiederholer auf einem niedrigeren Niveau, bemerkenswert ist jedoch, dass Wiederholer des „ATC 5“ Kurses einen relativ hohen Leistungsparameter erreichen. Dies unterstützt die Annahme, dass für Teile dieses Kurses (Tower) räumliches Vorstellungsvermögen nicht oder in nur geringem Ausmaß notwendig ist (siehe Kapitel 3.5.1.2).

3.5.1.5 Gruppenvergleich mittels ZVT

Der 3DW und der EST wurden von der Gruppe der Kurswiederholer (n=12 Personen) mit der Instruktion „nicht nur richtig, sondern auch so rasch wie möglich“ schneller bearbeitet. Es wurde die Vermutung bereits geäußert, dass innerhalb dieser Gruppe bei der Bearbeitung Geschwindigkeit gegenüber Richtigkeit priorisiert wurde.

Allerdings müssen auch andere Faktoren in Betracht gezogen werden, welche die Bearbeitungszeit einfacher Aufgaben verändert. Oswald und Roth (1987) weisen in ihrer Handanweisung des ZVT auf den Zusammenhang zwischen der Bearbeitungszeit und der allgemeinen zentralen Aktiviertheit hin. Demnach weisen verschiedene Studien auf folgenden Zusammenhang zwischen Anspannungsschätzung und Testbearbeitungszeit hin (r=0,45 bis r=0,58): „*Geringe Testbearbeitungszeiten korrespondierten mit einer geringen Anspannung, hohe Testbearbeitungszeiten mit einer hohen Anspannung.*“ (Oswald & Roth, 1987, S. 25)

Unterschiede in der Bearbeitungszeit des ZVT könnten auf ein verschiedenes hohes Aktivierungsniveau deuten.

Tabelle 3.5.1.5.1 Vergleich der Lotsengruppe mittels ZVT

Vergleich der Lotsengruppe mittels ZVT

Lotsen ohne/mit Kurswiederholung		N	Mittelwert	Standardabweichung	Standardfehler des Mittelwertes
Durchschnittliches ZVT-Ergebnis	keine Kurswiederholung notwendig	17	56,7059	7,5546	1,8323
	ein oder mehrmalige Kurswiederholung	12	52,8542	9,6698	2,7914

Tabelle 3.5.1.5.2 Signifikanzprüfung der ZVT Ergebnisse

Test bei unabhängigen Stichproben

		Levene-Test der Varianzgleichheit		T-Test für die Mittelwertgleichheit		
		F	Signifikanz	T	df	Sig. (2-seitig)
Durchschnittliches ZVT-Ergebnis	Varianzen sind gleich	,306	,585	1,205	27	,239
	Varianzen sind nicht gleich			1,154	19,972	,262

Die unterschiedliche Bearbeitungszeit (Kurswiederholer erreichten nach 30 Sekunden die Zahl 52,85 die Vergleichsgruppe 56,71) ist nicht signifikant (siehe Tabelle 3.5.1.5.1 und Tabelle 3.5.1.5.2). Entgegen der schnelleren Bearbeitung der räumlichen Vorstellungstests ist die Kurswiederholergruppe etwas langsamer bei der Bearbeitung des ZVT.

Zwischen den Gruppen der Kurswiederholer kann der ZVT nicht differenzieren. Allerdings wurde bereits im Kapitel 3.5.1.2 und 3.5.1.3 festgestellt, dass die Zeitkomponente im Kurs „ATC 6“ eine wesentliche Rolle spielt. Diese Geschwindigkeitskomponente wird bei der Bearbeitung des ZVT erfasst. „Erfolgreiche“ Kursabsolventen des Kurses „ATC 6“ bearbeiteten diese Bögen des ZVT schneller. Nachdem dieser Kurs sehr „praxisnah“ ist, kann angenommen werden, dass eine hohe kognitive Leistungsgeschwindigkeit bei der täglichen Arbeit der Lotsen wichtig ist. Bei der Ausbildung ist die kognitive Leistungsgeschwindigkeit erst für den Kurs „ATC 6“ entscheidend.

3.5.1.6 Prädiktoren für einen positiven Ausbildungsverlauf

Wie im Kapitel 2.7.2 beschrieben wird versucht, die Selektion selbst ökonomisch zu gestalten. In der EATMP Guideline (2001d) wird darauf hingewiesen, dass neben dem Alter auch der besuchte Schultyp und die Erfahrung mit räumlichen Vorstellungstätigkeiten als Prädiktor für einen positiven Ausbildungsverlauf herangezogen werden kann.

Alter als Prädiktor

In der Literatur stößt man immer wieder auf die Variable Alter zum Ausbildungsbeginn. Die meisten Staaten haben ein sehr niederes Alterslimit für Bewerber um den Ausbildungsplatz als Fluglotse. Auch im Dokument EATMP (2002) wird die Wichtigkeit der Variable Alter bei Ausbildungsbeginn festgehalten:

„For a fairly narrow age range (e.g. ab initio trainee controllers are usually restricted to 18-25 years old), frequency distribution may be utilised for each month of age (e.g. 19 years 3 months) in analysing this important variable.“ (EATMP, 2002, S. 120)

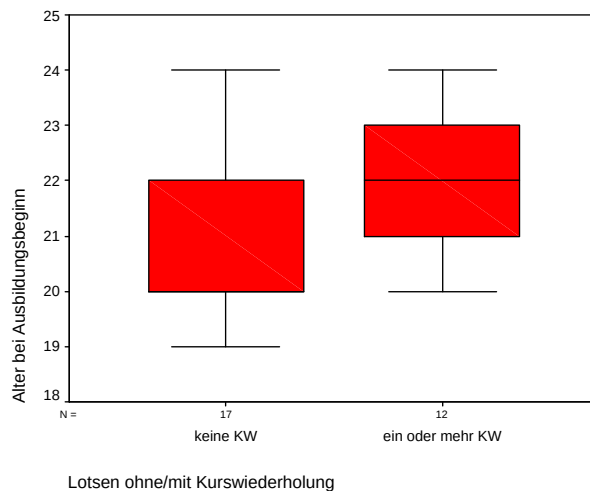
Auch in dieser Studie wurde nur nach dem Alter in vollendeten Jahren gefragt. Erwartet wird, dass jüngere Bewerber mit höherer Wahrscheinlichkeit keinen Kurs wiederholen müssen.

Tabelle 3.5.1.6.1 Alter bei Ausbildungsbeginn der 2 Gruppen mit/ohne Kurswiederholung

Gruppenstatistiken

	Lotsen ohne/mit Kurswiederholung	N	Mittelwert	Standardabweichung	Standardfehler des Mittelwertes
Alter bei Ausbildungsbeginn	keine Kurswiederholung notwendig	17	21,0000	1,7678	,4287
	ein oder mehrmalige Kurswiederholung	12	22,0833	1,1645	,3362

Abbildung 3.5.1.6.2 Altersunterschied bei Ausbildungsbeginn grafisch dargestellt



Nachdem Hochschulreife Voraussetzung ist und das Bundesheer vor der Ausbildung zu absolvieren ist, ergab sich eine natürliche untere Grenze von 19 Jahren. Für die Selektion galt ein Alterslimit von 23 Jahren. Dadurch war die Altersverteilung der getesteten Personen sehr homogen. Die Standardabweichung innerhalb der Gruppen beträgt nur 1.7678 bzw. 1,1645 (ohne/mit Kurswiederholung; siehe Tabelle 3.5.1.6.1 und Tabelle 3.5.1.6.2).

Auch bei dieser Stichprobe kann die Tendenz bestätigt werden, dass Alter zum Zeitpunkt des Ausbildungsbeginns ein entscheidender Faktor sein kann. Obwohl die Differenz nur knapp mehr als ein Jahr beträgt finden sich in der Gruppe der Wiederholer tendenziell ältere Schüler wieder. Das Ergebnis in dieser Studie ist allerdings nicht signifikant. Die parameterfreie Testung mittels U-Test wurde wegen fehlender Varianzgleichheit verwendet (siehe Tabelle 3.5.1.6.3).

Tabelle 3.5.1.6.3 Prüfung auf Signifikanz der Variable Alter bei Ausbildungsbeginn

Statistik für Test^b

	Alter bei Ausbildun gsbeginn
Mann-Whitney-U	62,500
Wilcoxon-W	215,500
Z	-1,778
Asymptotische Signifikanz (2-seitig)	,075
Exakte Signifikanz [2*(1-seitig Sig.)]	,080 ^a

a. Nicht für Bindungen korrigiert.

b. Gruppenvariable: Lotsen ohne/mit Kurswiederholung

Es muss allerdings auch erwähnt werden, dass vielleicht nicht das Alter selbst für den Ausbildungsverlauf verantwortlich ist, sondern Personengruppen durch die Variable Alter getrennt werden. So wäre es vorstellbar, dass das höhere Alter auf Wiederholungen von Schulklassen, oder den Abbruch einer anderen Ausbildung, zurückzuführen ist. Um den vermuteten Konfundierungseffekt zu bestätigen, wäre die Kontrolle der Störvariablen notwendig.

Wäre das Alter mitverantwortlich für das Abschneiden im praktischen Ausbildungsteil, müsste das Alter bei Ausbildungsende verrechnet werden, welches zeitnäher zum Durchführungszeitpunkt der Kurse liegt.

Nachdem die Ausbildung, abhängig vom Kursverlauf, unterschiedlich lange dauert, ergibt sich eine größere Streuung der Variable Alter bei Ausbildungsende. Diese zusätzliche Streuung ergibt sich durch Faktoren, welche nicht im Einflussbereich des Schülers liegen. Zumeist wird die Ausbildung aus Kapazitätsgründen verzögert. Erwartet wird eine größere Altersdifferenz, da die Kurswiederholung an sich zu einem höheren Abschlussalter führt. Der Einfluss der Kurswiederholung auf die Kursdauer ist allerdings gering: 4,53 Jahre Ausbildungszeit ohne Kurswiederholung, bzw. 4,67 Jahre mit Kurswiederholung.

Tabelle 3.5.1.6.4 Altersunterschied bei Ausbildungsende

Alter bei Beendigung der Ausbildung				
Lotsen ohne/mit Kurswiederholung		N	Mittelwert	Standardabweichung
Alter bei Ende/Abbruch	keine Kurswiederholung notwendig	17	25,5294	2,1540
	ein oder mehrmalige Kurswiederholung	12	26,7500	2,2208

Tabelle 3.5.1.6.5 Prüfung auf Signifikanz der Variable Alter bei Ausbildungsende

Test bei unabhängigen Stichproben					
		Levene-Test der Varianzgleichheit		T-Test für die Mittelwertgleichheit	
		F	Signifikanz	T	Sig. (2-seitig)
Alter bei Ende/Abbruch	Varianzen sind gleich	,034	,855	-1,484	,149
	Varianzen sind nicht gleich			-1,476	,153

Auch bei der Beendigung der Ausbildung ist die Gruppe ohne Kurswiederholung tendenziell jünger (siehe Tabelle 3.5.1.6.4), als die Gruppe mit Kurswiederholung. Durch den Ausbildungsverlauf ergibt sich eine größere Streuung der Gruppen; das Alter bei Ausbildungsende kann nicht als signifikante Einflussgröße nachgewiesen werden (siehe Tabelle 3.5.1.6.5). Vielmehr muss eine Konfundierung der Variable Alter mit anderen Variablen, welche zu einer späteren Bewerbung geführt haben, vermutet werden.

Darstellende Geometrie als Prädiktor

In der EATMP Guideline (2001d) wird darauf hingewiesen, dass die Beschäftigung mit Aufgaben, welche das räumliche Vorstellungsvermögen schulen, als Prädiktor dienen kann (siehe Kapitel 2.7.2). Bei dem Fach Darstellende Geometrie (DG) werden dreidimensionale Objekte auf eine Fläche reduziert dargestellt. Auch bei der Arbeit des Fluglotsen wird die dreidimensionale Luftfahrt auf dem Radarschirm abgebildet.

Bildet der Unterricht in DG eine Fähigkeit aus, welche später als Fluglotse benötigt wird, müssten jene 13 Fluglotsen, welche angegeben haben, in der Schule in DG unterrichtet worden zu sein, vermehrt in jener Gruppe zu finden sein, welche keine Kurswiederholung benötigten.

Tabelle 3.5.1.6.6 Kreuztabelle DG / Ausbildungserfolg

Darstellende Geometrie * Lotsen ohne/mit Kurswiederholung Kreuztabelle

			Lotsen ohne/mit Kurswiederholung		Gesamt
			keine Kurswiederholung notwendig	ein oder mehrmalige Kurswiederholung	
Darstellende Geometrie	kein DG Unterricht	Anzahl	6	10	16
		Erwartete Anzahl	9,4	6,6	16,0
	DG Unterricht in der Schule	Anzahl	11	2	13
		Erwartete Anzahl	7,6	5,4	13,0
Gesamt		Anzahl	17	12	29
		Erwartete Anzahl	17,0	12,0	29,0

Nur 2 der 13 Fluglotsen mit DG-Unterricht mussten einen oder mehrere Kurse während des praktischen Ausbildungsabschnittes wiederholen. Von den 16 Fluglotsen, welche keinen DG-Unterricht hatten, mussten 10 zumindest einen Kurs wiederholen. (siehe Tabelle 3.5.1.6.6) Mit der 4-Felder Korrelation wird ein r von $-0,476$ ausgewiesen (siehe Tabelle 3.5.1.6.7), d.h. DG-Unterricht in der Schule korreliert positiv mit der Tatsache, keinen Kurs in der Ausbildung wiederholen zu müssen. Der Zusammenhang wird als signifikant ausgewiesen ($p=0,009$).

Tabelle 3.5.1.6.7 Vierfelderkorrelation nach Pearson (DG/Ausbildungserfolg)

Korrelationen		Lotsen ohne/mit Kurswied erholung	Darstellende Geometrie
Lotsen ohne/mit Kurswiederholung	Korrelation nach Pearson	1	$-,476^{**}$
	Signifikanz (2-seitig)		,009
	N	29	29
Darstellende Geometrie	Korrelation nach Pearson	$-,476^{**}$	1
	Signifikanz (2-seitig)	,009	
	N	29	71

****.** Die Korrelation ist auf dem Niveau von 0,01 (2-seitig) signifikant.

Nachdem erst im Kurs „ATC 6“ aktiv mit dem Radarbildschirm gearbeitet wird, läge die Vermutung nahe, dass die, durch den DG Unterricht erworbenen, Fähigkeiten vor allem bei diesem Kurs zum Tragen kommen.

Tabelle 3.5.1.6.8 Kreuztabelle DG/Ausbildungserfolg während der „ATC 6“ Kurses

Darstellende Geometrie * Wiederholung des ATC 6 Kurs
Kreuztabelle

Wiederholung des ATC 6 Kurses			
		,00	1,00
Darstellende Geometrie	kein DG Unterricht	9	7
	DG Unterricht in der Schule	13	0
Gesamt		22	7

Aus der Tabelle 3.5.1.5.8 ist ersichtlich, dass kein Fluglotsenschüler mit DG-Unterricht in der Schule den Kurs „ATC 6“ wiederholen musste. Die entsprechende 4-Felder-Korrelation ist signifikant und beträgt $r=0,508$ ($p=0,005$).

Bei einer großen Anzahl an Bewerbern kann DG Unterricht als Kriterium verwendet werden, welche Kandidaten zur Selektion geladen werden. In dieser Studie erweist sich der DG Unterricht in der Schule für den Ausbildungsverlauf als sehr vorteilhaft.

Besuchter Schultyp als Prädiktor

Jeder Schultyp legt Schwerpunkte in der Ausbildung, die Gewichtung der Gegenstände könnte sich in der Gruppenverteilung widerspiegeln. Bedingt durch die Stichprobengröße, ist die Forderung nach der Mindestgröße pro Zelle nicht gegeben (siehe Tabelle 3.5.1.6.9). Die Aussagekraft des Chi-Quadrat-Tests ist daher nur mit Einschränkungen zu interpretieren.

Der besuchte Schultyp dürfte keinen Aussagekraft bezüglich der Ausbildung haben und kann daher für eine Vorselektion, mit den Daten dieser Studie, nicht empfohlen werden (siehe Tabelle 3.5.1.6.10). Eine Überprüfung der Ergebnisse anhand einer größeren Stichprobe sollte in Erwägung gezogen werden.

Tabelle 3.5.1.6.9 Kreuztabelle besuchter Schultyp/Ausbildungserfolg

höchste abgeschl. Ausbildung * Lotsen ohne/mit Kurswiederholung Kreuztabelle

			Lotsen ohne/mit Kurswiederholung		Gesamt
			keine Kurswiederholung notwendig	ein oder mehrmalige Kurswiederholung	
höchste abgeschl. Ausbildung	AHS	Anzahl	10	9	19
		Erwartete Anzahl	11,1	7,9	19,0
	HAK	Anzahl	1	2	3
		Erwartete Anzahl	1,8	1,2	3,0
	HTL	Anzahl	6	1	7
		Erwartete Anzahl	4,1	2,9	7,0
Gesamt	Anzahl	17	12	29	
	Erwartete Anzahl	17,0	12,0	29,0	

Tabelle 3.5.1.6.10 Signifikanzprüfung mittels CHI-Quadrat-Test

Chi-Quadrat-Tests

	Wert	df	Asymptotische Signifikanz (2-seitig)
Chi-Quadrat nach Pearson	3,190 ^a	2	,203
Likelihood-Quotient	3,488	2	,175
Anzahl der gültigen Fälle	29		

a. 4 Zellen (66,7%) haben eine erwartete Häufigkeit kleiner 5.
Die minimale erwartete Häufigkeit ist 1,24.

3.5.2 Raumvorstellungsfähigkeit von Linienpiloten

Es wird erwartet, dass Piloten ein ausgeprägtes räumliches Vorstellungsvermögen haben. Gittler ließ bereits 1990/1991 46 Piloten testen (Gittler, 1992). Er wollte damit den 3DW auf seine Praxisrelevanz überprüfen. Die Linienpiloten schnitten damals außergewöhnlich gut ab, Gittler führte dies auf eine Steigerung der Raumvorstellung durch Training zurück. Wie Gittler möchte ich als Referenzgruppe die Resultate der technischen Studenten nehmen, um die Leistung der Linienpiloten einschätzen zu können. Es wurden im Rahmen dieser Studie 42 Linienpiloten getestet.

Tabelle 3.5.2.1 Errechneter Leistungsparameter der Linienpiloten nach Bearbeitung des A3DW (n=42)

PIL			Statistik	Standardfehler
Errechneter Leistungsparameter nach vollständiger Bearbeitung des A3DW	AUA	Mittelwert	3,1701	,1967
		95% Konfidenzintervall des Mittelwerts	2,7729	
		Untergrenze		
		Obergrenze	3,5674	
		5% getrimmtes Mittel	3,1902	
		Median	3,1860	
		Varianz	1,625	
		Standardabweichung	1,2747	

Die Personenparameter der technischen Studenten sind entnommen dem Wiener Testsystem – Normtabellen. Diese Normen wurden an 75 Studenten der technischen Universitäten nach Durchführung der Papier-Bleistift-Form des 3DW gewonnen. Die angeführten Personenparameter machen die Leistung direkt vergleichbar.

Der errechnete Durchschnittswert von 3,1701 liegt im Bereich zwischen Prozentrang 90 (2,8524) und Prozentrang 95 (3,5115). Doch auch die Untergrenze des errechneten Konfidenzintervalls liegt mit 2,7729 über dem Prozentrang 85 (2,6376) der Vergleichsgruppe. Bei der Untersuchung 1990/1991 lag der Mittelwert der getesteten Piloten ebenfalls zwischen dem 90. und 99. Prozentrang der Studenten.

Bei der nochmaligen Durchführung des 3DW unter selbstgewähltem Zeitdruck ist der Vergleich noch schwieriger, fehlen doch Normen ähnlicher Durchführungsbedingungen. Außerdem ließ die Anweisung: *„Die folgenden Testaufgaben sollen Sie nicht nur richtig, sondern auch so rasch wie möglich bearbeiten: Die Richtigkeit ist wichtiger als die Schnelligkeit“* einen Interpretationsfreiraum zu. Der durchschnittliche errechnete Personenparameter nach Bearbeitung des 3DW unter „work limit“-Bedingungen beträgt 2,5492 (siehe Tab. 3.5.2.1). Dieser Wert entspräche einem Prozentrang 80 (2,4228) bis 85 (2,6376), wobei die Studenten der technischen Universitäten keinen Zeitdruck hatten. Die Untergrenze des 95 %-Konfidenzintervalls erzielte mit einem errechneten Leistungsparameter von 2,2011 einen Prozentrang von 75 der Vergleichsgruppe. Eine Vergleichsmöglichkeit bietet sich mit den getesteten Fluglotsen an. Unter gleichen Bedingungen erreichten jene Fluglotsen, welche während der gesamten Ausbildung keinen Abschnitt wiederholen mussten, einen durchschnittlichen Leistungsparameter von 2,3023 (siehe Tab. 3.5.1.1.3).

Tabelle 3.5.2.2 Errechneter Leistungsparameter der Linienpiloten nach Bearbeitung des 3DW unter Zeitdruck (n=42)

PIL				Statistik	Standardfehler
Errechneter Leistungsparameter nach Bearbeitung des 3DW_WL	AUA	Mittelwert		2,5492	,1724
		95% Konfidenzintervall des Mittelwerts	Untergrenze	2,2011	
			Obergrenze	2,8974	
		5% getrimmtes Mittel		2,6177	
		Median		2,6030	
		Varianz		1,248	
		Standardabweichung		1,1172	

Die Bearbeitungsgeschwindigkeit pro Item betrug durchschnittlich 63,76 Sekunden (siehe Tab. 3.5.2.3). Als Vergleichsgruppe kann wieder jene Gruppe der Fluglotsen dienen, welche keinen Kurs wiederholen musste. Deren durchschnittliche Bearbeitungszeit betrug 79,6559 Sekunden pro Aufgabe (siehe Tab. 3.5.1.1.2).

Tabelle 3.5.2.3 Durchschnittliche Bearbeitungszeit pro Item (3DW) (n=42)

PIL				Statistik	Standardfehler
Durchschnittliche Itembearbeitungszeit des 3DWs_WL in Sekunden	AUA	Mittelwert		63,7626	4,0221
		95% Konfidenzintervall des Mittelwerts	Untergrenze	55,6398	
			Obergrenze	71,8854	
		5% getrimmtes Mittel		61,4856	
		Median		60,7250	
		Varianz		679,451	
		Standardabweichung		26,0663	

Die guten Resultate der Piloten bei der Bearbeitung des 3DW konnten in dieser Stichprobe bestätigt werden. Die adaptive Version bietet einen erheblichen Vorteil gegenüber der damals verfügbaren Papier-Bleistift-Version des 3DW. War 1992 eine feinere Differenzierung zwischen den Probanden durch den Deckeneffekt nicht möglich, erlaubt der Einsatz der adaptiven Testversion eine weitere Differenzierung zwischen den getesteten Piloten. 9 Piloten konnten dennoch alle Aufgaben richtig lösen. Außerdem konnte in dieser Studie nachgewiesen werden, dass das hohe Leistungsniveau auch unter Zeitdruck beibehalten wird.

Nachdem der EST als Raumvorstellungstest ebenfalls Visualisierungs- und räumliche Relationskomponenten aufweist, kann angenommen werden, dass Piloten auch bei der

Bearbeitung der Endlosschleifen hohe Leistungsparameter erzielen. Allerdings dürften bei der Bearbeitung dieses Aufgabentyps zusätzlich holistische Informationsverarbeitungsprozesse Anwendung finden (siehe Kap. 2.3.5). Die Piloten erzielten bei der Bearbeitung des EST einen durchschnittlichen Leistungsparameter von 1,6256 (siehe Tabelle 3.5.2.4). Obwohl dies ein durchaus gutes Ergebnis darstellt, werden die außergewöhnlichen Leistungen, die sich im 3DW abbilden, nicht erreicht. In Ermangelung an Vergleichsnormen werden die Daten wieder mit den Fluglotsen, welche die Ausbildung ohne Kurswiederholung absolviert haben, verglichen (siehe Tabelle 3.5.1.1.5). Diese erzielten ohne Zeitdruck einen errechneten Leistungsparameter von 1,2544.

Interessant ist der geringe Abfall im errechneten Leistungsparameter bei der Bearbeitung des EST unter Zeitdruck. Unter selbstgewähltem Zeitdruck verringerte sich der errechnete Durchschnittsparameter der Gruppe von 1,6256 auf 1,5908 (siehe Tabelle 3.5.2.4). Die Vergleichsgruppe der erfolgreichen Fluglotsen erzielt unter Zeitdruck einen durchschnittlichen Leistungsparameter von 1,0509 (siehe Tabelle 3.5.1.1.5). Auch bei den Fluglotsen verringert sich der durchschnittliche Personenparameter nur gering von 1,2544 auf 1,0509.

Die Bearbeitungszeit beträgt durchschnittlich 1334,1667 Sekunden für die 22 EST Aufgaben (siehe Tabelle 3.5.2.5). Dies entspricht 60,64 Sekunden pro Aufgabe.

Tabelle 3.5.2.4 Errechneter Leistungsparameter der Linienpiloten nach Bearbeitung des EST (n=42)

PIL				Statistik	Standardfehler
Errechneter Leistungsparameter nach Bearbeitung des EST	AUA	Mittelwert		1,6256	,1798
		95% Konfidenzintervall des Mittelwerts	Untergrenze	1,2625	
			Obergrenze	1,9888	
Errechneter Leistungsparameter nach Bearbeitung des EST unter work limit Bedingung	AUA	Mittelwert		1,5908	,1745
		95% Konfidenzintervall des Mittelwerts	Untergrenze	1,2383	
			Obergrenze	1,9432	

Tabelle 3.5.2.5 Durchschnittliche Bearbeitungszeit pro Item (EST) der Piloten (n=42)

PIL				Statistik	Standardfehler
EST-WL-Zeit in Sek.	AUA	Mittelwert		1334,1667	93,6162
		95% Konfidenzintervall des Mittelwerts	Untergrenze	1145,1050	
			Obergrenze	1523,2283	

Laut Gittler scheint eine Steigerung der Raumvorstellungsfähigkeit durch Training möglich zu sein. Das gute Abschneiden der Piloten bei der Bearbeitung des 3DW wären aufgrund des Erlernens der Instrumentenflugverfahren, durch das wiederkehrende Training am Simulator und durch ihren Berufsalltag erwartet worden (Gittler 1992). Demnach sollte sich mit zunehmender Erfahrung im Beruf die latente Fähigkeitsdimension der Raumvorstellungsfähigkeit verbessern.

Allerdings nimmt mit zunehmendem Alter die Fähigkeit des räumlichen Vorstellungsvermögens ab. Sowohl bei der Verarbeitungsgeschwindigkeit als auch bei dem gemessenen Fähigkeitsparameter schneidet die ältere Altersgruppe schlechter ab als eine jüngere Vergleichsgruppe. Der Unterschied zwischen beiden Gruppen ist größer bei neuartigen und abstrakten Aufgaben (Kirsic & Allen 1985). Interessante Untersuchungsergebnisse liefert auch eine Studie, welche den Einfluss des Alters auf die Fähigkeitsdimension „spatial reasoning“ hat. Die getesteten Architekten zeigten mit zunehmendem Alter eine geringere Leistung in dieser latenten Fähigkeit, wenngleich diese weit über der gleichaltrigen Durchschnittsbevölkerung lag (Salthouse, Babcock, Skovroneck, Mitchell & Palmon, 1990).

Die Tabelle 3.5.2.6 zeigt die starke Korrelation zwischen der Variable Alter und der erworbenen Erfahrung, gemessen durch die Gesamtflugstundenanzahl. Beide Variablen zeigen eine negative Korrelation mit dem Leistungsparameter des 3DW und des EST. Der Zusammenhang Gesamtflugstunden und der errechnete Leistungsparameter des 3DW unter „work limit“-Bedingungen wird als signifikant ausgewiesen. Allerdings handelt es sich um eine Konfundierung mit der Variable Alter, welche beinahe eine gleich hohe negative Korrelation aufweist.

Tabelle 3.5.2.6 Korrelationen Flugstunden und Alter versus Leistungsparameter des 3DW und des EST.

Korrelationen Flugstunden / Alter und die Leistungsparameter des 3DW und des EST

		Korr. nach Pearson	Sign. (2-seitig)
Gesamtflugstunden Linienpiloten	Gesamtflugst. Linienpiloten	1,000	,
	Alter zum Testzeitpunkt	,811	,000
	Errechneter Leistungsparameter nach Bearbeitung des A3DW	-,204	,194
	Errechneter Leistungspar. nach Bearbeitung des 3DW_WL	-,344	,026
	Errechneter Leistungsparameter nach Bearbeitung des EST	-,123	,436
	Errechneter Leistungsparameter nach Bearbeitung des EST unter work limit Bedingung	-,051	,749
Alter zum Testzeitpunkt	Gesamtflugst. Linienpiloten	,811	,000
	Alter zum Testzeitpunkt	1,000	,
	Errechneter Leistungsparameter nach Bearbeitung des A3DW	-,169	,285
	Errechneter Leistungspar. nach Bearbeitung des 3DW_WL	-,299	,054
	Errechneter Leistungsparameter nach Bearbeitung des EST	-,133	,402
	Errechneter Leistungsparameter nach Bearbeitung des EST unter work limit Bedingung	-,004	,979

a. Listenweise N=42

Um den tatsächlichen Einfluss der geflogenen Flugstunden auf die erbrachten Leistungen zu errechnen, muss die Variable Alter mithilfe der Partiellen Korrelation konstant gehalten werden. Wie aus der Tabelle 3.5.2.7 ersichtlich ergeben sich keine Signifikanzen, Korrelationen sind in dieser Stichprobe kaum vorhanden.

Tabelle 3.5.2.7 Partielle Korrelationen zwischen Flugstunden und Leistungsparameter des 3DW und des EST unter Ausschaltung der Variable Alter

Korrelationen						
Kontrollvariablen			Errechneter Leistungsparameter nach vollständiger Bearbeitung des A3DWs	Errechneter Leistungsparameter nach Bearbeitung des 3DW_WL	Errechneter Leistungsparameter nach Bearbeitung des EST power	Errechneter Leistungsparameter nach Bearbeitung des EST unter work limit Bedingung
Alter zum Testzeitpunkt	Flugstundenanzahl	Korrelation	-,150	-,091	,002	,046
		Signifikanz (zweiseitig)	,348	,572	,989	,778
		Freiheitsgrade	39	39	39	39

Nach Vorliegen der mit den Piloten erzielten Ergebnisse muss davon ausgegangen werden, dass tatsächlich während der Ausbildung eine Leistungssteigerung in der latenten Fähigkeitsdimension, wie sie mit dem 3DW gemessen wird, stattfindet. Allerdings dürfte es durch den Berufsalltag zu keiner weiteren Leistungssteigerung kommen. Vielmehr dürfte die mit dem 3DW gemessene Fähigkeit, ähnlich der Untersuchung von Salthouse et al. (1990), mit zunehmenden Alter geringer werden.

4 Zusammenfassung und Ausblick

Die Fähigkeit der Raumvorstellung ist heute im alltäglichen Leben und in vielen Berufen notwendig. Im Flugwesen bekommt die dritte Dimension allerdings eine besondere Bedeutung, stellt doch der Raum den Arbeitsplatz und das Betätigungsfeld der Beschäftigten dar.

Im Theorieteil wird auf die behördlichen Vorschriften eingegangen, welche eine Abklärung des Raumvorstellungsvermögens angehender Piloten vorsehen. So wird in der JAR-FCL vorgeschrieben, dass bei der Eignungsabklärung für die Berufsbefähigung zum Piloten, die spezifischen Fähigkeiten „*Visualisation*“ und „*Spatial Orientation*“ berücksichtigt werden müssen. Bei der täglichen Arbeit der Flugzeugführer werden diese Fähigkeiten für die Lagebeurteilung des Flugzeuges im Verhältnis zum Raum und bei der Navigation benötigt. Da das Gleichgewichtssystem während des Fluges keine korrekte Lagebestimmung zulässt, ist eine richtige Interpretation der Flugzeuglage durch die Cockpitinstrumente notwendig, Orientierungsfehler sind Ursache der „Controlled flight into terrain“. In Linienflugzeugen wird diesen Gefahren durch „*full flight envelop protection*“ und verbesserter Präsentation am Navigationsdisplay Rechnung getragen.

Im Bereich der Flugsicherung lag in den vergangenen Jahren der Forschungsschwerpunkt im Bereich der Fluglotsenauswahl. In einem Forschungsbericht der DLR (Damnitz et al., 2000) wird festgehalten, dass für den Ausbildungserfolg spezifische Faktoren verantwortlich sind. Forschungsberichte des DLR und von EUROCONTROL zeigen auch die Wichtigkeit des räumlichen Vorstellungsvermögens für eine erfolgreiche Fluglotsenausbildung. Folgende Teilbereiche wurden dabei unterschieden: „*Spatial Orientation, Visualisation*“ und „*Spatial Reasoning*“. Die Forschungsergebnisse wurden im „First European Air Traffic Controller Selection Test“, besser unter seiner Abkürzung FEAST bekannt, implementiert. In den Vereinigten Staaten wurde über das Projekt „Seperation and Control Hiring Assessment“ versucht, das Auswahlverfahren der Fluglotsenbewerber zu optimieren. Nach Expertenschätzungen sind folgende Fähigkeiten für das Erlernen und das Ausüben des Berufes als notwendig erkannt worden: „*Reasoning, Visualisation, Projection, Perceptual Speed and Accuracy, Visuspatial Reasoning, Dynamic Visual-Spatial, 2-D and 3-D Rotatio, Angles*“. Das Nachfolgeprojekt „Air Traffic Selection and Training“ (AT-SAT)

implementierte im Selektionsprozess Tests, um folgende Fähigkeiten zu testen: „Reasoning, Peceptual Speed, Visual-Spatial Reasoning, Dynamic Visual-Spatial, Angles“.

Im Rahmen der Diplomarbeit wurden 71 Datensätze gewonnen; 29 Teilnehmer der Studie waren Fluglotsen, 42 waren aktive Linienpiloten. Alle Teilnehmer absolvierten folgende Tests in vorgegebener Reihenfolge: EST ohne Zeitdruck als paper/pencil Test, die adaptive Version des 3DW – Vorgabe mittels Computer, EST allerdings unter selbstinduziertem Zeitdruck, 3DW unter Zeitdruck und abschließend 4 Testbögen des ZVT. Mit Hilfe dieser Tests wurde versucht, innerhalb der getesteten Lotsengruppe, Leistungsunterschiede zu finden. Würden sich die in der Ausbildung erbrachten Leistungen in den Testwerten wiederfinden? Als Kriterium diente bei den Fluglotsen der Verlauf der praktischen Ausbildung. Es wurden die Testergebnisse der Fluglotsen verglichen, welche einen Ausbildungsabschnitt wiederholen mussten (n=10) mit jenen, welche ohne Wiederholung die Ausbildung beenden konnten (n=17). Bei dieser Gruppenteilung unterschieden die Ergebnisse des EST und des 3DW unter „work limit“-Bedingungen zwischen den beiden Gruppen. Auch ohne Zeitdruck schnitten die Fluglotsen ohne Kurswiederholung deutlich besser ab, jedoch unter dem Signifikanzniveau. Deutliche Unterschiede gab es bei den Ergebnissen, nach Kursen getrennt. So konnte mit keinem Test zwischen den Kurswiederholern (n=10) und den Nichtwiederholern (n=19) des „ATC5“ Kurses differenziert werden. Ausschlaggebend dafür, dürfte der, in diesem Abschnitt durchgeführte „Tower“ Kurs, sein, welcher wahrscheinlich andere spezifische kognitive Fähigkeit verlangt. Außergewöhnlich aussagekräftig erwiesen sich der EST und der 3DW beim Kurs „ATC6“ (7 Kurswiederholer, 22 ohne Kurswiederholung), welcher weitgehend den Arbeitsplatz eines Anflugkontrollers simuliert. Bei den Linienpiloten konnte vor allem mit dem adaptiven 3DW, aber auch mit dem EST, eine hohe kognitive Leistungsfähigkeit in der gemessenen latenten Fähigkeit nachgewiesen werden. Sowohl mit als auch ohne Zeitdruck erreichten sie (als Vergleich wurden die Normen von Studenten der technischen Universitäten herangezogen) ausgesprochen gute Testergebnisse. Dies kann mit hoher Wahrscheinlichkeit auf die Ausbildung zurückgeführt werden. Mit zunehmendem Alter nehmen die mittels EST und 3DW gemessenen Werte erwartungsgemäß ab, verbleiben allerdings auf hohem Niveau. Eine weitere Steigerung der gemessenen Fähigkeit durch Berufserfahrung, gemessen in Flugstunden, konnte nicht nachgewiesen werden.

Die Luftfahrt ist durch internationale Vorgaben weitgehend standardisiert, um die Zusammenarbeit über nationale Grenzen zu ermöglichen. Eine Bestandsaufnahme durch EUROCONTROL zeigte, dass bis vor wenigen Jahren in den ECEC-Staaten unterschiedliche Auswahlverfahren angewendet wurden. Die Zusammenarbeit im Bereich der Selektion wird nun seit einigen Jahren durch EUROCONTROL gefördert. FEAST ist der erste Versuch, die Selektion im europäischen Raum zu vereinheitlichen. Validierungsstudien und weiterführende Literatur für bestehende Auswahlverfahren findet man derzeit vor allem in Deutschland und den USA. Nach den ermutigenden Ergebnissen dieser Studie wäre es wünschenswert sowohl den 3DW als auch den EST in zukünftigen Validierungsstudien miteinzubeziehen. Es wurde im empirischen Teil nachgewiesen, dass diskriminative Validität für beide Testverfahren bezüglich des Ausbildungserfolges der Fluglotsen gegeben ist, insbesondere bei Vorgabe unter selbstinduziertem Zeitdruck (work limit). Daraus kann abgeleitet werden, dass mit hoher Wahrscheinlichkeit beide Raumvorstellungstest auch prädiktive Validität in Bezug auf die erhobenen Kriterien aufweisen.

5 Literaturverzeichnis

- Amthauer, R. (1970). Intelligenz-Struktur-Test I-S-T 70. *Handanweisung für die Durchführung und Auswertung*. Göttingen: Verlag für Psychologie Dr. C.J. Hogrefe.
- Anastasi, A. (1988). *Psychological Testing*. (6. Ausg.) New York: Macmillan.
- Anne R.I. (1995): *Short term memory and advanced technology: the use of imagery in Air Traffic Control*. Aviation Psychology: Training and Selection (Band 2 , Seite 107), Ashgate Publishing Limited.
- Arendasy, M. (1997). *Zur Konstruktvalidität zweier Rasch-skalierten Raumvorstellungstests*. Wien: Diplomarbeit der Universität Wien.
- Arrer, S. (1992). *Unterschied zwischen Computervorgabe und Papier-Bleistift Vorgabe des Dreidimensionalen Würfeltests*. Wien: Diplomarbeit der Universität Wien.
- Bach, M. (1999). *Räumlich durchs Auge. Wie kommt die greifbare Welt in den Kopf?* Computertechnik (c't): 158-162 Max-Planck-Institut für Hirnforschung, Frankfurt am Main.
- Bailey M. (1999). *Evolution of Aptitude Testing in the RAF*. British Crown Copyright 1999/MOD.
- Baxter, B. (1941). *An experimental analysis of speed and level in an intelligence test*. Journal of Educational Psychology.
- Carroll, J.B. (1993). *Human Cognitive Abilities: A Survey of Factor-Analytic Studies*. Cambridge University Press.
- Cattell, R.B. (1968). Spearman, C. E. Inter-national Encyclopedia of the Social Sciences, 15, D. E. Sills, Ed., pp. 108-111, New York: Macmillan.
- Clarke, A. H. (2007). *Neuere Aspekte des vestibulo-okulären Reflexes*. HNO Klinik Universität Benjamin Franklin, Berlin.
- Cooper, W.E. (1996). *CFIT: How do we terrain-proof our pilots?* In: Brent J.H. und Lowe A.R.: Applied Aviation Psychology: Achievement, Change and Challenge, (S.89-96)
- Craven, W.F. und Cate, J.L.(1983). *The Army Air Forces in World War II, Volume Six: Men and Planes*. U.S. Government Printing Office, Washington, D.C. 20402
- Damitz, M., Eißfeldt, M., Grasshoff, D., Lorenz, B., Pecena, Y., Schwert, T. (2000). *Validierung des DLR-Auswahlverfahrens für Nachwuchsfluglotsen der DFS GmbH*. Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e.V. Köln.
- Diamos, D. (1995). *Pilot selection batteries: a critical examination*. Aviation Psychology: Training and Selection (Band 2 , S. 165).
- Doat B. (1995). *Need of new development in Air France selection*. Aviation Psychology: Training and Selection (Band 2 , S. 182).
- EATCHIP Human Resource Team. (1996). *Proceedings of the First EUROCONTROL Human Factors Workshop Cognitive Aspects in ATC*. (HUM.ET1.ST13.000-REP-01. Brussels: EUROCONTROL.
- EATCHIP Human Resource Team. (1998d). *A Framework for Applying Cost- Benefit Considerations in the Recruitment and Selection Process for Ab Initio Trainee Controllers*. HUM.ET1.ST11.4000-REP-01. Released Issue. Edition 1.0. Brussels: EUROCONTROL.

- EATCHIP Human Resources Team (1996). *Model for Task and Job Descriptions of Air Traffic Controllers*. (HUM.ET1.ST01.1000-REP-01). Edition 1.0. Brussels: EUROCONTROL.
- EATMP Human Resources Team (1999). *Human Factors Module Learning and Skills Acquisition*. HUM.ET1.ST07.1000-REP-01. Brussels: EUROCONTROL.
- EATMP Human Resources Team (1999a). *Integrated Task and Job Analysis of Air Traffic Controllers – Phase 2: Task Analysis of En-route Controllers*. (HUM.ET1.ST01.1000-REP-04). Released Issue. Edition 1.0. Brussels: EUROCONTROL.
- EATMP Human Resources Team (2000d). *Marketing and Communication of the ATCO Job - Phase 1: Study*. (HRS/MSP-002-REP-02). Ed. 1.0. Brussels: EUROCONTROL.
- EATMP Human Resources Team (2002). *Selection Tests, Interviews and Assessment Centres for Ab Initio Controllers: Guidelines for Implementations* (HRS/MSP-002-GUI-03-01). Brussels: EUROCONTROL.
- EATMP Human Resources Team (2004d). *Age, Experience and Automation in European Air Traffic Control - Survey in the ECAC Area*. (HRS/HSP-005-REP-05). Ed. 1.0. Released Issue. Brussels: EUROCONTROL.
- EATMP Human Resources Team. (1999a). *Proceedings of the First EUROCONTROL Selection Seminar – Current and Required Future Selection Work and Methods in the ECAC Area*. (HUM.ET1.ST04.1000.REP-02). Ed. 1.0. Brussels: EUROCONTROL.
- EATMP Human Resources Team. (2001b). *Guidelines for Selection Procedures and Tests for Ab Initio Trainee Controllers* (Revised). (HRS/MSP-002-GUI-01). Ed. 2.0. Brussels: EUROCONTROL.
- EATMP Human Resources Team. (2001d). *Characteristics of Recruitment and Pre-selection of Ab Initio Trainee Controllers* (Revised). (HRS/MSP-002-GUI-02). Ed. 2.0. Brussels: EUROCONTROL.
- Eißfeld, H. (1991). *DLR Selection of Air Traffic Control Applicants – Predictive validity, Human Resource Management in Aviation*, Avebury Technical, Aldershot. (S. 37-44)
- Eliot, J., & Smith, I. M. (1983). *An International Directory of Spatial Tests*. Windsor, UK: NFER-Nelson.
- English A.D. (1996). *The Cream of the Crop: Canadian Aircrew, 1939-1945*. McGill-Queen's Press – MQUP.
- Europäische Union. (2006). *RICHTLINIE 2006/23/EG DES EUROPÄISCHEN PARLAMENTS UND DES RATES vom 5. April 2006 über eine gemeinschaftliche Fluglotsenlizenz*. Amtsblatt der Europäischen Union.
- FAA. (2006). *International Journal of Applied Aviation Studies*. FAA Academy, Oklahoma.
- Galvin, J. J (2002). *Air Traffic Control Resource Management Strategies and the Small Aircraft Transportation System: A System Dynamics Perspective*. Dissertation of the Virginia Polytechnic Inst.
- GAO United States General Accounting Office (2000). *Aviation Security Long-Standing Problems Impair Airport Screeners' Performance*. Washington, D.C.
- Gerbert, K. und Kemmler, R. (1986). *The causes of causes: determinants and background variables of human factor incidents and accidents*. *Ergonomics* 29(11), 1439-1453.
- Gittler, G.(1984). *Entwicklung und Erprobung eines neuen Testinstruments zur Messung Des räumlichen Vorstellungsvermögens*. *Zeitschrift für Differentielle und Diagnostische Psychologie*, 2, 141-165

- Gittler, G.(1989). *Dreidimensionaler Würfeltest (3DW) – Ein Rasch-skaliertes Test zur Messung des räumlichen Vorstellungsvermögens. Theoretische Grundlagen und Manual.* Weinheim: Beltz.
- Gittler, G. (1990). *Dreidimensionaler Würfeltest: ein Rasch-skaliertes Test zur Messung des räumlichen Vorstellungsvermögens.* Weinheim:Beltz.
- Gittler G. (1992). *Testpsychologische Aspekte der Raumvorstellung – Kritik, Lösungsansätze und empirische Befunde.* Wien: Teil 2 der Habilitationsschrift
- Gittler, G. & Glück, J. (1998). *Differential transfer of learning: Effects of instruction in Descriptive Geometry on spatial test performance.* Journal for Geometry and Graphics, 2, 71-84
- Gittler, G. (2000). *Manual zum A3DW (Adaptiver Dreidimensionaler Würfeltest).* Mödling: Dr. G. Schuhfried Ges.m.b.H.
- Gittler, G. & Arendasy M.(2003). *Endlosschleifen: Psychometrische Grundlagen des Aufgabentyps EP.* Diagnostica, 49, Heft 4, 164-175,Göttingen: Hogrefe.
- Gittler, G. und Vitouch, O. (1994). *Empirical Contribution to the question of sex-dependent inheritance of spatial ability.* Perceptual and Motor Skills, 78, 407-417
- Goeters, K.M. (1995): *Psychological evaluation of pilots: the present regulations and arguments for their applications.* In Johnston N., Fuller R., Mc Donald N., Aviation Psychology: Training and Selektion, Volume 2 (S. 149-156).
- Goeters, K.M. (2004). *Aviation Psychology: Practice and Research.* Aldershot: Ashgate
- Gordon, H. (1991). *Selection of ab initio pilot candidates: The SAS System.* In Human Resource Management in Aviation. Avebury Technical Academic Publishing Group (S.19-28).
- Graeber, R.C. (1996): *Integrating human factors and safety into airplane design and operations.* In Brent J.H. und Lowe A.R.: Applied Aviation Psychology: Achievement, Change and Challenge, (S.27-38).
- Haber, R. N. (1987). *Why low-flying fighter planes crash: Perceptual and attentional factors in collisions with the ground.* Human Factors 29(5), (S.519-532).
- Heil, M.C., Ramos, R.A. und Manning, C.A. (2001). *Documentation of Validity for the AT-SAT Computerized Test Battery, Volume I.* DOT/FAA/AM-01/5. Office of Aviation Medicine FAA, Washington.
- Herkner, W.(1992) *Psychologie.* Wien, New York: Springer
- Hofstätter, P.R. (1985). *Deutsche Wehrmachtpsychologie 1914-1945.* München: Verlag für Wehrwissenschaften.
- Honeywell. (1999). *TCAS/ACAS II (Change 7) Pilot's guide. Traffic Collision and Avoidance System TCAS 2000.* Honeywell Inc.
- Hopkin, V.D. (1988) *Air traffic control;* in, E.L. Weiner and D.C. Nagel, Human Factors in Aviation, Academic Press, (S. 639-663).
- Hopkin, V.D. (1995). *Human Factors in Air Traffic Control.* London: Taylor and Francis, 137-148.
- IATA. (2006). *Safety Report 2005* , Ref.Nr. 92-9195-752-6, International Air Transport Association, Montreal.
- ICAO Annex 1 (2006). *Personnel Licensing.* International Civil Aviation Organization, Document Sales Unit, Montréal.

- ICAO Doc 4444 (2001). *Procedures for Air Navigation Services - Air Traffic Management*. International Civil Aviation Organization, Document Sales Unit, Montréal.
- ICAO Doc 9683 (1998). *Human Factors Training Manual*. International Civil Aviation Organization, Document Sales Unit, Montréal.
- Iseler, A. (1970). *Leistungsgeschwindigkeit und Leistungsgüte*. Weinheim: Beltz.
- ISSG. (2006). *Implementing the Global Aviation Safety Roadmap*. ICAO, Montréal.
- JAR-FCL 1 deutsch. (2003). *Bekanntgabe der Bestimmungen über die Lizenzierung von Piloten*. Berlin
- JAR-FCL 3. (2006). JAR-FCL 3 - *FLIGHT CREW LICENSING (MEDICAL)*. Hoofddorp.
- Jirasko, M. (1996). *Bearbeitungsstrategien bei Raumvorstellungstests: SFT und 3 DW im Vergleich*. In Jirasko, Glück & Rollet (Hrsg.). *Perspektiven psychologischer Forschung in Österreich*, 91-94. Wien : Wiener Universitätsverlag WUV
- Kirasic, K.C. & Allen, G.L. (1985). *Aging, Spatial Performance and Spatial Competence*. In: N. Charness (Ed.). *Aging and Human Performance* (pp. 191-223). Chichester: John Wiley & Sons.
- Kubinger, K.D. (1996). *Einführung in die Psychologische Diagnostik*. 2.korrigierte Auflage. Psychologische Verlags Union, Weinheim.
- Lange, A. (2002). *Physikalische Medizin*. Springer.
- LBA (Luftfahrt Bundesamt). (2006). *Zweite Durchführungsverordnung zur Verordnung über Luftfahrtpersonal*. Anlage 4B. LBA Braunschweig.
- Linn, M.C. & Peterson, A.C. (1985) *Emergence and characterisation of gender differences in spatial abilities: A meta-analysis*. *Child Development*, 56, 1479-1498.
- Maier, P.H. (1994). *Räumliches Vorstellungsvermögen*. Europäische Hochschulschriften, Reihe6, Psychologie, Bd.493.
- Maschke, P und Hörmann H.J. (1989). *Vorhersagen der Berufsbewährung bei lizenzierten Flugzeugführern: Die Validität von fliegerischen Vorerfahrung im Vergleich zu standardisierten psychologischen Eignungstests*. Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e.V. Köln.
- Oswald, W.D. und Roth E. (1987). *Der Zahlen-Verbindungs-Test (ZVT)*. Verlag für Psychologie. Göttingen. Hogrefe.
- Pieper J.(1975). *Autobiographische Schriften: In acht Bänden*. Hamburg: Meiner Verlag
- Ratschko K.W. (2002). *Die Arzthelferin, Medizinische Fachkunde; Laborkunde*. Schlütersche.
- Salthouse, T.A., Babcock, R.L., Skovroneck, E., Mitchell, D.R.D. & Palmon, R. (1990). *Age and Experience Effects in Spatial Visualization*. *Development Psychology*, 26(1), 128-136.
- Schöneberg et al. (2004). *Untersuchungsbericht*. AX001-1-2/02 Mai 2004. Bundesstelle für Flugunfalluntersuchung. Braunschweig.
- Schuhfried G. (2005). *Aviation Psychology. Test battery based on JAR-FCL3*. Dr. G. Schuhfried Ges.m.b.H. Mödling.
- Schützhofer B. (1999). *Der 3DW in Paper-Pencil Version unter Speed-Power-Bedingung*. Wien: Diplomarbeit der Universität Wien.
- Stumpf, H. & Fay, E. (1983). *Schlauchfiguren. Ein Test zur Beurteilung des räumlichen Vorstellungsvermögens*. Handanweisung. Göttingen: Hogrefe.

- Tsang, P. S. & Vidulich M. (2003). *Principles and Practice of Aviation Psychology*. Lawrence Erlbaum Associates.
- Uhlarik, J. und Camerford, D.A. (2002). *A review of situation awareness literature relevant to pilot surveillance functions*. DOT/FAA/AM-02/3. Department of Psychology, Kansas State University, KS 66506.
- Warm, T.A. (1989). Weighted likelihood estimation of ability in item response models. *Psychometrika*, 54, S.427-450.
- Wickens, C.D., Mavor, A.S. & McGee, J.P, (Eds.) (1997). *Flight to the Future. Human Factors in Air Traffic Control*. Washington D.C.: National Academy Press.

Abbildungs- und Tabellenverzeichnis

Abbildung 2.3.2	Übungsbeispiel des 3DW
Abbildung 2.3.4	Übungsbeispiel des EST
Abbildung 2.5.2	künstlicher Horizont der MD 80
Abbildung 2.5.5	Navigationsdisplay mit zusätzlicher Einblendung des Bodenechos.
Tabelle 2.6.1	Arbeitsbereiche der Fluglotsen nach ICAO, Annex 1, 4.4
Abbildung 2.6.2	Kontrollstreifen
Abbildung 2.6.3	Flugzeugdarstellung auf dem Radarbild
Abbildung 2.6.4	Process model of ATCO Core Tasks
Tabelle 2.6.5	Anzahl gefährlicher Annäherung zweier Flugzeuge in deutschem Luftraum
Tabelle 2.7.3.1.1	Current Set of Abilities by OASC
Tabelle 2.7.3.1.2	Standardtestbatterie für Offiziere in Deutschland während des II. Weltkrieges
Tabelle 2.7.3.1.3	Standardtestbatterie für Pilotenanwärter in Deutschland während des II. Weltkrieges
Tabelle 2.7.4.2	Erfasste psychologische Konstrukte und ihre Anwendungshäufigkeit % der ECAC Staaten
Tabelle 2.7.4.4.1	Reliabilität der Leistungstests
Tabelle 2.7.4.4.2	Deskriptive Kennwerte für die Pass/Fail-Gruppen für den Entscheidungsbereich 'Raumvorstellung'
Tabelle 2.7.4.5.1	Revised Consolidated Worker Requirement List, with Definitions
Tabelle 2.7.4.5.2	Mean Worker Requirement Ratings Rank Ordered for all ATCs
Tabelle 2.7.4.5.3	Worker Requirement Ratings for Learning the Job for ARTCC and Terminal

Tabelle 2.7.4.5.4	AT-SAT Worker Requirement and measuring Test
Tabelle 3.4.1	Gesamtanzahl der Wiederholungen
Tabelle 3.4.2	Wiederholung des ATC 5 Kurs
Tabelle 3.4.3	Wiederholung des ATC 6 Kurs
Tabelle 3.4.4	Ratingprüfung
Tabelle 3.5.1.1.1	Vergleich der benötigten Zeit zur Bearbeitung des A3DW
Tabelle 3.5.1.1.2	Vergleich der benötigten Zeit zur Bearbeitung des 3DW unter work limit Bedingungen
Tabelle 3.5.1.1.3	Vergleich der Lotsengruppe mittels errechnetem Leistungsparameter der 3 DW und A3DW
Tabelle 3.5.1.1.4	Test bei unabhängigen Stichproben
Tabelle 3.5.1.1.5	Vergleich der Lotsengruppen mittels EST mit und ohne Zeitdruck
Tabelle 3.5.1.1.6	Test bei unabhängigen Stichproben
Tabelle 3.5.1.1.7	Prüfung auf Signifikanz der unterschiedlichen Bearbeitungsdauer des EST
Tabelle 3.5.1.2.1	Mittelwertvergleich der Testergebnisse nach Gruppentrennung „ATC 5“
Tabelle 3.5.1.2.2	Prüfung auf Signifikanz der Testergebnisse als Prädiktoren für „ATC 5“
Tabelle 3.5.1.2.3	Differenz der Leistungsparameter nach Gruppentrennung „ATC 5“
Tabelle 3.5.1.3.1	Mittelwertvergleich der Testergebnisse nach Gruppentrennung „ATC 6“
Tabelle 3.5.1.3.2	Differenz der Leistungsparameter nach Gruppentrennung „ATC 6“
Tabelle 3.5.1.3.3	Prüfung auf Signifikanz der Testergebnisse als Prädiktoren für „ATC 6“
Tabelle 3.5.1.4.1	Mittelwertvergleich der erzielten Durchschnittsparameter; Gruppentrennung Ausbildungserfolg (mit / ohne Kurswiederholung)
Tabelle 3.5.1.4.2	Mittelwertvergleich der erzielten Durchschnittsparameter; Gruppentrennung Ausbildungserfolg „ATC 5“ (mit / ohne Kurswiederholung)

Tabelle 3.5.1.4.3	Mittelwertvergleich der erzielten Durchschnittsparameter; Gruppentrennung Ausbildungserfolg „ATC 6“ (mit / ohne Kurswiederholung)
Tabelle 3.5.1.4.4	Gruppenvergleich der gemittelten Leistungsparameterwerte
Tabelle 3.5.1.5.1	Vergleich der Lotsengruppe mittels ZVT
Tabelle 3.5.1.5.2	Signifikanzprüfung der ZVT Ergebnisse
Tabelle 3.5.1.6.1	Alter bei Ausbildungsbeginn der 2 Gruppen mit/ohne Kurswiederholung
Abbildung 3.5.1.6.2	Altersunterschied bei Ausbildungsbeginn graphisch dargestellt
Tabelle 3.5.1.6.3	Prüfung auf Signifikanz der Variable Alter bei Ausbildungsbeginn
Tabelle 3.5.1.6.4	Altersunterschied bei Ausbildungsende
Tabelle 3.5.1.6.5	Prüfung auf Signifikanz der Variable Alter bei Ausbildungsende
Tabelle 3.5.1.6.6	Kreuztabelle DG / Ausbildungserfolg
Tabelle 3.5.1.6.7	Tabelle 3.5.1.6.7 Vierfelderkorrelation nach Pearson (DG/Ausbildungserfolg)
Tabelle 3.5.1.6.8	Kreuztabelle DG / Ausbildungserfolg während der „ATC 6“ Kurses
Tabelle 3.5.1.6.9	Kreuztabelle besuchter Schultyp / Ausbildungserfolg
Tabelle 3.5.1.6.10	Signifikanzprüfung mittels CHI-Quadrat Test
Tabelle 3.5.2.1	Errechneter Leistungsparameter der Linienpiloten nach Bearbeitung des A3DW
Tabelle 3.5.2.2	Errechneter Leistungsparameter der Linienpiloten nach Bearbeitung des 3DW unter Zeitdruck
Tabelle 3.5.2.3	Durchschnittliche Bearbeitungszeit pro Item (3DW)
Tabelle 3.5.2.4	Errechneter Leistungsparameter der Linienpiloten nach Bearbeitung des EST
Tabelle 3.5.2.5	Durchschnittliche Bearbeitungszeit pro Item (EST) der Piloten
Tabelle 3.5.2.6	Korrelationen Flugstunden und Alter versus Leistungsparameter des 3DW und des EST

Tabelle 3.5.2.7	Partielle Korrelationen zwischen Flugstunden und Leistungsparameter des 3DW und des EST unter Ausschaltung der Variable Alter
-----------------	---

Abkürzungen

3DW	Dreidimensionaler Würfeltest
A3DW	Adaptiver Dreidimensionaler Würfeltest
APEG	Aircraft Proximity Evaluation Group
ARA	Akustische Richtungsangaben
ARTCC	Air Route Traffic Control Center
ARTCC	Air Route Traffic Control Center
ATCO	Air Traffic Controller
ATPL	Airline Transport Pilot Licence
BOU	Bourdon-Buchstabendurchstreichtest
CFIT	Controlled flight into terrain
CPL	Commercial Pilot Licence
DFS	Deutsche Flugsicherung
DG	Darstellende Geometrie
DLR	Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt
EATCHIP	European Air Traffic Control and Harmonisation Integration Programme
EATMP	European Air Traffic Management Programme
EBG	Einsatzberechtigung
ECAC	European Civil Aviation Conference
EGPWS	Enhanced Ground Proximity Warning System
EST	Endlosschleifentest
FCL	Flight Crew Licensing
FEAST	First European ATCO Selection Test package
FPT	Flugzeug-Positionstest
HRT	Human Resources Team
ISSG	Industry Safety Strategy Group
ICAO	International Civil Aviation Organisation
IATA	International Air Transport Association
IFALPA	International Federation of Air Line Pilots'

	Associations
JAR	Joint Aviation Requirements
KfV	Kuratorium für Verkehrssicherheit
NTSB	National Transportation Safety Board
OASC	Officer and Aircrew Selection Center
OJT	On-the-Job Training
PAP	Praktische Abschlussprüfung
PFD	Primary Flight Display
PPL	Private Pilot Licence
SACHA	Seperation and Control Hiring Assessment
STCA	Short Term Conflict Alert
STF	Selection Task Force
TAP	Theoretische Abschlussprüfung
TAWS	Terrain Awareness and Warning System
TCAS	Traffic Alert and Collision Avoidance System
TOM	Test of Multitasking Performance
VA	Vorauswahl
VFF	Versteckte Figuren finden
VU	Voruntersuchung
ZVT	Zahlen-Verbinfungs-Test