



universität
wien

Diplomarbeit

Titel der Arbeit

Komplexitätsfaktoren in der Flugsicherung und ihre Auswirkungen auf die Arbeitsleistungen von Planungslotsen

Verfasserin

Kathleen Lisa Holawe

Angestrebter akademischer Grad

Magistra der Naturwissenschaften (Mag. rer. nat.)

Wien, im April 2010

Studienkennzahl: 298

Studienrichtung: Psychologie

Betreuer: Ao. Univ.-Prof. Dr. Rainer Maderthaler

Danksagung

Ich möchte allen Personen, die mir während meines Studiums und während der Erstellung meiner Diplomarbeit fachlich und moralisch zur Seite gestanden sind, meinen Dank aussprechen.

Allen voran möchte ich Herrn Ao. Univ.-Prof. Dr. Rainer Maderthaler für seine außerordentlich gute Betreuung und die Begeisterung, die er für mein Diplomarbeitsthema aufgebracht hat, herzlich danken.

Mein Dank gilt außerdem Herrn Michael Ullrich von der Austro Control, der die Untersuchung überhaupt möglich gemacht und mir auf all meine Fragen immer bereitwillig geantwortet hat. Auch bei Herrn Mag. Rainer Schredl von der Austro Control möchte ich mich herzlich dafür bedanken, dass auch er sich immer persönlich für mich Zeit genommen hat, um meine Fragen zu beantworten und mich bei der Entschlüsselung der Beispielprotokolle zu beraten.

Bei meinen Eltern möchte ich für ihre finanzielle Unterstützung während meines Studiums bedanken. Ich danke meinem Vater besonders dafür, dass er mir immer eine große moralische und fachliche Stütze war und mir stets das Gefühl gegeben hat, dass alles machbar ist. Meiner Mutter danke ich speziell für die psychologische und moralische Unterstützung während meines Studiums und dafür, dass sie mir bereits zu Beginn meiner Ausbildung den Rat mit auf den Weg gegeben hat, bei der Auswahl meines Diplomarbeitsthemas immer auf einen guten Betreuer zu achten.

Ich danke schließlich Tom dafür, dass er meine Launen vor jeder Prüfung, vor jeder Präsentation und in den letzten Wochen tapfer ertragen hat und mir immer eine unentbehrliche Stütze war.

Inhaltsverzeichnis

Einleitung	8
I. THEORETISCHER TEIL	10
1. Allgemeine Informationen zum Thema Flugsicherung	10
1.1 Allgemeine Anforderungen an Flugverkehrsleiter	11
1.2 Der Flugverkehr – ein dynamisches System.....	16
1.3 Kontrollbereiche der Flugsicherung	17
1.3.1 Tower	18
1.3.2 Approach (APP)	19
1.3.3 Area Control Center (ACC).....	20
1.4 Aufgabenverteilung Executive Controller & Co-ordinator	21
1.5 Hauptaufgaben der Co-ordinator.....	24
1.5.1 Sicherheit.....	24
1.5.2 Planung und Koordination	25
1.5.3 Kommunikation und Phraseologie	28
1.5.4 Stripmarking und Striphandling	30
2. Belastung, Beanspruchung und Workload	31
2.1 Begriffsklärung Belastung und Beanspruchung	32
2.2 Allgemeine Belastungs- und Beanspruchungsmodelle	34
2.2.1 Das allgemeine Adaptionssyndrom von Selye	35
2.3 Begriffsklärung Workload.....	40
2.3.1 Workloadmodelle in der Flugsicherung	41
2.4 Zusammenfassung: Belastung, Beanspruchung, Workload	43
3. Schwierigkeits- und Komplexitätsfaktoren in der Flugsicherung	44
3.1 Begriffsklärung Komplexität	45
3.2 Statische und dynamische Komplexitätsfaktoren	46
3.3 Spezifische Komplexitätsfaktoren in der Flugsicherung	47
3.3.1 Dynamic Density.....	50
3.4 Zusammenhang zwischen Komplexitätsfaktoren und Controller Workload	50
3.4.1 Die Beziehung zwischen Komplexitätsfaktoren und Workload als linearer Zusammenhang	51
4. Menschliche Fehler	52
4.1 Begriffsklärung „Human Errors“ – Menschliche Fehler	52

4.2	Zur Entstehung menschlicher Fehler	53
4.3	Fehler in der Flugsicherung	55
4.3.1	Zusammenhang Komplexitätsfaktoren - Fehler	56
5.	Zusammenfassung	57
II.	EMPIRISCHER TEIL	58
6.	Fragestellungen	58
7.	Methode	60
7.1	Datengewinnung	60
7.2	Operationalisierung	60
7.2.1	Erhebungsmaterial	61
7.2.2	Gütekriterien	63
7.2.3	Aufgetretene Schwierigkeiten und Ausschluss von Daten	63
7.3	Untersuchungspersonen	64
7.4	Variablen	64
7.4.1	Unabhängige Variablen	64
7.4.2	Abhängige Variablen	66
7.4.3	Störvariablen	68
8.	Hypothesen	69
9.	Statistische Auswertungen	71
9.1	Deskriptivstatistik	71
9.1.1	Simulationsbeispiele	71
9.1.2	Gesamtleistungen	74
9.2	Hypothesentestung	76
10.	Diskussion	89
10.1	Ergebnisse	89
10.2	Datenerhebung	93
10.3	Abzuleitende Empfehlungen	94
11.	Zusammenfassung und Ausblick	95
	LITERATURVERZEICHNIS	97
	III. ANHANG	102
	Abstract	134
	Curriculum Vitae	136

Abbildungsverzeichnis 1

Abb. 1 Anforderungsmodell für Air Traffic Controller	12
Abb. 2 Kontrollbereiche der Flugsicherung.....	18
Abb. 3 Der Human Factor als entscheidende Größe für die Verkehrssicherheit.....	25
Abb. 4 Beispiel für in der Flugsicherung verwendete Flight Strips	31
Abb. 5 Belastungs- und Beanspruchungskonzept nach Rutenfranz	34
Abb.6 Transaktionales Konzept zur Beziehung zwischen Beanspruchung und Belastung	34
Abb.7 Das allgemeine Adaptionmodell nach Selye	36
Abb. 8: Die Beanspruchungshandlungsanalyse von Kastner	39
Abb.9 Einflussgrößen auf den Controller Workload	41
Abb. 10 Das Modell der Unsafe Acts nach Reason	55
Abb. 11 Modell der untersuchten Zusammenhänge	59
Abb. 12 Auszug aus dem verwendeten Punktekatalog.....	63
Abb. 13 Verteilung des Faktors „Militärsektoren.....	73
Abb. 14 Verteilung des Faktors „CI“	73
Abb. 15 Verteilung des Faktors „Requests“	73
Abb. 16 Verteilung des Faktors „Revisions“	73
Abb. 17 Verteilung des Faktor „Informationen“	74
Abb. 18 Punkteverteilung über alle Beispiele.	74
Abb. 19 Prozentanteil bestandener Beispiele.....	75
Abb. 20 Prozentanteil bestandener Prüfungen	75
Abb. 21 Prozentelle Aufteilung der aufgetretenen Operationsfehler	76
Abb. 22 Zusammenfassung der durchschnittlichen Gesamtergebnisse pro Beispiel	79

Tabellenverzeichnis 1

Tabelle 1 Die Top Complexity Factors in Air Traffic Control von Kirwan, Scaife & Kennedy	49
Tabelle 2: Die verwendeten Simulationsbeispiele..	72
Tabelle 3 Einfluss der Komplexitätsfaktoren auf den Mittelwert der Gesamtleistungen	82
Tabelle 4 Einfluss der Komplexitätsfaktoren auf die Leistungen in der Kategorie „Sicherheit“	83
Tabelle 5 Einfluss der Komplexitätsfaktoren auf die Leistungen in der Kategorie „Stripmarking“	85
Tabelle 6 Einfluss der Komplexitätsfaktoren auf das Auftreten des Fehlers „Staffelunterschreitung“ ...	86
Tabelle 7 Einfluss der Komplexitätsfaktoren auf das Auftreten des Fehlers „Mangelhafte Planung“	88

Einleitung

Der Fluglotse ist heute das wichtigste Element im System Flugsicherung, doch er ist, wie jeder andere Mensch auch, nicht unfehlbar. (Hagemann, 2000, S. 18)

Mit diesen Worten fasst Hagemann (2000) die Schwierigkeit, die die Ausübung des Berufes Flugverkehrsleiter¹ mit sich bringt, zusammen und bringt die Problematik damit auf den Punkt. Den in der Flugsicherung tätigen Personen, allen voran den Flugverkehrsleitern, obliegt ein enorm hohes Maß an Verantwortung, vielleicht sogar eines der höchsten, das sich in unserem alltäglichen Berufsleben finden lässt. Tagtäglich sind Millionen von Menschenleben von den Entscheidungen der Flugverkehrsleiter aber auch der Piloten abhängig. Bei allen technischen Errungenschaften, die beiden Berufsgruppen in der modernen Zeit zu Verfügung stehen, darf jedoch nicht vergessen werden, dass hinter den Radarschirmen und an den Funkgeräten Menschen sitzen, die, wie wir alle, Fehler machen. Fehler deren Ursache oft in einer zu großen Arbeitsbelastung, sei es durch externe Faktoren oder persönliche Umstände ausgelöst, liegt. Im Gegensatz zu den meisten anderen Berufsgruppen hat ein Fehler eines Fluglotsen jedoch Folgen, die in der Geschichte der Flugsicherung nur allzu oft zu Schlagzeilen wie sie nach dem Unglück im Luftraum von Überlingen im Jahr 2002 zu lesen waren, geführt haben. „Bei Lotsen können, im Gegensatz zu vielen anderen Berufen, keine Fehler toleriert werden.“ (Hagemann 2000, S. 19)

Ziel der vorliegenden Arbeit ist zum einen eine theoretische Aufarbeitung der Auswirkungen von in der Flugsicherung auftretenden Schwierigkeits- und Komplexitätsfaktoren auf den Workload und in weiterer Folge die Arbeitsleistung von Flugverkehrsleitern und zum anderen eine empirische Untersuchung der sich daraus ableitenden Fragestellungen. Die ersten Kapitel sollen dabei zunächst einen Überblick über die von den Flugverkehrsleitern zu erfüllenden Aufgaben bieten und gehen dabei in relevanten Bereichen näher ins Detail. In weiterer Folge wird versucht, eine Zusammenfassung der wichtigsten psychologischen Belastungs-, Beanspruchungs- und Workloadmodelle zu bieten, die nachfolgend mit der

¹ Um die Lesbarkeit der vorliegenden Arbeit zu vereinfachen, wurde in den meisten Fällen auf die männliche Form zurückgegriffen (z. Bsp. Flugverkehrsleiter, Fluglotse etc.). Dies soll jedoch keineswegs bedeuten, dass nicht auch die weiblichen Vertreter dieser Berufssparte große Anerkennung verdienen, daher ist, wenn immer die männliche Form verwendet wird, damit auch die weibliche Form gemeint.

Tätigkeit der Fluglotsen und Fluglotsinnen in Verbindung gebracht werden sollen. Schließlich werden die wichtigsten Erkenntnisse über die im Luftraum vorzufindenden Komplexitätsfaktoren dargestellt und die Fehler, die bei der Regelung des Flugverkehrs auftreten können, erläutert. Im empirischen Teil der Arbeit soll schließlich geklärt werden, welche Komplexitätsfaktoren den größten Einfluss auf die erbrachte Leistung von Planungslotsen haben und welche Fehler sie begünstigen.

I. THEORETISCHER TEIL

1. Allgemeine Informationen zum Thema Flugsicherung

Der Beruf des Flugverkehrsleiters gehört zu den anspruchsvollsten und komplexesten unserer modernen Zeit (Hagemann, 2000). Die Anforderungen, die in Bezug auf Aufmerksamkeit und Konzentrationsfähigkeit an diese Berufsgruppe gestellt werden, lassen sich in einer derartigen Vielschichtigkeit vermutlich nur in wenigen anderen Tätigkeitsfeldern finden. Nur ein geringer Prozentsatz der Gesamtbevölkerung eines Landes bringt die Grundvoraussetzungen für die Ausübung dieses Berufes mit sich, was sich bereits zu Beginn einer Fluglotsenkarriere in dem langwierigen Selektionsprozess, der einer Ausbildung zum Flugverkehrsleiter vorausgeht, bemerkbar macht. So müssen nach Angaben der Austro Control, die für die Flugsicherung im österreichischen Luftraum verantwortlich ist, rund 500 Personen getestet werden um 40 geeignete zu finden (Austro Control, Berufsinformationstag, 06.06.2009). Zusätzlich scheint ein großer Teil der ausgewählten und somit geeigneten Personen die Komplexität der Aufgaben, die dieser Beruf mit sich bringt, zu unterschätzen, weswegen eine Drop Out Rate von 15 bis 20%² in vielen europäischen Ländern dazu führt, dass dort ein Mangel an Flugverkehrsleitern herrscht (Air EuroSafe, 2003). Eine Zunahme des Flugverkehrs, wie sie immer wieder prognostiziert wird, würde zudem zu einem weiteren Anstieg der Arbeitsbelastung für die Fluglotsen führen.

Hauptaufgabe der Flugsicherung ist es, zwei konkrete Ziele zu erfüllen: Oberste Priorität hat naturgemäß die Garantie der Sicherheit aller am Flugverkehr teilnehmenden Personen. Die Flugverkehrsleiter müssen dabei so genannte „Separation Standards“ einhalten, also dafür Sorge tragen, dass sich die in der Luft befindlichen Flugzeuge nach genau festgelegten Regeln nicht zu nahe kommen. Zweitens gilt es zu garantieren, dass jedes Flugzeug seine Destination nach Plan und vor allem pünktlich erreicht (Loft et al., 2007).

² Nach Aussage von Michael Ullrich, von der Austro Control Academy, beziehen sich diese Angaben auf den gesamten Ausbildungszeitraum, in Österreich kann von einer Drop-Out Rate von etwa 35% gesprochen werden (persönl. Mitteilung, 27.04.2010).

Der zunehmende Flugverkehr der letzten Jahre hat jedoch zu einem Anstieg der „critical incidents“, also Vorfälle, in denen die Sicherheit der Fluggäste nicht mehr zu hundert Prozent gewährleistet werden konnte, geführt (Hagemann, 2000; Eurocontrol, 2009). Ob es in den nächsten Jahren tatsächlich zu einer weiteren Zunahme des Flugverkehrs kommen wird, wird gerade in der jetzigen Zeit widersprüchlich diskutiert: Wurde in den vergangenen Jahren, meist in Veröffentlichungen vor 2009, vehement eine Zunahme des weltweiten Flugverkehrs nach Vorbild der vergangenen Jahre prognostiziert – das Passagieraufkommen hat sich nach Hagemann (2000) in den Jahren 1982 bis 1998 gar fast verdreifacht – so häufen sich in letzter Zeit Berichte über eine gegenteilige Entwicklung und rückläufige Flugbewegungen, ausgelöst durch die aktuelle Wirtschaftskrise, die die Welt derzeit in Schach hält (z. Bsp. Austro Control Pressearchiv, 2009). Es bleibt also abzuwarten, ob sich die bis vor kurzem vorherrschenden Prognosen und die damit einhergehenden zusätzlichen Belastungen der Flugverkehrsleiter bewahrheiten werden.

1.1 Allgemeine Anforderungen an Flugverkehrsleiter

Als Einstieg in die Materie soll zunächst geklärt werden, welchen kognitiven Herausforderungen sich Flugverkehrsleiter und Flugverkehrsleiterinnen bei der Ausübung ihres Berufes stellen müssen und welche Grundvoraussetzungen von Nöten sind, um diesen Beruf überhaupt ausüben zu können.

Flugverkehrsleiter und -leiterinnen sehen sich bei der Ausübung ihrer Tätigkeit mit einer Reihe von miteinander konkurrierenden Zielen konfrontiert: So gilt es die bereits erwähnten „Separation Standards“ einzuhalten und so die Sicherheit aller Verkehrsteilnehmer zu gewährleisten, Verspätungen zu vermeiden und zusätzlich die ideale Auslastung der Flughafenskapazitäten zu garantieren. (Hagemann, 2000)

Unterschiedlichste Faktoren drohen jedoch die Erreichung dieser Ziele zu erschweren. Um diesen beeinträchtigenden Faktoren und deren Auswirkungen auf die Arbeit der Air Traffic Controller auf den Grund zu gehen, muss zunächst geklärt werden, welche generellen Anforderungen ein Anwärter dieses Berufes mit sich bringen sollte beziehungsweise welche Einflussgrößen für eine reibungslose Ausübung dieses breiten Tätigkeitsfeldes

ausschlaggebend sind. Hagemann bringt die Herausforderung bei der Auswahl von für diesen Beruf geeigneten Personen auf den Punkt:

Eine Schwierigkeit der Lotsenauswahl besteht darin, selbstüberzeugte und ehrgeizige Personen zu finden, die trotzdem stets besonnen und vorsichtig agieren und nicht zugunsten einer höheren angestrebten Befriedigung unkalkulierbare Risiken eingehen. (Hagemann, 2000, S. 18)

Das oben genannte Zitat vereint bereits die wichtigsten Persönlichkeitseigenschaften, die ein Fluglotse mit sich bringen sollte. Doch welche zusätzlichen Voraussetzungen lassen sich identifizieren und wie lassen sich diese genau definieren? Das so genannte FEAST (First European Air Traffic Controller Selection Test) Modell der „KASO requirements in ATCO³“ (Chetcuti & Heese, 2009) liefert einen guten Überblick über die konkreten Anforderungen, die gegenwärtig an einen Flugverkehrsleiter gestellt werden. KASO stellt dabei an Akronym bestehend aus den Wörtern „knowledge“, „abilities“, „skills“ and „other characteristics“ dar. Chetcuti und Heese (2009) unterscheiden zwischen vier wesentlichen Hauptkomponenten, die in untenstehender Grafik (Abb. 1) abgebildet sind. Darin finden sich alle für die Selektion von Fluglotsentrainees relevanten Faktoren, die in einer Analyse von 22 einschlägigen Studien, veröffentlicht in den Jahren zwischen 1978 und 2002 in Europa und den USA, identifiziert wurden.

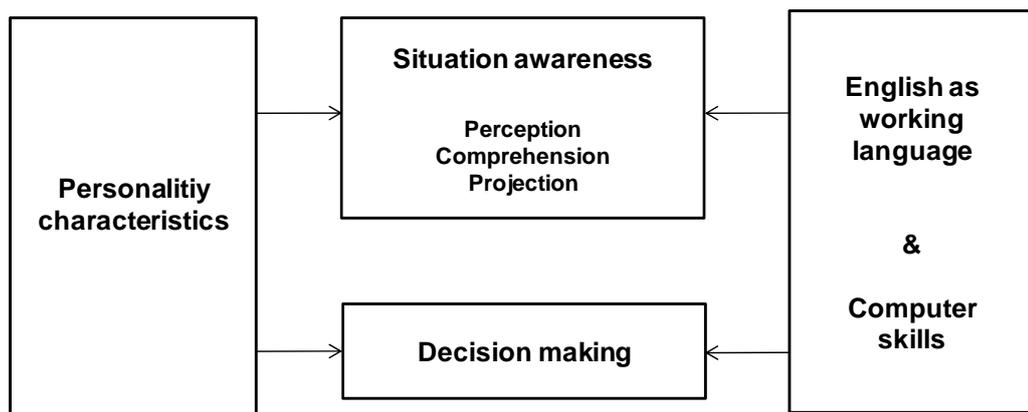


Abb. 1 Anforderungsmodell für Air Traffic Controller (Chetcuti & Heese, 2009, S. 94)

³ Anmerkung: ATCO= Air Traffic Control

Um zu verdeutlichen, welche umfangreiche Anforderungen an die Flugverkehrsleiter in der Ausübung ihres Berufes gestellt werden, seien in den folgenden Absätzen die in Abb. 1 grafisch dargestellten Punkte genauer definiert. Insgesamt identifizierten Chetcuti & Heese (2009) 26 für die Ausübung des Berufes notwendige Anforderungen⁴:

Der erste Punkt beinhaltet Eigenschaften, die die Wahrnehmungs- und Gedächtnisleistung der jeweiligen Personen betreffen und wird in Abb. 1 als „Situation awareness“⁵ bezeichnet:

I. Perception of the elements in the environment to be supposed by:

- | | |
|--------------------------------------|--|
| 1. Perceptual speed: | Die Fähigkeit Informationen schnell und exakt aufzunehmen und zu vergleichen. |
| 2. Selective attention: | Die Fähigkeit eine Aufgabe trotz der Anwesenheit ablenkender Stimuli auszuführen. |
| 3. Medium-term memory: | Die Fähigkeit verschiedene Teilinformationen zu speichern und zu verarbeiten. |
| 4. Multiple-task performance: | Die Fähigkeit mehrere miteinander konkurrierende Aufgaben durch einen ständigen Wechsel der Aufmerksamkeitszuwendung auf unterschiedliche Informationsquellen zu erfüllen. |
| 5. Scanning ability: | Die Fähigkeit schnell und exakt nach Information aus einer bestimmten Quelle zu suchen. |
| 6. Monitoring/Vigilance: | Die Fähigkeit über längere Zeitspannen hinweg die Aufmerksamkeit auf wesentliche Ereignisse zu richten. |

⁴ Die englischen Begriffe wurden beibehalten, die dazugehörigen Erklärungen jedoch zum allgemein besseren Verständnis beruhend auf Chetcuti & Heese (2009, S. 95f) ins Deutsche übersetzt.

⁵ Der Begriff Situation awareness bezeichnet nach Endsley (2001) das mentale Modell einer aktuellen Umgebungssituation und taucht in der einschlägigen Literatur immer wieder auf. Weitere Angaben dazu finden sich in Kapitel 4.3.

Die zweite wesentliche Komponente bezieht sich auf spezifische kognitive Eigenschaften, in Abb. 1 unter „Comprehension“ zu finden:

II. Comprehension of the current situation, which must be supported by:

- 1. Three-dimensional ability:** Die Fähigkeit dreidimensionale Abbildungen zu bilden und zu verwenden.
- 2. Verbal comprehension:** Die Fähigkeit gesprochene und geschriebene Information zu verarbeiten.
- 3. Conscientiousness:** Die Fähigkeit Aufgaben gründlich zu erfüllen und die Aufmerksamkeit auf jedes Detail zu lenken.
- 4. Mental flexibility:** Die Fähigkeit verschiedene Blickwinkel einzunehmen.
- 5. Planning ability:** Die Fähigkeit die angebrachten Handlungsrichtungen zu bestimmen um ein Ziel zu erreichen.
- 6. Problem solving:** Die Fähigkeit die verfügbare Information zu bewerten um daraus Schlüsse zu ziehen und Lösungen zu finden.

Der dritte von Chetcuti & Heese (2009) als wesentlich erachtete Faktor vereint Kommunikations- und Entscheidungseigenschaften der selektierten Personen:

III. Decision-making:

- 1. Decision-making:** Das Treffen effektiver Entscheidungen in komplexen Situationen.
- 2. Communications:** Die Fähigkeit effektiv zu kommunizieren.
- 3. Decisiveness:** Die Eigenschaft effektive Entscheidungen in einem bestimmten Zeitrahmen zu treffen auch wenn dazu nötige Informationen unvollständig sind und/oder das Ergebnis der Entscheidung unsicher ist.
- 4. Composure/resilience:** Die Fähigkeit unter Druck klar zu Denken und effektiv zu handeln.

5. Adaptability: Die Fähigkeit Fehlwahrnehmungen zu bewältigen oder sich an sich ändernde Situationen anzupassen.

Um all die genannten Fertigkeiten auch optimal anwenden zu können, bedarf es laut Chetcuti und Heese (2009) bestimmter Persönlichkeitsvariablen:

IV. Personality

1. Achievement motivation: Ein Verlangen sich im Job selbst herauszufordern und ein höheres Maß an Fähigkeiten zu erlangen.

2. Self-awareness: Die Fähigkeit die eigenen Leistungen und persönlichen Ressourcen einzuschätzen und mit Workload entsprechend umzugehen.

3. Co-operation: Die Fähigkeit effektiv im Team zu arbeiten um ein gemeinsames Ziel zu erreichen.

4. Composure/resilience: Die Fähigkeit unter Druck klar zu Denken und effektiv zu handeln.

5. Conscientiousness: Die Fähigkeit Aufgaben gründlich zu erfüllen und die Aufmerksamkeit auf jedes Detail zu lenken.

6. Social sensitivity: Die Fähigkeit Sachverhalte aus dem Blickwinkel anderer zu betrachten und das eigene Verhalten entsprechend anzupassen.

7. Emotional stability: Ein ruhiges, entspanntes Zugehen auf Situationen, Ereignisse oder Personen.

8. Decisiveness: Die Eigenschaft effektive Entscheidungen in einem bestimmten Zeitrahmen zu treffen auch wenn dazu nötige Informationen unvollständig sind und/oder das Ergebnis der Entscheidung unsicher ist.

9. Flexibility: Die Fähigkeit sich an sich verändernde Situationen und Bedingungen anzupassen.

Die dargestellten Ansprüche an Anwärter für den Beruf des Fluglotsen lassen bereits die Vielschichtigkeit der in diesem Beruf auftauchenden Herausforderungen vermuten. Unter den aufgezählten Voraussetzungen ist bereits eine Reihe von Faktoren zu finden, die für die nachfolgenden Kapitel relevant sind. Unter anderem ist unter den Persönlichkeitseigenschaften auch die Fähigkeit zum richtigen Umgang mit Workload zu finden sowie von geforderter Teamfähigkeit die Rede, Faktoren, die in den folgenden Kapiteln wieder auftauchen werden. Der interessierte Leser möge sich daher die einzelnen Punkte bei der weiteren Lektüre der Arbeit im Hinterkopf behalten. Zudem wird ersichtlich, dass die einzelnen Fähigkeiten nicht gesondert voneinander betrachtet werden können und sich somit Überschneidungen zwischen den einzelnen Gruppen finden.

1.2 Der Flugverkehr – ein dynamisches System

Die umfangreichen Anforderungen, die laut Chetcuti und Heese für die Ausübung des Berufes „Flugverkehrsleiter“ notwendig sind, lassen in der Flugsicherung ein einigermaßen komplexes System vermuten, dessen Regelung nur ein elitärer Kreis ausgewählter Personen gewachsen ist. Worin liegt nun die besondere Schwierigkeit in der Ausübung dieses Berufes? Unter den in Kapitel 1.1 genannten kognitiven und persönlichen Anforderungen an Flugverkehrsleiter fand sich unter Anderem die Voraussetzung, in komplexen, *dynamischen* Situationen effektive Entscheidungen treffen zu können (Chetcuti & Heese, 2009). Mitverantwortlich für die besondere Komplexität des Flugverkehrs zeichnet demnach vermutlich der hohe Grad an Dynamik, den der Flugverkehr für sich genommen aufweist: Alle am Flugverkehr teilnehmenden Personen sind Elemente eines Systems und bereits minimale Veränderungen an der Route eines Flugzeuges kann eine Reihe von Konsequenzen für die anderen Elemente im Luftraum nach sich ziehen (Hagemann, 2000). Eine besondere Eigenschaft dieser Dynamik ist es nun, dass ein Problemstatus sowohl mit als auch ohne das Eingreifen des Flugverkehrsleiters ständigen Veränderungen unterworfen ist (Niessen & Eyferth, 2001).

Der Psychologe Kaminski (1983) unterscheidet generell zwei unterschiedliche Arten von Dynamiken: Er spricht von *dependent*er Dynamik und *independent*er Dynamik, wobei die

gewählten Begrifflichkeiten bereits die sich dahinter verbergende Erklärung vermuten lassen: Unter *dependenten Dynamik* versteht Kaminski, dass die Umgebungsbedingungen direkt von den Aktionen des Handelnden abhängig sind (Kaminski, 1983). Die *independente Dynamik* hingegen bezeichnet Veränderungen der Umwelt, die auch ohne Zutun des Akteurs entstanden wären. Die Dynamiken setzen laut Kaminski dabei den Akteur zu verschiedenen Zeitpunkten unterschiedlichen Schwierigkeiten von unterschiedlich langer Zeitdauer aus, die es zu meistern gilt. Durch ihren hohen Allgemeinheitsgrad lassen sich Kaminskis Annahmen gut auf die Herausforderungen bei der Überwachung des Luftraumes übertragen.

1.3 Kontrollbereiche der Flugsicherung

Für ein basales Verständnis der in der Flugsicherung relevanten Aufgaben seien zunächst die einzelnen Kontrollbereiche, in denen die Flugverkehrsleiter ihr Tätigkeitsfeld finden, erläutert. Vielen kommen bei dem Begriff „Fluglotsen“ zunächst jene Personen in den Sinn, die mithilfe von Leuchtstäben den Flugzeugen nach der Landung ihre Parkposition zuweisen. Die Tätigkeit eines Flugverkehrsleiters ist jedoch, wenn auch im Sitzen stattfindend, etwas komplexer. Grundsätzlich lässt sich das Arbeitsfeld eines Flugverkehrsleiters in drei Kontrollbereiche gliedern: Die Arbeit im Tower, die An- und Abflugkontrolle (Approach, APP) und die Tätigkeit in den Bezirkskontrollstellen (Area Center Control, ACC) (Hagemann, 2000). In Abb. 2 sollen die einzelnen Kontrollbereiche grafisch verdeutlicht werden.

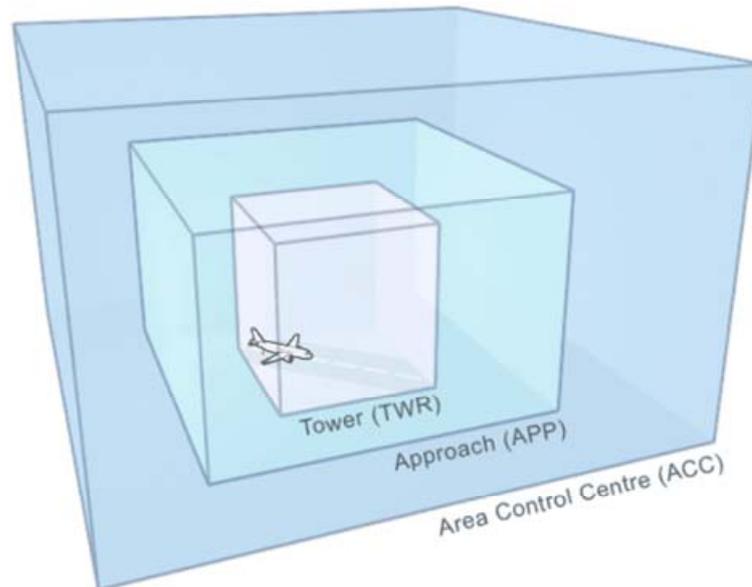


Abb. 2 Kontrollbereiche der Flugsicherung
 (<http://www.austrocontrol.at/content/atm/lotse/lotse.shtml> (20.01.2010))

Grundsätzlich wird von allen Flugverkehrsleiter ein hohes Maß an Konzentration abverlangt, jeder von ihnen, egal ob Towerlotse, Approach- oder Area Controller, muss im Bedarfsfall schnell auf unvorhergesehene Ereignisse, wie etwa Pilotenfehler, technische Komplikationen oder Wetterumschwünge, reagieren können (Wickens, Mavor & McGee, 1997). Die vorliegende Arbeit beschäftigt sich zwar in erster Linie mit den Aufgaben der Fluglotsen in den Bezirkskontrollstellen (Area Control Centers) und hier vor allem mit denen der Planungslotsen, dennoch sollen zum allgemeinen Verständnis die Aufgaben aller drei Arbeitsbereiche kurz erläutert werden.

1.3.1 Tower

Der Arbeitsplatz der Towerlotsen befindet sich direkt im Kontrollturm (Tower) des jeweiligen Flughafens mit Sichtkontakt zu den dort befindlichen Flugzeugen, deren Start-, Lande-, und Rollbewegungen aufeinander abgestimmt werden müssen (Hagemann, 2000). Zu ihren Hauptaufgaben zählen die Erteilung der Start- und Landeerlaubnis, die Koordination der am Flughafen befindlichen Flugzeuge, die Rangreihung der Flugzeuge sowie die Weitergabe der Kontrolle, das so genannte „Handoff“, an den zuständigen Approach Controller (Wickens, Mavor & McGee, 1997). Der Kontrollradius der Towerkontrolle beträgt in etwa 25 nautische Meilen (etwa 46.3 Kilometer) (Vogt, Hagemann & Kastner, 2006). Folglich findet kurz nach

dem Abflug beziehungsweise kurz vor der Landung die Weiterreichung der Kontrolle an die An- und Abflugkontrolle (Approach) statt.

Die Tätigkeit der Towerlotsen konzentriert sich nach Hagemann (2000) im Gegensatz zu der ihrer Kollegen und Kolleginnen vor dem Radarschirm nicht nur auf eine reine Überwachungstätigkeit, sondern es rücken vor allem koordinative Aufgaben in den Vordergrund, was eine ständige Kommunikation mit Piloten und den Kollegen in der Approachkontrolle notwendig macht. Wesentlich ist dabei der permanente Sichtkontakt zu den Flugzeugen, die sich unter ihrer Obhut befinden, was je nach Größe des Flughafens, den herrschenden Sichtverhältnissen und gegenwärtigem Verkehrsaufkommen eine enorme Herausforderung darstellen kann (Wickens, Mavor & McGee, 1997). Die Tätigkeit eines im Tower arbeitenden Flugverkehrsleiters birgt demnach andere kognitive und psychische Belastungen in sich, als etwa die Arbeit in den Bezirkskontrollstellen⁶.

1.3.2 Approach (APP)

Zu den Hauptaufgaben der für den Approach zuständigen Flugverkehrsleiter zählt einerseits die sichere und schnelle Übergabe der vom Tower übernommenen Flugzeuge an die Fluglotsen des nächsten Sektors der zuständigen Bezirkskontrollstelle und andererseits die Übernahme von ankommenden Flugzeugen von der Bezirkskontrollstelle und Übergabe an die Towerlotsen des Zielflughafens (Wickens, Mavor & McGee, 1997). Vereinfacht gesagt sind die Approach Controller für das „Einfädeln“ der gestarteten beziehungsweise ankommenden Flugzeuge in die Ab- und Anflugstreckenbereiche des jeweiligen Flughafens zuständig, weswegen sie neben den Piloten auch in Kontakt zu den jeweiligen Towerlotsen stehen müssen. (Hagemann, 2000). Beim Landeanflug erfolgt die Übergabe an den Approach-Lotsen etwa 50 nautische Meilen (etwa 92.6 km) vor dem jeweiligen Zielflughafen, der wiederum 10 nm (18.5 km) vor Erreichung der Landebahn an den zuständigen Towerlotsen übergibt (Shorrock, 2005).

Die Flugverkehrsleiter der Approachkontrolle befinden sich ebenfalls im Tower des Flughafens, sie üben ihre Tätigkeit jedoch im Gegensatz zu den Towerlotsen ohne direkten Sichtkontakt zu den Flugzeugen sondern mithilfe eines Radars und Kommunikationsgeräte,

⁶ Für eine genauere Darstellung der psychischen Belastungen und Beanspruchungen der Towerlotsen siehe Hagemann (2000).

um mit Piloten und Kollegen der übrigen Kontrollbereiche Kontakt aufnehmen zu können, aus (Hagemann, 2000).

1.3.3 Area Control Center (ACC)

Im Luftraum befinden sich – ähnlich wie im Straßenverkehr – Straßen und Kreuzungspunkte. Da die Regelung und Koordination des Flugzeugverkehrs jedoch nicht mithilfe von Verkehrsschildern und Ampeln erfolgen kann, obliegt diese Aufgabe den Flugverkehrsleitern und Flugverkehrsleiterinnen der Bezirkskontrollstellen. Auf dem Tätigkeitsfeld der Flugverkehrsleiter in den so genannten Area Control Centers liegt – wie bereits erwähnt – das Hauptaugenmerk der vorliegenden Diplomarbeit. Grundsätzlich wird in den Bezirkskontrollstellen eine Arbeitsteilung zwischen zwei Flugverkehrsleitern vorgenommen, wobei einer von ihnen die Aufgaben des Executive (Tactical) Controllers übernimmt und der andere jene des Planungsloten (Co-ordinator) (Shorrock, 2005). Eine detailliertere Darstellung der beiden Aufgabengebiete findet sich Kapitel 1.4. Den Controllern der Bezirkskontrollstellen obliegt die Überwachung und Sicherung eines ihnen zugeteilten Sektors (Vogt, Hagemann & Kastner, 2006), wobei der österreichische Luftraum in fünf Sektoren unterteilt ist: Nord, Ost, Süd, West und B5 (Kalina, 2009). Um die Komplexität der Kontrolle und damit die an die Flugverkehrsleiter gestellten Anforderungen für den interessierten Leser einfacher verständlich zu machen, sowie zum besseren Verständnis der im empirischen Teil dieser Arbeit vorgestellten Problemstellung, ist in folgendem Absatz eine kurze Beschreibung der einzelnen Sektoren zu finden.

1.3.3.1 Die Sektoren des österreichischen Luftraumes

Wie bereits erwähnt befinden sich auch im Luftraum so genannte Luftstraßen, die sich an einigen Punkten kreuzen (Gronlund et al., 2005). Der österreichische Luftraum, auf den sich die vorliegende Arbeit konzentriert, ist dabei in fünf Sektoren unterteilt, wobei jeder von ihnen unterschiedliche Eigenschaften, wie auch eine unterschiedliche Anzahl an Luftstraßen und Kreuzungspunkten aufweist und somit mannigfache Anforderungen an den Fluglotsen stellt.⁷ Zusätzlich zur vertikalen Einteilung in Sektoren findet sich in manchen Sektoren auch

⁷ Die Komplexität, die sich aus der Beschaffenheit des jeweiligen Sektors ergibt, wird nach Grossberg (1989, zit. n. Mogford et al., 1995) als statischer Komplexitätsfaktor bezeichnet. Im Vergleich dazu werden Eigenschaften des Flugverkehrs an sich dynamische Komplexitätsfaktoren genannt (Näheres dazu findet sich in Kapitel 3.2).

eine horizontale Unterteilung (Kalina, 2009). Die genaue Einteilung des Luftraumes erfolgt dabei nach der Kapazität des jeweiligen Gebietes.

Der **Sektor B5** ist der am schwächsten beflogene Sektor, in ihm bewegen sich hauptsächlich Flugzeuge von Süden und Osten mit dem Zielflughafen München (Kalina, 2009). Trotz der durchschnittlich geringen Frequenz stellt die Kontrolle dieses relativ kleinen Sektors die zuständigen Flugverkehrsleiter vor allem in den Morgenstunden sowie gegen Abend vor eine große Herausforderung, da in diesen Zeiträumen der Münchner Flughafen vermehrt angeflogen wird. Der **Sektor Nord** birgt, trotz anderer Beschaffenheit, ebenfalls seine eigenen Schwierigkeiten in sich, da hier die An- und Abflüge vom Flughafen Wien sowie vom Flughafen München zusammentreffen, was die Kontrolle des unteren Bereiches dieses Gebietes besonders komplex gestaltet. Im **Sektor Süd** hingegen fliegen viele Flugzeuge aus allen Richtungen auf Graz zu und von dort weg, was wiederum für die Planung der Überflüge ein Problem darstellt. Zusätzlich ist dieser Sektor durch einen Teil des slowenischen Gebietes erweitert, dessen Überwachung die österreichische Flugsicherung übernimmt. Der **Ostsektor** ist im Vergleich zu den übrigen Gebieten relativ gering frequentiert, was auch eine zusätzliche horizontale Unterteilung in der Praxis überflüssig macht. Zwar finden sich hier wenige Vertikalbewegungen, da sich in unmittelbarer Nähe kein Flughafen befindet, dennoch weist der Sektor verhältnismäßig viele Kreuzungspunkte auf. Die Schwierigkeit der Überwachung des **Westsektors** stellt die enorm hohe Anzahl an Vertikalbewegungen dar, die sich aus der großen Nähe der Zielflughäfen Zürich, München, Ljubljana, Zagreb und Stuttgart ergeben. Zusätzlich ist dieser Sektor relativ groß, weswegen er, um die Fluglotsen zu entlasten, lateral geteilt ist. Für alle Sektoren gilt, dass sich in jedem von ihnen Militärübungsgebiete finden, was die Kontrolle der Flüge zusätzlich erschwert (Näheres dazu findet sich in Kapitel 3).

1.4 Aufgabenverteilung Executive Controller & Co-ordinator

Wie bereits in Kapitel 1.3.3 erwähnt, findet im Area Control Bereich eine Aufgabenteilung zwischen dem Exekutivlotsen und dem Planungslotsen statt. Für den empirischen Teil der vorliegenden Arbeit relevant sind vorwiegend die Funktionen des Planungslotsen, da jedoch

die Aufgaben der beider Fluglotsen nach Ansicht der Autorin untrennbar miteinander verbunden sind, seien in folgendem Absatz beide gemeinsam erläutert.

Herr Mag. Rainer Schredl von der Austro Control verdeutlicht den grundlegenden Unterschied zwischen Taktischem Lotsen und Planungslotsen mit folgendem Zitat (persönl. Mitteilung, 15.01.2010): „Der Executive Controller arbeitet in der Gegenwart, der Co-ordinator arbeitet in der Zukunft.“

Die Kontrollarbeit der beiden ACC-Lotsen orientiert sich laut Vogt, Hagemann & Kastner (2006) an vier Informationsquellen. Sowohl der Executive Controller als auch der Co-ordinator nützen diese Informationsquellen auf unterschiedliche Art und Weise. Anhand dieser Hilfsmittel sollen nun in weiterer Folge die Aufgaben beider genauer erläutert werden. Die vier Informationsquellen sind:

1. Die so genannten **Flight Strips**, die alle Flugdaten des jeweiligen Flugzeuges beinhaltet und etwa 20 Minuten vor dessen Eintritt in den von den Lotsen kontrollierten Sektor eingeblendet werden bzw. ausgedruckt werden müssen.
2. Ein **Radarschirm**, auf dem jedes Flugzeug im Sektor mit den wichtigsten Flugdaten wie Callsign, Geschwindigkeit und aktuelle Flughöhe abgebildet ist.
3. **Funkgeräte** um mit den Piloten Kontakt aufnehmen zu können und
4. **Telefone** um die Kommunikation mit den Controllern der übrigen Sektoren über die Landleitung zu ermöglichen.

Zusätzlich erwähnen Wickens, Mavor & McGee (1997) Alarmsysteme, die visuell oder auditiv auf eine Gefahrensituation Aufmerksam machen – diese sind jedoch meist direkt auf dem Radarschirm sichtbar – sowie Medien zur Einholung aktueller Wetterinformationen.

Flugverkehrsleiter und Flugverkehrsleiterinnen sind bei der optimalen Ausübung ihrer Arbeit von diesen Informationsquellen abhängig. Wie diese dabei zum Einsatz kommen, und welche davon für den Planungslotsen und welche für den Taktischen Controller relevant sind, soll in folgendem Absatz erörtert werden:

Jedes Flugzeug durchquert auf dem Weg vom Start bis zu seinem Bestimmungsort mehrere Sektoren (Bezirkskontrollstellen), wobei es in jedem neuen Sektor, den das Flugzeug passiert, Aufgabe des Piloten ist mit dem Executive Controller über *Funk* Kontakt aufzunehmen und seine aktuellen Flugdaten bekannt zu geben (Hagemann, 2000). Der Executive Controller seinerseits muss diese Angaben kontrollieren und, um zu bestätigen, dass alles korrekt verstanden wurde, rücklesen (das so genannte Readback). Beiden Fluglotsen steht ein Radarschirm zur Verfügung, anhand dessen sie die Bewegungen aller Flugzeuge genau verfolgen können. Für die Aufgabe des Taktischen Lotsen hat der Radarschirm jedoch die größere Relevanz, da er, wie aus der eingangs zitierten Aussage von Mag. Schredl von der Austro Control hervorging, die gegenwärtige Position, Geschwindigkeit, Richtung und Höhe der Flugzeuge überwacht und kontrolliert, ob die Flugzeuge die vorgegebene Flugroute einhalten (Hagemann, 2000). Das Arbeitsfeld des Tactical Controllers befindet sich vereinfacht gesagt also in der Gegenwart und konzentriert sich zu einem großen Teil auf den Radarschirm. Die bereits erwähnten *Flight Strips* betreffen hingegen das Aufgabengebiet des Planungslotsen: Auf Papierstreifen – gegenwärtig auch bereits in digitaler Form in Verwendung – sind die Flugdaten derjenigen Flugzeuge vermerkt, die in den nächsten 10 bis 20 Minuten den kontrollierten Sektor erreichen werden. Nach Hagemann (2000) besteht die Problemstellung für den Planner nun darin, vor auszuplanen und die Flugzeuge sowohl zeitlich als auch räumlich zu staffeln, dabei jedoch die unterschiedlichen Geschwindigkeiten sowie Steig- und Sinkraten der einzelnen Verkehrsteilnehmer zu berücksichtigen⁸. Weitere Faktoren, die die Arbeit des Planungs- und des Exekutivlotsen erschweren, sind in Kapitel 3 angeführt. Während der Exekutivlotse direkt mit den Piloten kommuniziert, obliegt dem Planungslotsen die Koordination und Zusammenarbeit mit den Planungslotsen der angrenzenden Sektoren. Nachfolgend sollen nun die Hauptaufgaben der Planungslotsen detailliert betrachtet werden:

⁸ An dieser Stelle kommt unter Anderem die in Kapitel 1.1 genannte Voraussetzung der „Three dimensional ability“ von Chetcuti & Heese (2009) zum Tragen.

1.5 Hauptaufgaben der Co-ordinator

Wie bereits mehrmals erwähnt wurde sind die beiden Hauptprioritäten der Flugsicherung, Sicherheit und Pünktlichkeit. Um diese Ziele zu erreichen, bedarf es jedoch außer einer optimalen Planung zusätzlich einer korrekten Anwendung der Phraseologie sowie des richtigen Umgangs mit den so genannten Flight Strips. Wie aus den nachfolgenden Absätzen hervorgehen wird, sind all diese Punkte eng miteinander verstrickt. Dem Bewertungsschema der Austro Control folgend (siehe Teil II der vorliegenden Arbeit) sei den vier Hauptaufgaben der Planungslotsen eine theoretische Erklärung gewidmet.

1.5.1 Sicherheit

Die Gewährleistung der Sicherheit aller im Luftraum befindlichen Personen ist das oberste Ziel eines Flugverkehrsleiters. Eine Reihe von folgeschweren Flugunfällen, für die Fluglotsen verantwortlich zeichneten, bestätigt die Relevanz dieses Punktes. Zwar sind so genannte Mid-Air Collisions, also Kollisionen von Flugzeugen während des Fluges, wie beispielsweise 2002 in Überlingen vorgefallen, laut Annual Safety Report (2009) der Eurocontrol äußerst selten, dennoch konnte laut selbigem Bericht in der Kategorie der Staffelunterschreitungen („Separation Minima Infringement“) in den letzten zehn Jahren ein Aufwärtstrend verzeichnet werden. Der Begriff Staffelunterschreitung meint dabei das Unterschreiten eines definierten Mindestabstandes zwischen zwei Flugobjekten, wobei hierbei zwischen Längs-, Seiten- und Höhenstaffelungen zu unterscheiden ist (Hagemann, 2000). Eine gesicherte Staffel, also das Einhalten der jeweiligen Separation Standards, hat, wie bereits zu Beginn in Kapitel 1 erwähnt, oberste Priorität in der Flugsicherung (Loft et al., 2007). Die einzuhaltenden Standards sind dabei abhängig von unterschiedlichen Gegebenheiten wie Reisegeschwindigkeit oder Kurs des Flugzeuges, oder auch von der Präzision der Radarerfassung eines bestimmten Sektors (Hagemann, 2000). Die Wichtigkeit der Einhaltung dieser unterschiedlichen Sicherheitsvorschriften gepaart mit der hohen Dynamik und Komplexität des Flugverkehrs verlangt den zuständigen Flugverkehrsleitern ein hohes Maß an Aufmerksamkeit ab. Für die Gewährleistung von Sicherheit im Flugverkehr tragen nicht

nur Fluglotsen allein die Verantwortung⁹, sie sind dabei jedoch das ausführende Organ, der Human Factor, in dem System Flugsicherung. Abb. 3 stellt den Sachverhalt vereinfacht dar:

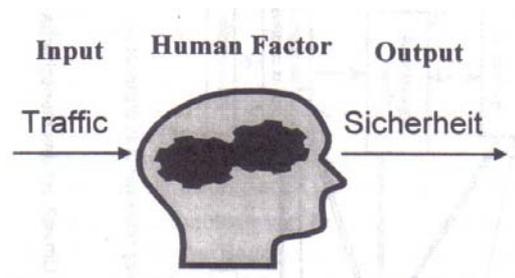


Abb. 3 Der Human Factor als entscheidende Größe für die Verkehrssicherheit (Hagemann, 2000, S. 19)

Die verschiedenen Kreuzungspunkte in der Luft gepaart mit steigendem Verkehrsaufkommen und vielen weiteren erschwerenden Faktoren erfordert eine ausreichende Planung. Vorausschauendes, komplexes Denkvermögen und Koordination der Flugzeuge durch die Fluglotsen sind dafür ausschlaggebend, wie in folgenden Absätzen zu lesen ist.

1.5.2 Planung und Koordination

Zu den Hauptaufgaben des Planungsloten zählen definitionsgemäß die Planung und Koordination aller Verkehrsabläufe, um das Einhalten der Staffelvorschriften zu garantieren. Grundsätzlich definieren Mumford, Schultz & Van Doorn (2001, S. 214) den Akt des Planens als „Mentale Simulationen von Handlungen und ihren Ergebnissen.“ Relevant ist dabei die Berücksichtigung der Komplexität und Dynamik der Umgebung, in der das Individuum seine Handlungen ausführt, eine Annahme die vermutlich gerade in der Leitung des Flugverkehrs, einem äußerst dynamischen Umfeld, von Bedeutung ist. Was Mumford, Schultze & Van Doorn (2001) als mentale Simulationen zukünftiger Handlungen bezeichnen, ging bereits einige Absätze zuvor aus der Differenzierung Herrn Mag. Schredls (persönl. Mitteilung, 15.01.2010) von der Austro Control deutlich hervor: „Der Executive Controller arbeitet in der Gegenwart, der Co-ordinator arbeitet in der Zukunft.“

⁹ Wie Victor Kourenkov, Regional Officer der ICAO, auf der ATC Global 2010 in Amsterdam mehrmals betonte, muss Sicherheit auf allen Ebenen des Air Traffic Management umgesetzt werden. Sind in einem Staat gewisse Sicherheitsvorschriften nicht vorhanden oder gibt es auf einem Flughafen gravierende Sicherheitsmängel, ist auch der Fluglotse machtlos.

Planen erfordert besonders in der Flugsicherung ein hohes Maß an kognitiven Ressourcen. Wie kann jedoch garantiert werden, dass die Planung auch zu den genannten Zielen größtmögliche Sicherheit und Pünktlichkeit führt? Laut der Metaanalyse von Mumford, Schultze & Van Doorn (2001) beginnt jede Planung mit einer Plangenerierung, dessen erster Schritt eine Analyse der Gesamtsituation ist. Erfolgreiches Planen geht nach Pea (1982, zit. n. Mumford, Schultze & Van Doorn, 2001) mit der hierarchischen Gliederung der einzelnen Planungsschritte sowie der jeweiligen Ziele in solche mit hoher, mittlerer und nieder Priorität einher.

Mumford, Schultze & Van Doorn (2001) fassten die wichtigsten situativen Faktoren, die am Prozess des Planes beteiligt sind, zusammen und kamen dabei auf fünf wesentliche Punkte, die sich auch auf die Planungsaufgaben in der Flugsicherung übertragen lassen:

Zeit, Stabilität, Schwierigkeit, Workload und das Support System.

Zeit kann in der Flugsicherung eine wesentliche Rolle bei der Planung spielen, bedenkt man, dass die Ankunft eines Flugzeuges im Sektor zehn bis zwanzig Minuten vor dessen Eintritt bekannt wird. Auch muss bei geringfügigen Änderungen der Gesamtsituation schnellstmöglich gehandelt und der ursprüngliche Plan modifiziert werden. Liberman & Trope (1998, zit. n. Mumford, Schultze & Van Doorn, 2001) fanden jedoch heraus, dass Zeitdruck den Gebrauch von höheren kognitiven Strategien limitiert. Ein Fehler in der Planung etwa aufgrund von Zeitdruck hätte in der Flugsicherung allerdings weitreichende Konsequenzen.

Die zweite von Mumford und seinen Kollegen gefundene wesentliche Einflussgröße auf das Bilden von Plänen ist die **Stabilität** der jeweiligen Planungsumgebung. In einem derartig dynamischen System wie dem Flugverkehr dürfen diesen Punkt betreffend ebenfalls erschwerte Bedingungen vermutet werden. Nach Pava 1986 (zit. n. Mumford, Schultze & Van Doorn, 2001) ermöglicht Planung in einem dynamischen Umfeld nur das Zurückgreifen auf allgemeine Modelle und stellt für die planenden Personen eine noch größere kognitive Herausforderung dar, als es in einem statischen System der Fall wäre.

Als weitere grundlegende Einflussgrößen auf den geistigen Akt des Planes sind laut Mumford Schultze & Van Doorn (2001) die **Schwierigkeit** beziehungsweise Komplexität der Planung

sowie der entstehende **Workload** des Planenden zu nennen. Workload ist ihnen zufolge nicht nur eine Konsequenz der Umgebungskomplexität sondern wird auch durch andere Faktoren, wie beispielsweise konkurrierende Ziele und individuelle Fähigkeiten des Planers beeinflusst – Bedingungen, die ebenfalls bei der Planung des Flugverkehrs vorzufinden sind (für eine detaillierte Darstellung zum Thema Workload siehe Kapitel 2.3).

Fünfter und letzter Punkt stellt laut Mumford, Schultze & Van Doorn (2001) das **Support System** dar, wobei darunter sowohl sozialer als auch technischer Support zu verstehen ist. Im Fall der Flugsicherung könnten dies beispielsweise eine zufriedenstellende Zusammenarbeit mit dem jeweiligen Executive Controller (social support) oder eine ausreichende technische Unterstützung durch Radarschirm, Flight Strips und Kommunikationsgeräten (technical support) sein.

Wie genau der Prozess des Planens in der Luftfahrkontrolle vor sich geht, das versuchten Gronlund, Dougherty, Durso, Canning & Mills (2001) herauszufinden. Sie untersuchten 12 Air Traffic Controller, die die Rolle von Planungslotsen einnahmen, und fanden heraus, dass – wie bereits von Mumford, Schultze & Van Doorn (2001) postuliert – die Planung stets mit einer präzisen Analyse der Gesamtsituation begann. Der Problemstatus wurde dabei so genau erhoben, dass der letztlich daraus entstehende Plan nur wenig neue Informationssuche beziehungsweise Adaptierung verlangte – Gronlund et al. (2001) nennen dies den Single Plan. Entscheidend für die Umsetzbarkeit eines einzigen „Single Plan“ bei derart dynamischen Umgebungsbedingungen, wie sie im Flugverkehr herrschen, ist die Tatsache, dass ein Teil des Planes, wie etwa die Abfolge der ersten drei Flugzeuge, die eine bestimmte Strecke passieren sollten, präzise, andere Entscheidungen jedoch nur grob definiert werden. Der Plan, der aus dieser Vorgehensweise entsteht, ist somit gleichzeitig definiert und undefiniert. Nur auf diese Weise kann er in einem instabilen, dynamischen System wie dem Flugverkehr bestehen bleiben, zumindest so lange, bis aufgrund drastischer widriger Umstände, eine größere Veränderung beziehungsweise eine völlige Neuaufstellung des Planes vorgenommen werden muss (Gronlund et al., 2001). Mit ihrer Untersuchung liefern Gronlund et al. gleichzeitig einen interessanten Ausblick auf die Planungsabläufe, wie

sie nach Einführung von Free Flight¹⁰ aussehen könnten, wenn nicht mehr vordefinierte Routen und Kreuzungspunkte sondern ein direktes Anfliegen und somit willkürliches Kreuzen von Flugstrecken zu einem noch dynamischeren Umfeld führen. Ihre Ergebnisse weisen darauf hin, dass nur eine ständige Neuadaptation des Planes an die Gesamtsituation, sowie die Erstellung von Miniplänen, also ein kontinuierlicher Wechsel zwischen bottom-up und top-down Prozessen, eine Planung in einer derartigen Umgebung ermöglichen.

Bei all den relevanten Planungsaufgaben und den die Planung erschwerenden Faktoren muss neben der Wahrung der Sicherheit zusätzlich das zweite Ziel der Flugsicherung, nämlich die Pünktlichkeit der Flugzeuge also die Effizienz der Planung, im Hinterkopf behalten werden. Für eine effiziente Planung und in weiterer Folge eine Gewährleistung der Sicherheit, ist die in den folgenden Absätzen näher erläuterte korrekte Beherrschung der Kommunikationsstandards sowie der richtige Umgang mit den so genannten Flight Strips unerlässlich.

1.5.3 Kommunikation und Phraseologie

Mit dem Begriff Phraseologie ist nicht nur das allseits bekannte Fluglotsenalphabet gemeint, wie es immer wieder in Filmen und Fernsehserien zu hören ist, sondern auch das Befolgen von Kommunikationsabläufen und genau festgelegten Formulierungen. Wie wichtig internationale Kommunikationsstandards in der Flugsicherung sind, beweisen zahllose tragische Unfälle, wie beispielsweise jener, der sich im Jahr 1977 auf Teneriffa zutrug: Aufgrund eines Missverständnisses zwischen Piloten und Towerlotsen kollidierten zwei Flugzeuge auf der Startbahn. Der Vorfall gab schließlich den Anstoß für die Einführung einer einheitlichen Phraseologie (Hagemann, 2000). Alle Kommunikationsstandards sind jedoch zwecklos, wenn diese nicht beherrscht und korrekt angewendet werden. So hätte ein Flugunglück im Jahr 1990 durch Berücksichtigung dieser Standards vermutlich verhindert werden können. Der Copilot meldete dem zuständigen Towerlotsen Treibstoffknappheit, unterließ es jedoch, die in solchen Fällen übliche Phrase „fuel emergency“, zu verwenden, weswegen der zuständige Flugverkehrsleiter den Ernst der Lage nicht erkennen konnte und

¹⁰ Free Flight ist ein in Planung befindliches Konzept, das die Luftfahrt in den kommenden Jahren revolutionieren soll. Die Flugzeuge sollen im Zuge dessen nicht mehr auf vordefinierten Luftstraßen fliegen, sondern ihren Zielflughafen direkt anfliegen können. Die Route kann dabei von den Piloten autonom gewählt werden. (Endsley, 2001)

das Flugzeug in die Warteposition verwies (Howard, 2008). Als es schließlich die Landeerlaubnis erteilt bekam, war der Treibstoff bereits zu knapp geworden und das Flugzeug stürzte ab. Zwar sind dies Einzelfälle, die in der Geschichte der Flugsicherung herausragen, fehlerhaft angewandte Phraseologie dürfte jedoch keine Seltenheit sein: Tompkins (1991, zit. n. Howard, 2008) fand bei der Analyse von Incident Reports heraus, dass in über 60% dieser Berichte von Zwischenfällen aufgrund von Kommunikationsfehlern die Rede war. Ursachen für Kommunikationsprobleme dürften nach Jones (2003, zit. n. Howard, 2008) dabei in mangelhafter Phrasenbildung, Sprachinterpretationen und unterschiedlichen Dialekten liegen¹¹.

Um den internationalen Kommunikationsstandards Folge leisten zu können, sind einige grundlegende Regelungen zu beachten, die an dieser Stelle nur kurz umrissen werden sollen. Wer wann spricht und was gesagt wird ist genau festgelegt, daher ist es immer nur einer Person möglich zu sprechen (Howard, 2008). Grundsätzlich sollte jede Mitteilung so kurz wie möglich abgehalten werden und dabei gleichzeitig die wichtigste Information enthalten (Federal Aviation Administration, 2010). Eine Untersuchung von Howard (2008) ergab beispielsweise, dass mit der Quantität der in einer Meldung enthaltenen Informationen die Wahrscheinlichkeit für Verständigungsschwierigkeiten steigt. Ebenso ist für Slang, Small Talk oder Höflichkeiten kein Platz in der Kommunikation zwischen Pilot und Flugsicherung oder zwischen Flugverkehrsleitern zweier Kontrollstellen (Federal Aviation Administration, 2010; Howard, 2008). Jede Phrase hat eine eigene Bedeutung¹², die Kommunikation zwischen Fluglotse und Pilot oder auch die zwischen Fluglotsen zweier benachbarter Sektoren bietet daher nur wenig Flexibilität.

Trotz aller Standards ist Kommunikation ein kritisches Feld in der Flugsicherung (Federal Aviation Administration, 2010). Die Untersuchung von Howard (2008) ergab ebenfalls, dass

¹¹ An dieser Stelle sei auf Abb. 1 in Kapitel 1.1 verweisen. Hier findet sich die Anforderung „English as working language“ als Voraussetzung für die Selektion von Fluglotsentrainees. Vor dem Hintergrund der hier dargestellten Vorfälle lässt sich die Relevanz dieser Forderung nachvollziehen.

¹² Bei einem so genannten Initial Contact (Erstkontakt) ist zum Beispiel Folgendes zu beachten: Zunächst wird die Stelle genannt, die angerufen wird, also beispielsweise das Callsign des Flugzeuges oder der Name des Towers, danach folgt die eigene Identifikation. *Pilot: „Toledo Tower, Piper four seven zulu is with you“*, danach folgt das so genannte Readback des Flugverkehrsleiters in dem er die Kennung des Flugzeuges wiederholt und die Anweisung mit seiner Identifikation beendet: *„Piper four seven zulu, taxi position and hold, Toledo Tower“* (Howard, 2008).

Abweichungen vom vorgegebenen Protokoll signifikant häufiger zu Kommunikationsproblemen führten. Es scheint daher naheliegend, dass ohne ein funktionierendes Kommunikationssystem in der Flugsicherung auch die Sicherheit nicht gewährleistet werden kann.

1.5.4 Stripmarking und Striphandling

Wie bereits in Kapitel 1.4 erläutert handelt es sich bei den so genannten Flight Strips um viereckige Papierstreifen, die die wichtigsten Informationen zu jenen Flugzeugen enthalten, die sich im überwachten Sektor befinden oder aber in den nächsten 10 bis 20 Minuten den Sektor erreichen werden. Auf ihnen vermerkt sind all jene Daten, wie das Callsign, die geplante Flughöhe genauso wie sich ständig ändernde Daten (geschätzte Ankunft über einem bestimmten Way Point¹³ etc.) des jeweiligen Flugzeuges, die eine Planung noch bevor das Flugzeug den Sektor erreicht, möglich machen (Berndtsson & Normark, 1999). Aufgrund dieser Informationen dienen Flight Strips nicht nur der Vorausplanung sondern auch der Zusammenarbeit und Koordination mit Lotsen der angrenzenden Sektoren (Berndtsson & Normark, 1999; Manning et al., 2003). Außerdem werden auf den Papierstreifen Handlungen vermerkt, die noch vorgenommen werden müssen, wie etwa eine Richtungs- oder Geschwindigkeitsänderung an den Piloten weiterzugeben, oder solche, die bereits vorgenommen wurden (Manning et al., 2003). Ein Beispiel für Flight Strips mit manuell vorgenommenen Änderungen findet sich in Abb. 4.

Im Angesicht der technischen Möglichkeiten der heutigen Zeit erwecken die geschilderten Vorgehensweisen den Anschein einer einigermaßen rückständigen Methode. Berndtsson & Normark (1999) sowie Mackay (1999) bezeichnen die Paper Flight Strips gar als ein Artefakt der Flugsicherung. Obwohl bereits Flight Strips in elektronischer Form existieren, die auch das Eintragen von Daten in einem eigenen Textfeld ermöglichen, bevorzugen manche Fluglotsen immer noch die Arbeit mithilfe der Papierstreifen (Manning et al., 2003). Der korrekte Umgang mit den Flight Strips, das so genannte Stripmarking und Striphandling, ein Begriff, der im empirischen Teil dieser Arbeit wieder auftauchen wird, braucht Zeit und trägt

¹³ Unter einem „Waypoint“ versteht man allgemein einen durch bestimmte Koordinaten definierten Punkt im physikalischen Raum. Waypoints dienen der Orientierung und Koordination im Raum. In der Luftfahrt wird zwischen fly-over waypoints und fly-by waypoints unterschieden. Ein fly-over waypoint muss von einem Flugzeug zu einer bestimmten Zeit passiert werden, ein fly-by waypoint hingegen markiert den Kreuzungspunkt zweier Luftstraßen und ermöglicht dort einen Richtungswechsel des Flugzeuges (Air Traffic Bulletin, 2003).

einen nicht unwesentlichen Teil zum Workload des Planungsloten bei (Berndtsson & Normark, 1999).

MAREM 1246 280	280	KOLAD 1257 250	LUFTHANSA DLH1TL A365 A321/M N455 EDDT EDDM	Z36 Z38 T106 KOLAD TCAS RVR/200	WL 280 200
AGNAV 1247 240	240	KILNU 1256 240	VIZ2382 A1465 AN12/M N299 LIPY EFHK	Z32 Z400 KILNU IFPS REROUTING	WL 210 240
PK 1225 140	350 30 TBV	BAVOK 1237 350	RUSSIA SDM9266 A1410 T154/M N478 LKPD UUWW	L984 T709 M866 BAVOK	NM 370 370 LAM
DOMAL 1210 270	270	DOBEN 1216 270 B 150	VOLARE VLE8369 A3616 A320/M N453 LIMC LKPR	Z39 DOBEN	WL 330 100 *A*

Abb. 4 Beispiel für in der Flugsicherung verwendete Flight Strips
(<http://forum.ivao.aero/index.php/topic,31628.0/all.html>, 24.04.2010)

2. Belastung, Beanspruchung und Workload

Da in der deutschsprachigen einschlägigen Literatur dezidiert zwischen Belastung und Beanspruchung differenziert wird, sich im englischsprachigen Raum dahingehend jedoch nur der Begriff „Workload“ findet, sei, um eine Vermischung der Begriffe und in Folge dessen eine allzu große Verwirrung zu vermeiden, auch in den nachfolgenden Kapiteln zwischen diesen drei Wortbedeutungen unterschieden. Am Ende dieses Kapitels findet sich eine Zusammenfassung der wichtigsten Annahmen zu allen drei Begriffen.

Die bis hierhin dargestellten Aufgaben, Anforderungen und Schwierigkeiten, denen ein Flugverkehrsleiter/eine Flugverkehrsleiterin bei der Ausübung seiner/ihrer Tätigkeit gewachsen sein muss, lässt auf eine, im Vergleich zu „herkömmlichen“ Berufen, erhöhte Belastung und Beanspruchung körperlicher vor allem aber psychischer Natur schließen. In einer Berufsgruppe, an die nun dermaßen hohe Anforderungen gestellt werden (vgl. Kapitel 1.1) und die in ihrer täglichen Berufsausübung ein derartiges Maß an Verantwortung trägt,

ist es von besonderem Interesse, die Auswirkungen einer großen Arbeitsbelastung auf die jeweilige Arbeitsleistung zu untersuchen, nicht zuletzt deswegen, weil ein Fehlverhalten durch übermäßige Belastung in diesem Berufsfeld dramatische Folgen nach sich ziehen könnte. Hagemann (2000) meint dazu, dass in der Flugverkehrsleitung im Gegensatz zu anderen Berufen keine Fehler geduldet werden können, gleichzeitig jedoch die bereits mehrmals erwähnten obersten Prioritäten Sicherheit und Pünktlichkeit im weitesten Sinn keine steigerbaren Leistungen darstellen, es also „keine Leistungen über dem Soll“ geben kann. Es existieren lediglich Faktoren, die die Erreichung dieser Sollziele gefährden und Fehler entstehen lassen, indem sie zu einem Anstieg der empfundenen Arbeitsbelastung führen.

Zunächst soll nun allerdings näher auf die wissenschaftliche Sichtweise der miteinander verwandten Begriffe Belastung, Beanspruchung und Workload generell und im Zusammenhang mit Flugsicherung eingegangen werden.

2.1 Begriffsklärung Belastung und Beanspruchung

In der Literatur finden sich zu den Begriffen Belastung und Beanspruchung keine allgemein anerkannten Definitionen, daher seien zur Verdeutlichung des Sachverhaltes einige von ihnen herausgegriffen: Wieland-Eckelmann definiert Belastungen bezogen auf den beruflichen Kontext als „alle von außen auf den Menschen einwirkenden (objektiven) Faktoren [...], die vom Arbeitenden Engagement erfordern“ (Wieland-Eckelmann, 1992, S. 27). Von dieser relativ universal formulierten Definition sei direkt zum Begriff der „Psychischen Beanspruchung“ übergeleitet. Darunter verstehen Rohmert und Rutenfranz Folgendes:

Psychische Beanspruchung wird verstanden als die individuelle, zeitliche unmittelbare und nicht langfristige Auswirkung der psychischen Belastung im Menschen in Abhängigkeit von seinen individuellen Voraussetzungen. (Rohmert & Rutenfranz, 1975, zit. n. Hagemann, 2000, S. 21)

Aus obiger Aussage geht bereits hervor, dass die beiden Größen Belastung und Beanspruchung nicht getrennt voneinander betrachtet werden können sondern zueinander in Beziehung stehen. Noch deutlicher zeigt sich dieser Sachverhalt in folgendem Zitat von Wieland-Eckelmann (1992): Er schreibt dezidiert:

Beanspruchungen werden durch Belastungen ausgelöst. Sie beziehen sich auf die im Menschen auftretenden Änderungen seiner Organfunktion, seiner psychischen Leistungsfunktionen und seiner Befindenszustände, die bei der Ausführung von Arbeitstätigkeiten zu beobachten sind. (Wieland-Eckelmann, 1992, S. 27)

Zusätzlich zu Belastung und Beanspruchung unterscheidet Wieland-Eckelmann (1992) die so genannten Beanspruchungsfolgen. Dazu meint er:

Beanspruchungsfolgen stellen das Endglied im Belastungs-Beanspruchungsprozess dar. Als Folge der Inanspruchnahme psychischer Leistungsvoraussetzungen werden dabei betrachtet: a) das Arbeitsergebnis oder die Leistung und b) die kurz-, mittel- und langfristigen Wirkungen, die sich in Form von Veränderungen der körperlichen und geistigen Leistungsfähigkeit und der energetischen emotionalen und motivationalen Befindlichkeit zeigt. (Wieland-Eckelmann, 1992, S. 27)

Wieland-Eckelmann betrachtet Beanspruchung also als Folge von Belastung und Beanspruchungsfolgen als Ergebnis von Beanspruchung. Bezogen auf die Fluglotsentätigkeit, könnten demnach sowohl Eigenschaften des Flugverkehrs, wie beispielsweise die Anzahl der zu kontrollierenden Flugzeuge oder herrschende Wetterverhältnisse, als auch Charakteristika des Arbeitsplatzes selbst, wie etwa der Einfluss von Lärm oder Licht, Belastungen darstellen, die in Beanspruchung psychischer und physischer Natur münden. Wieland-Eckelmann (1992) spricht außerdem davon, dass sich Beanspruchungsfolgen sowohl in der gezeigten Arbeitsleistung als auch in körperlicher und geistiger Leistungsfähigkeit bemerkbar machen. Übertragen auf die berufliche Tätigkeit der Fluglotsen könnte angenommen werden, dass sich diese Beanspruchungsfolgen in Aufmerksamkeits- oder Handlungsfehlern äußern.

2.2 Allgemeine Belastungs- und Beanspruchungsmodelle

Die Abbildungen 5 und 6 sollen zunächst den Zusammenhang zwischen Belastung und Beanspruchung bildlich verdeutlichen.

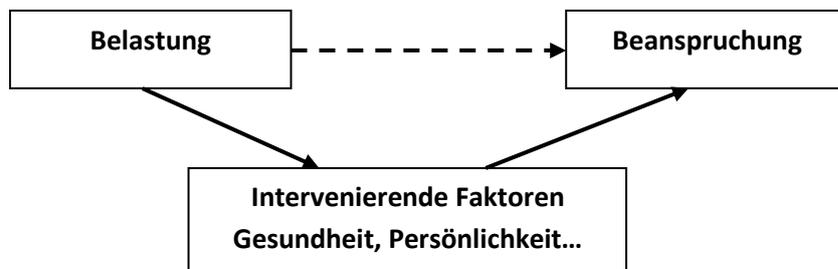


Abb. 5 Belastungs- und Beanspruchungskonzept nach Rutenfranz (Hagemann, 2001, S. 28)

Abb. 5 bedarf nur wenig Erklärung: Rutenfranz (1981, zit. n. Hagemann, 2000) meint, dass die individuellen Eigenschaften einer Person sowie ihre momentane Befindlichkeit die Art und Weise, in der Belastungen auf sie einwirken, moderieren. Die Grafik ist daher im Wesentlichen eine Verbildlichung der in Kapitel 2.1 genannten Definition von psychischer Beanspruchung.

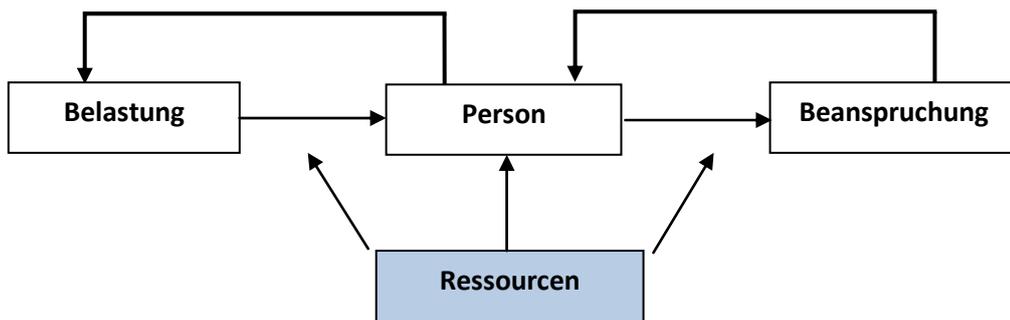


Abb.6 Transaktionales Konzept zur Beziehung zwischen Beanspruchung und Belastung in Anlehnung an das Transaktionale Modell nach Lazarus (Hagemann, 2001, S. 30)

Hagemanns (2000) Modell beinhaltet ebenfalls moderierende Persönlichkeitseigenschaften, hier ist allerdings konkret von Ressourcen einer Person die Rede, die einen Einfluss auf die

Wirkungsweise der Stressoren auf die daraus entstehende Beanspruchung haben, wobei sich die Faktoren Belastung, Person und Beanspruchung wiederum wechselseitig beeinflussen.

In beiden Modellen wird deutlich, dass die Belastungsfaktoren nicht ungefiltert auf den ihnen ausgesetzten Menschen einwirken, sondern Persönlichkeitseigenschaften oder Ressourcen der jeweiligen Person ebenfalls eine Rolle bei der nachfolgenden Entwicklung spielen. Als Ressourcen oder Kapazitäten versteht man genauer „ein Vermögen, ein Potential [...], das dann ausgeschöpft ist, wenn die Beanspruchung maximal ist“ (Wieland-Eckelmann, 1992, S. 108). In der Literatur finden sich dazu eine Reihe von so genannten Ressourcentheorien, wie beispielsweise die „Performance-Resource Function“ von Norman & Bobrow (1975, zitiert nach Wieland-Eckelmann, 1992) oder die „Multiple-Resource Theory“ (z. Bsp. Navon & Gopher, 1979, zit. n. Wieland-Eckelmann, 1992), die „die Existenz verschiedener, unabhängig voneinander organisierter Leistungsfunktionen postuliert“ (Wieland-Eckelmann, 1992, S. 126). Da die Erläuterung dieser Theorien jedoch in diesem Rahmen zu weit führen würden, sei der interessierte Leser auf Kapitel 4 des Buches „Kognition, Emotion und psychische Beanspruchung“ von Rainer Wieland-Eckelmann (1992) verwiesen, in dem die erwähnten Theorien und Modelle näher erörtert werden.

2.2.1 Das allgemeine Adaptionssyndrom von Selye

Der Physiologe Hans Selye ist der Meinung, dass die Reaktionen des Menschen auf Belastungsfaktoren einem zeitlichen Verlauf unterworfen sind und zeigt in seiner Theorie auf, wie der Organismus auf einen auftretenden Stressor reagiert (Hagemann, 2000). In seinem allgemeinen Adaptionssyndrom¹⁴ stellt Selye den genauen Ablauf der Phasen dar:

1. **Die Alarmphase:** Der mit einem plötzliche auftretenden Stressor konfrontierte Organismus reagiert zunächst alarmiert. Diese so genannte Alarmphase ist nach Selye (1946, zit. n. Hagemann, 2000) - wie auch aus Abb. 7 ersichtlich – in zwei weitere Phasen unterteilt. In der ersten Subphase, der Schockphase, ist der Organismus unfähig sich anzupassen, verhält sich passiv und ist im ersten Moment nicht fähig sich gegen den Stressor zu wehren. Diese Phase wird abgelöst durch die

¹⁴ Die Verwendung des Begriffes „Syndrom“ ist nach Stokes & Kite (2001) in diesem Zusammenhang unangebracht, da er ihnen zufolge eher für eine medizinische Pathologie stehe und die allgemeine Gültigkeit des Modelles daher eingeschränkt würde.

Gegenschockphase, eine Phase des beginnenden Widerstandes gegen den Stressor, die die eigentliche Widerstandsphase einleitet.

- 2. Der Widerstand:** Der Organismus versucht sich bei weiter andauernder Einwirkung des Stressors an die neue Situation anzupassen und schüttet vermehrt Kortisol, Aldosterol und Adrenalin aus, was eine Erhöhung der Herzschlagrate und einen Anstieg des Blutdrucks zur Folge hat (Selye 1946, zit. n. Hagemann, 2000). Gleichzeitig wird die Atmung beschleunigt, die Durchblutung des Magen-Darm-Traktes erhöht sowie der Muskeltonus verstärkt. Der Körper baut vermehrt Protein ab, um genügend Energie für den Widerstand bereitstellen zu können. Am Ende der Phase hat sich der Organismus an den Stressor angepasst (adaptiert), es folgt ein allmähliches Abklingen der physiologischen Reaktionen.
- 3. Die Erschöpfung:** Schließlich kann der Organismus den Belastungen durch den Stressor nicht länger trotzen und es beginnt die Erschöpfungsphase, die in einem „Kollaps des Anpassungsmechanismus“ (Hagemann, 2000, S. 27) mündet. Abb. 7 soll die geschilderten Vorgänge bildhaft verdeutlichen.

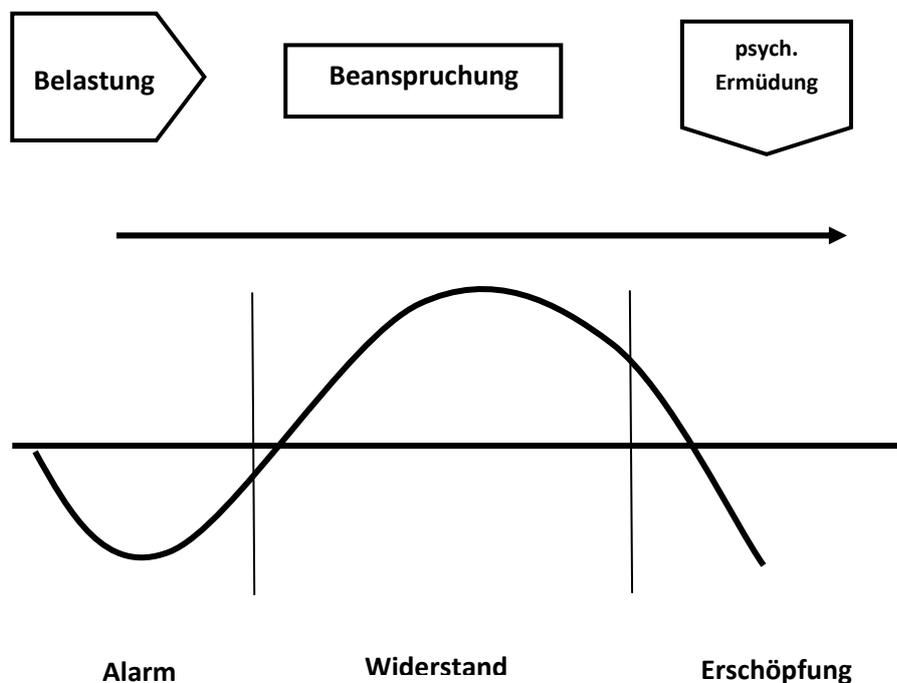


Abb.7 Das allgemeine Adaptionmodell nach Selye (Hagemann, 2000, S. 27)

2.2.1.1 Das AAS übertragen auf die Fluglotsentätigkeit

Obwohl das vorliegende Modell die Belastung durch Stress von einem physiologischen Blickwinkel aus zu erklären versucht, leistet es dennoch oder gerade deswegen einen wertvollen Beitrag für die nähere Betrachtung der Vorgänge aus psychologischer Sicht. Geht man davon aus, dass die dargestellten Abläufe in massiven Stresssituationen in dieser Form vor sich gehen, stellt sich die Frage, wie sich diese physiologischen Reaktionen auf der kognitiven Leistungsebene zeigen. Bezogen auf die Arbeit des Air Traffic Controllers könnte das Adaptionsmodell eine Erklärung für ein vermutlich nicht nur auf diese Tätigkeit beschränktes, jedoch gerade hier bedeutsames Phänomen, liefern: Untersuchungen haben gezeigt, dass in der Flugsicherung sowohl in Zeiten von geringer als auch massiver Belastung die meisten Operationsfehler passieren (Wickens, Mavor & McGee, 1997). Verantwortlich dafür zeichnet nach Scerbo (2001) vor allem die entstehende Langeweile bei der Ausführung monotoner Vigilanzaufgaben, die sich negativ auf die empfundene Arbeitsbelastung auswirkt und dadurch paradoxerweise zu einem höheren Stressempfinden führt. Geht man davon aus, dass sich der Organismus zunächst an die auftretenden Belastungsfaktoren anpassen muss, so ist er in Phasen mit nur wenig Verkehr auf einen geringen Grad an Belastung eingestellt. Tritt nun plötzlich eine massive Stresssituation auf, die schnelles Handeln erfordert, so reagiert der Organismus in der Alarmphase im ersten Moment mit Passivität und Handlungsunfähigkeit und in einer weiteren Phase mit Widerstand, der von erhöhten physiologischen Werten begleitet wird. Die Ergebnisse von Vogt, Hagemann & Kastner (2006) sprechen für diese Annahme: Sie fanden heraus, dass gerade bei Schichtwechsel, also am Beginn der Überwachungstätigkeit, die physiologischen Reaktionen der getesteten Fluglotsen extrem hoch ausfielen. Diese Reaktion klang nach ein paar Minuten wieder ab, was nach Selye (1946) eine Adaption an die Stresssituation darstellen würde. Genau in dieser Phase, in der sich der Organismus zunächst an die neue Situation anpassen muss, könnte es aufgrund mangelnder kognitiver Leistungsfähigkeit zu Fehlern kommen. In der gegenteiligen Situation von massiver Verkehrsbelastung käme es dem allgemeinen Adaptionsmodell zufolge schließlich zu einer Erschöpfung, was ebenfalls die Begünstigung von kognitiven Fehlern vermuten lässt. Wie viel Zeit diese Anpassungsreaktionen genau benötigen und wie intensiv sie ausfallen, könnte wiederum – bezieht man die in Kapitel 2.2

erläuterten Ansichten zur Entstehung von Beanspruchung mit ein – von den Persönlichkeitseigenschaften bzw. Ressourcen der jeweiligen Person abhängen.

2.2.2 Die Beanspruchungshandlungsanalyse

Die so genannte Beanspruchungshandlungsanalyse von Kastner stellt eine Weiterentwicklung des transaktionalen Ansatzes so wie handlungstheoretischer Modelle dar und weitet diese auf mehrere Lebensbereiche aus (Hagemann, 2000). Nach Kastner (1994) findet Handeln in unterschiedlichen **Handlungsbereichen** statt. Handlungsbereiche bilden dabei beispielsweise die Familie, die Arbeit oder, bezogen auf die Arbeit der Flugverkehrsleiter, verschiedene Arbeitsumfelder, wie das Arbeiten vor dem Radarschirm oder im Tower. In diesen Handlungsbereichen findet, so Kastner, unterschiedliches **Handlungsgeschehen** statt, das wiederum aus verschiedenen **Einzelhandlungen** besteht. Jede dieser Einzelhandlungen hat entweder die Anpassung an oder die Bewältigung von subjektiv wahrgenommenen Anforderungen zum Ziel. Am Beginn jeder Einzelhandlung steht eine Situation, wie etwa ein physikalisch messbarer Reiz, die von der Person wahrgenommen und in weiterer Folge bewertet wird. Die Bewertung erfolgt dabei in Form einer Einschätzung der subjektiv wahrgenommenen Anforderungen durch die Situation sowie der eigenen Bewältigungsstrategien. Schätzt die betreffende Person nun ihre eigenen Fähigkeiten als hoch und die Anforderungen der Situation als niedrig ein, entsteht daraus ein hohes Maß an Sicherheit, die Situation zu meistern. Aus dem umgekehrten Fall hingegen resultieren Unsicherheit und in Folge dessen Angst und Stress. Dieser Diagnosephase folgen eine Auswahl an Handlungsalternativen und schließlich die Handlung selbst, die nun ihrerseits wieder zu einer Wahrnehmung und Bewertung der aus ihr entstandenen neuen Situation führt, die entweder gemeistert wurde, dann wäre die Beanspruchungshandlung beendet, oder neue Handlungsalternativen verlangt. Es besteht nach Kastner jedoch auch die Möglichkeit „aus dem Feld“ zu gehen. Die schlechteste aller Handlungsalternativen wäre die des Aufgebens, des „Geschehenlassens“ ohne weiteres Eingreifen, was im Falle eines drohenden Konfliktes im Flugverkehr gravierende Folgen nach sich ziehen würde. Eine wesentliche Variable, die zwischen den einzelnen Abläufen vermittelt, ist nach Kastner die Automatisierung. Sie bestimmt, „inwieweit die jeweilige Aktion nach unten delegiert werden muss“ (Kastner, 1994, S. 190). Neben der Automatisierung der einzelnen Handlungsabläufe nennt Kastner außerdem die Kontrolle, Einstellungen und Attributionen,

Wahrnehmungsverzerrungen, Soziale Unterstützung, das Denken sowie den Umgang mit Emotionen als wesentliche Punkte. Abb. 8 bietet einen Überblick über die erläuterten Vorgänge.

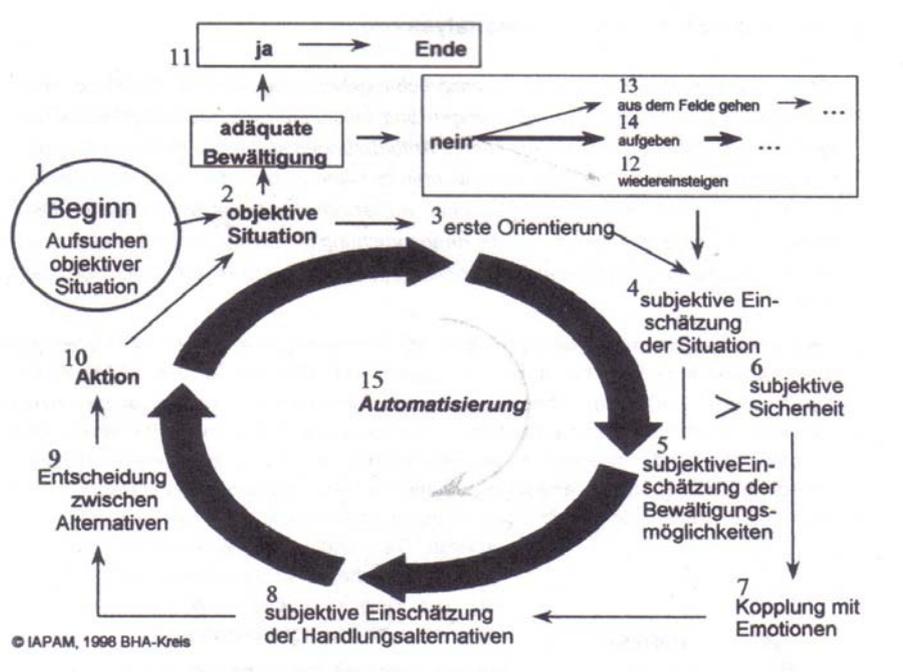


Abb. 8: Die Beanspruchungshandlungsanalyse von Kastner (Hagemann, 2000, S. 34)

2.2.2.1 Die BHA übertragen auf die Flugsicherungs-tätigkeit

Das Modell von Kastner lässt sich optimal auf die Überwachung und Koordination des Flugverkehrs übertragen. So wird beispielsweise die Zeit zwischen dem Erkennen eines Konfliktes – nach Kastner (1994) die Wahrnehmung und Bewertung einer Situation am Beginn einer Handlung – und dem tatsächlichen Handeln – dem Beenden der Beanspruchungshandlung – als „maturing time“ bezeichnet (Averty et.al, 2004). Auch die von Kastner (1994) „aus dem Feld gehen“ genannte Möglichkeit des Handlungsabbruches findet sich in der Flugsicherung. Hier besteht die Option, sich von einem Kollegen ablösen zu lassen (Hagemann, 2000). Auch ein hoher Automatisierungsgrad, bedingt durch die Arbeitserfahrung, kann in der Flugsicherung angenommen werden.

Hagemann (2000) hat Kastners Modell an das Arbeitsfeld der Flugsicherung adaptiert und ergänzt es durch die Annahme der **Fehlbeanspruchung**, die ihm zufolge durch eine zu lange

andauernde, zu hohe oder zu niedrige Beanspruchung¹⁵ ausgelöst wird. Diese Fehlbeanspruchung führt in weiterer Folge zum Verbrauch physischer und psychischer Ressourcen und wirkt sich negativ auf das Leistungsvermögen der jeweiligen Person aus.

2.3 Begriffsklärung Workload

Grundsätzlich lässt sich zwischen „Physical“ und „Mental Workload“ unterscheiden, wobei mit erstgenanntem Begriff die körperlichen Reaktionen auf einwirkende Stressoren gemeint ist, während „Mental Workload“ sich auf die psychische Ebene bezieht (vergleiche dazu „Beanspruchungsfolgen“ in Kapitel 2.1) (DiDomenico & Nussbaum, 2008). Wie sich Workload in Form von physischen Reaktionen bemerkbar macht wird in Kapitel 2.3.1.1 näher beschrieben. Hauptaugenmerk der vorliegenden Arbeit soll jedoch auf mental Workload gelegt werden, daher ist in folgenden Absätzen, wenn von „Workload“ die Rede ist, mental Workload gemeint.

Workload bedeutet übersetzt „Arbeitsbelastung“ (<http://dict.leo.org>, 01.04.2010). Dennoch unterscheidet das Konzept von Workload oder auch Mental Workload nicht eindeutig zwischen Belastung und Beanspruchung sondern beinhaltet vielmehr beide Begriffe (Wieland-Eckelmann, 1992).

Hart & Wickens (1990, zit. n. Loft et al., 2007) verstehen unter Workload: „[...] the general term to describe the mental cost of accomplishing task requirements“, und sie meinen weiter: „Workload varies as a function of task demands placed on the human operator in the capacity of the operator to meet those demands“.

An der Entstehung von Workload oder auch psychischer und physischer Beanspruchung sind immer mehrere Parameter beteiligt. Averty et al. (2004) unterscheiden – ähnlich wie die in Kapitel 2.2 angeführten Beanspruchungs- und Belastungsmodelle – zwischen objektiven und subjektiven am zugrundeliegenden Prozess beteiligten Faktoren. Als objektive Faktoren

¹⁵ Wie bereits in Kapitel 2.2.1.1 erwähnt kann es Untersuchungen zufolge vor allem auch in Zeiten von wenig Flugverkehr zu Fehlern in der Flugsicherheit kommen (Wickens, Mavor & McGee 1997). Begründet wird dies mit auftretender Langeweile dadurch bedingter geringer Alarmbereitschaft und infolge dessen Schwierigkeiten beim Abwickeln von Situationen, die schnelles Handeln erfordern. (Wickens, Mavor & McGee 1997; Scerbo, 2001).

bezeichnet werden dabei äußere Einflüsse, die die empfundene Beanspruchung beeinflussen, hinzu kommen jedoch auch subjektive, der Person zugrunde liegende Eigenschaften, die aber wie beispielsweise das aktuelle Stressniveau, nicht beständig vorhanden sein müssen. Hendy, Liao & Milgram (1997) fügen außerdem noch eine Zeitkomponente hinzu. Ihnen zufolge sind an der Entstehung von Workload die Intensität und Komplexität der Aufgabe, psychophysiologische Zustandsfaktoren der Person sowie die Zeit beteiligt. Der Zeitfaktor könnte dabei wiederum als dynamische Komponente interpretiert werden.

2.3.1 Workloadmodelle in der Flugsicherung

Gerade im Bereich der Flugsicherung finden sich eine Reihe von Untersuchungen zu den auslösenden Faktoren für Workload (in den folgenden Absätzen vereinfacht auch „Controller Workload“ genannt) und dessen Folgen. Abb. 9 soll die dabei erforschten Wirkungsmechanismen grafisch erläutern.

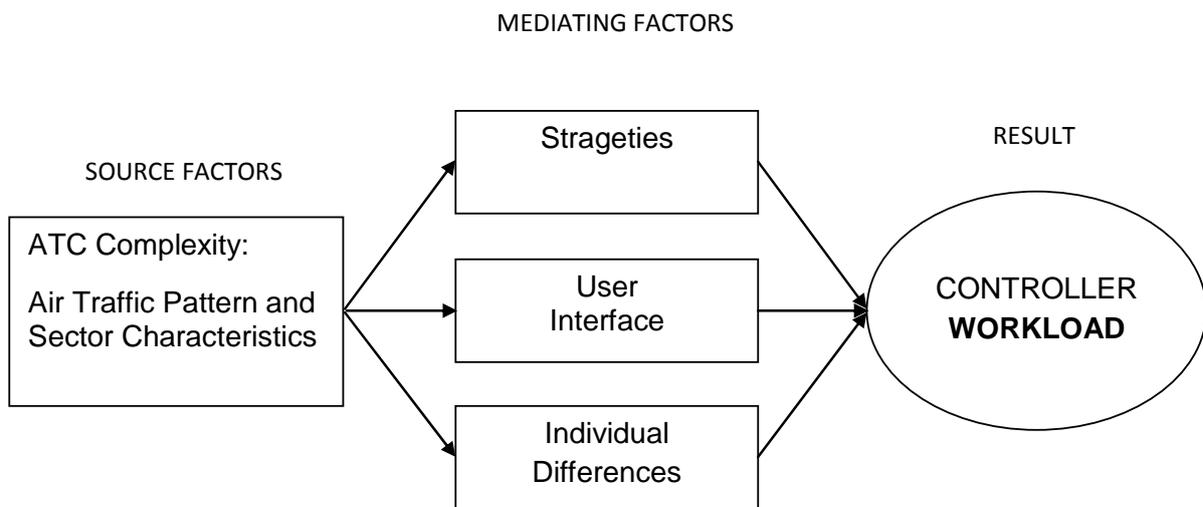


Abb.9 Einflussgrößen auf den Controller Workload (Rodgers, Mogford & Mogford, 1998, S. 24)

Der aufmerksame Leser wird vermutlich bemerkt haben, dass Abb. 9 große Ähnlichkeiten zu den in Kapitel... vorgestellten Belastungs- und Beanspruchungsmodellen aufweist. Als Beanspruchungsfaktoren lassen sich in diesem Modell die Komplexitätsfaktoren, Flugverkehr- und Sektoreigenschaften identifizieren während am anderen Ende der Grafik „Controller Workload“ auch als Beanspruchung bezeichnet werden kann. Aus den eingangs

genannten Gründen, soll jedoch der Unterteilung zwischen Belastungs- und Beanspruchungsmodellen auf der einen und Workload-Modellen auf der anderen Seite treu geblieben werden. Wie aus Abb. 9 ebenfalls ersichtlich, wird angenommen, dass bezogen auf die Anforderungen bei der Luftfahrtkontrolle außer den Eigenschaften des Flugverkehrs gekoppelt mit Persönlichkeitseigenschaften des Controllers zusätzlich andere Faktoren an der Entstehung von Workload beteiligt sind (Hilburn & Jorna, 2001). Diese werden in Abb. 9 beispielsweise „User Interface“ genannt und beinhalten nach Hilburn und Jorna (2001) etwa die Eigenschaften des Radardisplays und des Dateneingabesystems. Cummings & Tsonis (2006) fanden zum Beispiel heraus, dass eine zu große Anzahl an Farbkategorien des Displays den Workload der Fluglotsen steigert, weiter Untersuchungen zu dieser Kategorie von Schwierigkeitsfaktoren finden sich in der einschlägigen Literatur jedoch nur spärlich.

Wie die Belastungs- und Beanspruchungsfaktoren sind auch die in Abb. 9 dargestellten Faktoren so eng miteinander verknüpft, dass sie kaum gesondert voneinander betrachtet werden können. Auch ist das Phänomen Workload als solches kein direkt beobachtbares Konstrukt, sondern bedingt wiederum andere Faktoren, deren quantitative Ausprägungen Workload indirekt messbar machen. Stein (1992) versuchte beispielsweise, Controller Workload anhand der Kommunikationszeit und Nachrichtenlänge der Flugverkehrsleiter zu ermitteln. Eine andere Möglichkeit wäre die Quantifizierung mittels unterschiedlicher physiologischer Funktionen.

2.3.1.1 Workload in der Flugsicherung als physiologische Funktion (physical workload)

In der Vergangenheit wurde oftmals versucht, Workload mittels unterschiedlicher physiologischer Funktionen, wie Herzfrequenz, Blutdruck, Lidschlagrate und dem Gehalt von Stresshormonen im Blut, sichtbar zu machen. (für eine Übersicht über die wichtigsten Studien dazu, siehe Vogt, Hagemann & Kastner, 2006, S. 299). Vogt, Hagemann & Kastner (2006) versuchten die Auswirkung von vier unabhängigen Variablen¹⁶ auf die wichtigsten in der Literatur vorkommenden physiologischen Markervariablen (Herzschlagrate, Blutdruck,

¹⁶ Vogt, Hagemann & Kastner verwenden in ihrer Untersuchung die unabhängigen Variablen „Anzahl der Flugzeuge im Sektor“, „Anzahl potentieller Konflikte“, „Prozentanteil an Vertikalbewegungen“ sowie „Häufigkeit von Pilotenfehlern“, die wiederum in jeweils zwei Abstufungen unterteilt wurden: 12 vs. 6 Flugzeuge unter Kontrolle, 6 vs. 2 potentielle Konflikte, 66% vs. 33% der Bewegungen erfolgen vertikal, 2 vs. 0 Pilotenfehler.

Atemfrequenz etc.) zu erheben und konnten dabei hohes Verkehrsaufkommen als stärksten Auslöser für physiologisch messbare Arbeitsbeanspruchung identifizieren. Die Untersuchung ergab außerdem, dass gerade bei der Arbeitsübernahme, also am Beginn der Überwachungstätigkeit, alle physiologischen Reaktionen extrem hoch ausfielen. Diese Ergebnisse würden für das in Kapitel 2.2.1 angeführte Allgemeine Adaptionsmodell von Selye sprechen. Sofern die von Vogt, Hagemann & Kastner gewonnenen Erkenntnisse auf die Allgemeinheit übertragbar sind, sollten daher in der Flugsicherung gerade bei Schichtwechsel erhöhte Vorsichtsmaßnahmen ergriffen werden.

Die meisten Untersuchungen rund um das Thema Workload in der Flugsicherung konzentrieren sich lediglich auf eine Facette dieses Phänomens. Hier wird wiederum in den meisten Fällen die psychische Komponente mittels subjektiver Einschätzungen oder Verhaltensmessungen erhoben. Eine gesonderte Betrachtung der psychischen und physischen Komponente von Workload kann jedoch laut Hilburn & Jorna (2001) auf Dauer nicht zielführend sein, da angenommen werden kann, dass psychische und physische Faktoren einander wechselseitig beeinflussen.

2.4 Zusammenfassung: Belastung, Beanspruchung, Workload

Zusammenfassend kann gesagt werden, dass die Grenzen der einzelnen Begrifflichkeiten nicht eindeutig zu ziehen sind. So scheinen Belastung und Beanspruchung in der Literatur oftmals synonym gebräuchlich, und auch ist in englischsprachigen Berichten der Begriff Workload, der ins Deutsche übersetzt eigentlich Arbeitsbelastung bedeutet, meist am besten mit Beanspruchung zu übersetzen, während er in anderen eine weiter gefasste Bedeutung zu haben scheint. Aus den vorgestellten Belastungs-, Beanspruchungs- und Workloadmodellen geht jedoch hervor, dass allen von ihnen ein wesentlicher Punkt gemein ist: das Verständnis eines Zusammenspiels *externen Faktoren* einerseits und *Persönlichkeitsvariablen* andererseits, wie etwa ihm zur Verfügung stehenden persönlichen Ressourcen und Strategien. Diese Persönlichkeitsfaktoren wurden bereits in der von Chetcuti und Heese (2009) durchgeführten Metaanalyse als moderierende Variable identifiziert (siehe Kapitel 1.1) und finden sich im Großteil der dargestellten Modelle wieder.

3. Schwierigkeits- und Komplexitätsfaktoren in der Flugsicherung

Eine von Zeier im Jahr 1994 durchgeführte Untersuchung gibt Anlass zur Sorge. Er fand heraus, dass 10-15% der 205 von ihm mittels Fragebogen und Arbeitsbeobachtung untersuchten Flugverkehrsleiter erhöhte Werte in Bezug auf psychische Stress- und Beanspruchungssymptome aufwiesen und betrachtete dieses Ergebnis als ernstzunehmendes Problem. Bedenkt man, dass der Flugverkehr – unabhängig von der derzeit herrschenden Wirtschaftskrise – in den letzten Jahren um ein Vielfaches zugenommen hat (vgl. Hagemann, 2000), so darf proportional dazu auch ein Anstieg der Arbeitsbelastung und -beanspruchung der für die Überwachung des Luftraumes zuständigen Personen vermutet werden. In den vorhergehenden Kapiteln wurde versucht, einen Überblick über die allgemeinen Modelle der Beanspruchung und Belastung des Menschen zu geben. Doch welche Faktoren sind es nun konkret, die die subjektiv wahrgenommene und schlussendlich zu Fehlleistungen führende Beanspruchung von Air Traffic Controllern bedingen?

Nach Hagemann (2000) stellt bereits die subjektiv empfundene Verantwortung bei der Ausübung des Berufes Fluglotse als solche einen Belastungsfaktor dar. Versucht man die Belastungsfaktoren bei der Überwachung und Koordination des Flugverkehrs detaillierter zu benennen, so stößt man dabei auf Untersuchungen, die bereits in den 1970er Jahren durchgeführt wurden. Laut Kimbelton (1970, zit. n. Hagemann 2000) zählen beispielsweise die Anzahl der zu überwachenden Flugzeuge, die Anzahl der Konflikte sowie die Dichte des Funkverkehrs zu den wesentlichen Parametern der Arbeitsbelastung von Flugverkehrsleitern. Reiche, Kirchner & Laurig (1971, zit. n. Hagemann, 2000) fanden heraus, dass der Informationsgehalt des Funkverkehrs einen Einfluss auf die erlebte Arbeitsbelastung hat. Ebenfalls für die vorliegende Arbeit relevant ist die Untersuchung von Hurst & Rose aus dem Jahr 1978. Sie unterscheiden zwischen Belastungsfaktoren bei der Radarüberwachung und bei der Koordination und Planung, wobei laut ihren Ergebnissen die Art des Sektors und die Anzahl der zu überwachenden Flugzeuge die größten Einflussfaktoren für die Beanspruchung bei der Überwachungstätigkeit darstellte, während bei der Planung und Koordination die Dauer der Radiokommunikation, also des Funkverkehrs, eine wesentliche Rolle spielte. Eine von Grossberg (1989, zit. n. Mogford et

al.) durchgeführte Befragung von 97 Air Traffic Controllern ergab als häufigste Schwierigkeitsfaktoren in der Flugsicherung unter Anderem die Anzahl an steigenden und sinkenden Flugzeugen (vgl. die unterschiedlichen Österreichischen Kontrollsektoren und ihre Eigenschaften in Kapitel 1.3.3.1), die Zusammensetzung des Flugverkehrs aus unterschiedlichen Flugzeugtypen (traffic mix) sowie die Anzahl an schweren Flugzeugen, also solche, die infolge ihres Gewichtes nur schwer an Höhe gewinnen können.

3.1 Begriffsklärung Komplexität

Diese im Zusammenhang mit der Überwachung und Kontrolle des Flugverkehrs stehenden Schwierigkeitsfaktoren werden in der einschlägigen wissenschaftlichen Literatur im Allgemeinen als Komplexitätsfaktoren bezeichnet. Das Wort „komplex“ beschreibt dabei die Vorgänge im Luftraum einerseits sehr treffend und ist andererseits dennoch zu schwammig, um eine genaue Vorstellung davon zu bekommen, was genau Komplexität ausmacht. Eine genaue Definition des Wortes Komplexität – gerade im Bezug auf Flugverkehrskontrolle – findet sich in der Literatur nicht. Einen Versuch einer begrifflichen Definition machen allerdings beispielsweise Kirwan, Scaife & Kennedy (2001, S. 126): Sie sehen Komplexität als „interaction between the environment (air traffic) and the agent (the controller).“ Des Weiteren meinen sie: „It implies tasks that are ‚involved‘ or ‚sophisticated‘, requiring higher levels of concentrations and more mental resources than ‚normal‘ or ‚routine‘ tasks.“ Eine noch prägnantere Beschreibung von dem, was Komplexität ausmacht, findet sich schließlich bei Kastner (1994)

Komplexität als Eigenschaft eines Systems beinhaltet die Facetten „Anzahl der Element“, „Vielfalt der Elemente“, „Vernetzungsgrad der Elemente“, „Interdependenz und Dynamik des Geschehens“. (Kastner, 1994, S. 114)

Die nach Kastner (1994) an der Entstehung von Komplexität beteiligten Komponenten lassen sich optimal auf die Bedingungen im Flugverkehr übertragen. Die „Anzahl der Elemente“ wären demnach die Anzahl der vorhandenen Flugzeuge, wie sie beispielsweise in der bereits weiter oben erwähnten Studie von Kimbelton als unabhängige Variable zu finden ist. Mit der Vielfalt der Elemente, ist nach Kastner (1994) die qualitative Zusammensetzung der

Elemente gemeint. Bezogen auf den Flugverkehr wäre dies die Zusammensetzung an unterschiedlichen Flugzeugtypen mit ihren unterschiedlichen Steig-, Wende- und Beschleunigungseigenschaften, die bereits von Grossberg (1989) als Komplexitätsfaktor genannt wurde. Vernetzung meint, dass die Elemente, also in diesem Fall die Flugzeuge im Laufraum, „funktional zusammenhängen“ (Kastner, 1994, S. 117). Je mehr Elemente in einem System zusammenhängen, desto komplexer ist dieses System. Der letzte nach Kastner (1994) Komplexität bedingende Faktor ist die bereits erwähnte Dynamik. Die Vernetzung der Elemente führt dazu, dass sich diese gegenseitig beeinflussen, ein Phänomen, das, übertragen auf die Eigenschaften des Flugverkehrs, bereits in Kapitel 1.2 ausführlich dargelegt wurde.

Zusammenfassend, lässt sich Komplexität also als schwer zu fassender Begriff beschreiben. In den folgenden Absätzen soll daher die praktische Relevanz der bisherigen Feststellungen bezogen auf die Eigenschaften des Flugverkehrs dargestellt werden.

3.2 Statische und dynamische Komplexitätsfaktoren

Die zu Beginn des Kapitels erwähnten, in vergangenen Untersuchungen identifizierten Schwierigkeitsfaktoren weisen bei genauerer Betrachtung unterschiedliche Eigenschaften auf. Während beispielsweise die von Kimbelton (1970, zit. n. Hagemann, 2000) gefundene Anzahl an Flugzeugen und Konflikten, sowie die von Hurst und Rose (1978) entdeckte Dauer der Funkverkehrseinheiten als Einflussgröße auf die Belastung durchwegs veränderliche Faktoren darstellen, weist etwa die ebenfalls von Hurst und Rose als wesentlich ernannte Art des Sektors eher gleichbleibende Eigenschaften auf. Grossberg (1989, zit. n. Mogford et al., 1995) nennt diese grundlegend voneinander zu unterscheidenden Gegebenheiten *statische* und *dynamische Komplexitätsfaktoren*. Sridhar, Sheth & Grabbe (1998) bestätigen die von Grossberg vorgenommene Differenzierung, sie sprechen dabei von „*structural*“ und „*flow characteristics*“. Unter „*structural characteristics*“ sind ihnen zufolge alle räumlichen und physischen Eigenschaften des Sektors, wie seine Größe oder die Anzahl der in ihm vorhandenen Luftstraßen und Kreuzungen, zu verstehen. „*Flow characteristics*“ hingegen meint alle Faktoren, die zeitlichen Änderungen unterworfen sind, wie beispielsweise die

Anzahl der Flugzeuge, die Zusammensetzung des Verkehrs aus unterschiedlichen Flugzeugtypen (traffic mix), das Wetter oder der Abstand zwischen den Flugzeugen. Beide Faktoren zusammen, statische (structure characteristics) und dynamische (flow characteristics) beeinflussen zusammen die vom Fluglotsen wahrgenommene Arbeitsbelastung und können daher nicht getrennt voneinander betrachtet werden (Sridhar, Sheth & Grabbe, 1998).

3.3 Spezifische Komplexitätsfaktoren in der Flugsicherung

Die Literatur der Vergangenheit hat sich im Zusammenhang mit der Arbeitsbelastung und Arbeitsbeanspruchung von Flugverkehrsleitern zunächst hauptsächlich mit konventionellen Workload-Modellen beschäftigt, gefolgt von einer langen Phase, in der die Komplexitätsfaktoren in der Flugsicherung das Interesse der Forscher geweckt zu haben schienen (Vogt, Hagemann & Kastner, 2006). In der Literatur finden sich daher Komplexitätsfaktoren unterschiedlichster Art. Den bereits erwähnten Untersuchungen von Kimbelton und Kollegen aus den siebziger Jahren folgte eine Reihe weiterer Studien in den Neunzigern bis heute. So konnten beispielsweise Laudeman et al. (1998) in ihrer Untersuchung zu Dynamic Density (Näheres dazu ist in Kapitel 3.3.1 zu finden.) neben einigen anderen Faktoren die Anzahl der Flugzeuge, die einen Richtungs-, Höhen- oder Geschwindigkeitswechsel vornahmen, sowie den Abstand zwischen zwei Flugzeugen als wesentlich zum Workload der von ihnen untersuchten Fluglotsen beitragende Einflussgrößen identifizieren. Als Indikatorvariablen zur Messung von Workload dienten ihnen dabei unter Anderem die Anzahl der auftretenden Konflikte, die Häufigkeit der Readbackfehler und der verbalen Missverständnisse. Cummings & Tsonis (2006) differenzierten in ihrer Studie zwischen „environmental complexity“ und „display complexity“, wobei mit letztgenannter die Eigenschaften der Radardarstellung wie beispielsweise die Anzahl der Farbkategorien gemeint sind. Sie fanden heraus, dass die Komplexität des Flugverkehrs an sich zwar mehr Einfluss auf den Workload der Air Traffic Controller hatte als die Radarbildeigenschaften, dennoch hatte eine Erhöhung der

Farbkategorien auf über sechs wesentliche Auswirkungen auf das Auftreten von Operationsfehlern.

Für die vorliegende Untersuchung relevant sind die Ergebnisse von Rodgers, Mogford & Mogford (1998) und die darauf aufbauende Studie von Kirwan, Scaife & Kennedy (2001). Nach Rodgers et al. (1998) zählen neben weiteren Punkten die Anzahl der steigenden bzw. sinkenden Flugzeuge, der Grad an Traffic Mix, die Anzahl der im Sektor vorhandenen sich kreuzenden Luftwege, die Häufigkeit an Funkkontakten mit Anderen, sowie die Größe des kontrollierten Sektors und die Anzahl der darin vorhandenen für Überflüge gesperrte Zonen, zu den die Kontrolle erschwerenden Faktoren. Die Größe des Sektors spielt den Ergebnissen von Rodgers, Mogford & Mogford nach insofern eine Rolle, als in kleineren Sektoren eine tendenziell höhere Fehlerrate zu verzeichnen ist. Kirwan, Scaife & Kennedy versuchten 2001 die „Top 12 Complexity Factors“ in der Flugsicherung zu ermitteln und stießen dabei teilweise auf ähnliche Ergebnisse wie drei Jahre zuvor Rodgers und seine Kollegen. An oberster Stelle ihrer Rangreihung finden sich die Menge bzw. die Mengenzunahme des Flugverkehrs gefolgt von der Form des Sektors sowie in ihm vorhandene Luftstraßen und Kreuzungspunkte. Ebenfalls als wesentliche Komplexitätsfaktoren identifiziert wurden Kommunikations- und Koordinationsvorgänge, die Anzahl der Militärspektoren sowie Wetterbedingungen. Der interessierte Leser sei auf die detaillierte Darstellung der Ergebnisse von Kirwan, Scaife & Kennedy (2001, S. 135) in untenstehender Tabelle (Tabelle 1) verwiesen.

Tabelle 1 Die Top Complexity Factors in Air Traffic Control von Kirwan, Scaife & Kennedy (2001, S. 135)

Factor	Rank
1. Volume/flow/growth rate of traffic – including the effect of ‚bunching‘ of traffic at peak periods	1
2. Airspace design – including sector shape, number of levels in the sector, route structure and number of crossing points	2
3. Shared understanding – e.g. between adjacent sectors; between different ATM functions; etc.	3
4. Communications & co-ordinations – relating to time pressure on communications, both with radio telephony (controller-pilot) and other calls on „landlines“ e.g. between different ATM units	4
5. No soft option – lack of sufficient non-busy times to think and be proactive – related to so-called „over-loads“	4
6. Procedures – some procedures seen as overly complex or even clumsy, and difficulties in keeping up with a high rate of change of sector design	6
7. Presentations to sector – handing over aircraft from one controller/sector to another – sometimes this was done too early or too late, etc.	7
8. Human resources – relating to staffing issues	8
9. Non-standard flights – concerns with unusual traffic such as survey aircraft and training aircraft, for example	9
10. Aircraft performance – some areas have a large range of mix of aircraft performance capabilities, from „lows-and-slows“ to fast climbers	9
11. Military – largely relating to the unavailability of military danger areas for civil usage given the desire for increased civil capacity	10
12. Weather – e.g. turbulence, wind shear, thunderstorms, and weather interference for radio-telephony	10

Die Ergebnisse von Rodgers, Mogford & Mogford sowie Kirwan, Scaife & Kennedy sind insofern für die vorliegende Arbeit von Interesse, als im empirischen Abschnitt derselben teilweise ähnliche Komplexitätsfaktoren verwendet wurden. Näheres dazu ist im zweiten empirischen Abschnitt (Kapitel 7.4.2) nachzulesen. Ebenfalls hervorzuheben ist bei beiden Studien, dass sich in der Liste der am meisten zur Komplexität des Flugverkehrs beitragenden Faktoren auch die von Grossberg (1989, zit. n. Mogford et al., 1995) als statische und dynamische Faktoren bezeichneten bzw. bei Sridhar, Sheth & Grabbe (1998) structural und flow characteristics genannten Eigenschaften wiederfinden. So weisen beide Untersuchungen die statischen Gegebenheiten des Sektors an sich, als auch zeitlichen

Veränderungen unterworfenen Charakteristika wie die Größe der Verkehrsmenge oder Wetterverhältnisse als die Kontrolle erschwerende Komponenten aus.

3.3.1 Dynamic Density

Bereits mehrmals wurde die Besonderheit der Dynamik des Flugverkehrs hervorgehoben. Ein im Zusammenhang mit Komplexitätsfaktoren in der Luftfahrtkontrolle immer wieder genannter Begriff ist die „Dynamic Density“. Dynamic Density ist eigentlich ein von Emile Durkheim geprägter Begriff aus der Soziologie (Hamilton). Einfach übersetzt bedeutet Dynamic Density „dynamische Dichte“ und wird von Laudeman et al. (1998) – übertragen auf die Eigenschaften des Flugverkehrs – definiert als

[...]a proposed concept for a metric that includes both traffic density (a count of aircraft in a volume of airspace) and traffic complexity (a measure of the complexity of the air traffic in a volume of airspace). (Laudeman et al., 1998, S. 1)

Mit der Einführung des Begriffes im Zusammenhang mit Flugsicherung wurde versucht, von der bisher vorherrschenden Methode, Controller Workload nur mithilfe der bloßen Anzahl an zu kontrollierenden Flugzeugen vorherzusagen, wegzukommen und sich in Richtung eines komplexeren Ansatzes zu bewegen. Daher verbinden Laudeman, Shelden, Branstrom & Brasil (1998) die bloße Anzahl an Flugzeugen mit der Verkehrskomplexität, also der Anzahl an Flugzeugen, die eine Richtungs-, Höhen- oder Geschwindigkeitsänderung vornehmen.

3.4 Zusammenhang zwischen Komplexitätsfaktoren und Controller Workload

Abb. 9 (siehe Kapitel 2.3.1) ist zu entnehmen, dass Komplexitätsfaktoren und Arbeitsbelastung eng miteinander verbunden sind und daher kaum getrennt voneinander betrachtet werden können. Dieser Sachverhalt wird bereits dadurch deutlich, dass in der Vergangenheit, um unterschiedliche Ausprägungen von Workload in der Flugsicherung überhaupt als abhängige Variable messen zu können, immer wieder verschiedene Komplexitätsfaktoren als unabhängige Variablen gewählt wurden (siehe z. Bsp. Arad, 1964; Kimbelton, 1970; Hurst & Rose, 1978). In einer Reihe von Untersuchungen, wie

beispielsweise jene von Rodgers und seinen Kollegen (1998) sowie Kirwan, Scaife & Kennedy (2001), konnte der eindeutigen Zusammenhang zwischen Schwierigkeitsfaktoren im Flugverkehr und der empfundenen Arbeitsbelastung der Fluglotsen belegt werden.

3.4.1 Die Beziehung zwischen Komplexitätsfaktoren und Workload als linearer Zusammenhang

Trotz des eindeutig nachgewiesenen Zusammenhanges zwischen Komplexitätsfaktoren und Workload taucht in der einschlägigen Wissenschaft immer wieder die Meinung auf, dass eine zu einfach gefasste Betrachtung dieser Beziehung den eigentlich dahinterstehenden Mechanismen nicht gerecht wird, da, wie auch aus Abb. 9 (Kapitel 2.3.1) hervorgeht, kein direkter Zusammenhang zwischen den beiden Faktoren angenommen werden kann, sondern persönliche Faktoren der Person moderierenderweise bei der Entstehung von Workload mitwirken. Die Ergebnisse von Loft et al. (2007) bestätigen diese Annahmen, denn sie konnten belegen, dass die von ihnen gewählten Komplexitätsfaktoren für sich genommen nicht im Stande waren, den Workload der untersuchten Flugverkehrsleiter zuverlässig vorauszusagen konnte und plädieren daher für eine nähere Betrachtung ebendieser persönlichen Eigenschaften, kognitiven Fähigkeiten und Strategien (siehe Abb. 9 „mediating factors“). Sridhar, Sheth & Grabbe (1998) bezogen die Persönlichkeitseigenschaften zwar nicht mit ein, versuchten aber in ihrer Untersuchung einen direkten linearen Zusammenhang zu umgehen, indem sie die einzelnen Komplexitätsfaktoren unterschiedlich gewichteten. Und auch Athènes, Averty, Puechmorel, Delahaye & Collet (2002) sowie Averty, Collet, Dittmar, Athènes & Vernet-Maury (2004) sprechen sich gegen eine reduzierte Betrachtung der Wirkungsmechanismen zwischen Komplexitätsfaktoren und Workload in Form eines simplen linearen Zusammenhanges aus. Obwohl in zahlreichen Studien der Zusammenhang zwischen Komplexitätsfaktoren und Workload von Flugverkehrsleiter belegt werden konnte, ist angesichts der diese Ergebnisse widerlegenden Untersuchungen Vorsicht bei der Interpretation eines kausalen linearen Zusammenhanges geboten. Wie die in Kapitel 2.2 und 2.3.1 vorgestellten Modelle zu Beanspruchung und Workload zeigen, können an deren Entstehung auch Persönlichkeitsvariablen und andere externe Faktoren beteiligt sein.

4. Menschliche Fehler

Endsley (2001) spricht sich entschieden gegen die Bezeichnung „human error“, in deutschsprachigen Medien auch gerne „menschliches Versagen“ genannt, aus. Seiner Meinung nach implementiert dieser Begriff die Achtlosigkeit und Unfähigkeit in menschlichem Handeln, was diesem nicht gerecht wird. Es ist daher von Nöten, das Phänomen „menschlicher Fehler“ genauer zu spezifizieren.

4.1 Begriffsklärung „Human Errors“ – Menschliche Fehler

Nach Rasmussen (1982) sowie Reason (2000) geschieht menschliches Fehlverhalten immer innerhalb eines Systems. Das System muss daher bei der Betrachtung des aufgetretenen Fehlverhaltens stets mit einbezogen werden. Hilburn und Jorna (2001) bezeichnen die Luftfahrtkontrolle an sich nun als eines der komplexesten Mensch-Maschine Systeme, das jemals entwickelt wurde. Wie komplex dieses System tatsächlich ist, wurde bereits versucht in Kapitel... darzulegen. Gleichzeitig meint jedoch Hagemann (2000, S 19), wie bereits erwähnt, dass in der Flugsicherung „im Gegensatz zu vielen anderen Berufen, keine Fehler toleriert werden“ können. Überall dort, wo Menschen Entscheidungen treffen und Handlungen setzen, passieren jedoch Fehler. Zur Verdeutlichung des Sachverhaltes sei dem interessierten Leser noch einmal Abb. 3 ins Gedächtnis gerufen. Hier befindet sich in der Mitte zwischen Input (Traffic) und Output (Sicherheit) der so genannte Human Factor. Dieser Human Factor ist es nun, der Fehler im System entstehen lässt. Rasmussen (1982) meint dazu:

If a system performs less satisfactorily than it normally does – due to a human act or to a disturbance which could have been counteracted by a reasonable human act – the cause will very likely be identified as a human error. (Rasmussen, 1982, S. 313)

Doch bevor nun auf spezifische, in der Flugsicherung auftretende Fehler eingegangen wird, soll zunächst geklärt werden, wie menschliches Fehlverhalten im Allgemeinen entsteht. Die meisten „human error identification“ Techniken in der Flugsicherung basieren auf den

Modellen von Rasmussen und Reason, die nachfolgend vorgestellt werden sollen (Shorrock & Kirwan, 2002).

4.2 Zur Entstehung menschlicher Fehler

Nach Rasmussen (1982) lassen sich drei Leistungsebenen unterscheiden. Auf jeder dieser Ebenen können nun unterschiedliche Fehler auftreten. Er unterscheidet zwischen: Skill-based, Rule-based und Knowledge-based Performance.

Skill-based Performance zeichnet sich durch weitgehend automatisierte, unbewusste Handlungen aus. Fehler auf dieser Ebene basieren auf einer Veränderung der ursprünglichen Zeit- und Raumkoordination. Im Gegensatz dazu finden die Abläufe auf der zweiten Leistungsebene (rule-based performance) geordnet durch bestimmte Regeln, in der Form „Wenn, dann“ statt (Reason, 1990).

Rule-based Performance zeichnet sich nach Rasmussen (1982) durch eine hohe Zielorientierung aus, Fehler entstehen daher dann wenn die Situation falsch eingeschätzt wird und infolge dessen die relevanten Regeln für die Zielerreichung missachtet werden. Eine weitere Möglichkeit ist die falsche Erinnerung der geregelten Abläufe.

Knowledge-based Performance: Die dritte Leistungsebene (knowledge-based performance) bezieht sich auf neue, unbekannte Situationen, für die eigene Handlungsabläufe anhand des vorhandenen Wissens über die funktionalen und physischen Eigenschaften des Systems sowie der nach Prioritäten geordneten Ziele erst geplant werden müssen (Rasmussen, 1982). Die Datenverarbeitungsabläufe auf dieser Ebene sind stark von der jeweiligen Person und der Situation abhängig. Fehler können hier nur bezogen auf die vorhandenen Ziele und Situationseigenschaften, beispielsweise anhand von Ablaufprotokollen, definiert werden.

Die kognitiven Verarbeitungsprozesse und die damit in Verbindung stehenden Fehler sind auf jeder Ebene unterschiedlich. Auf welcher der drei Ebenen Handlungen ablaufen, ist wiederum davon abhängig, wie gut der Handelnde für die jeweilige Situation trainiert ist.

Reason (1990) geht nicht von unterschiedlichen Leistungsebenen aus sondern definiert unterschiedliche Arten von Fehlern (von ihm als „Unsafe acts“ bezeichnet): Slips, Lapses, Mistakes und Violations¹⁷. Ausschlaggebend für die Art des Fehlers ist ihm nach die hinter der Handlung stehende Intention. *Slip* wird nach Reason (1990) definiert als eine nicht nach Plan oder Intention laufende Handlung, hinter dieser Form des Fehlers steht also keine mutwillige Absicht. Als *Lapses* sind versäumte Handlungen, wie etwa durch schlichtes Vergessen (memory lapses) bedingt, zu verstehen. Unter *Mistakes* versteht Reason (1990) Ergebnisse von als richtig erachteten Abläufen, also Fehler aufgrund falsch verstandener oder falsch eingeschätzter Situationen, wobei der Handelnde davon überzeugt ist, alles richtig zu machen. Violations sind im Gegensatz zu den drei anderen Begriffen keine Handlungsfehler an sich sondern mutwillige Missachtungen der herrschenden Vorschriften. In Abb. 10 sind vier Arten von Unsafe Acts und ihre Beziehungen zueinander bildlich dargestellt.

Übertragen auf das Performance-Level Modell von Rasmussen spricht Reason von „skill-based slips and lapses“, „rule-based mistakes“ und „knowledge-based mistakes“ und unterstreicht hier wiederum die dahinter stehende Intention der Handlungen.

¹⁷ Da sich für die von Reason (1990) gewählten Begrifflichkeiten keine adäquaten deutschen Übersetzungen finden lassen, werden die ursprünglichen englischen Wörter beibehalten. Slip, Lapse und Mistake sind als hierarchisch nach ihrer Stärke gegliederte Begriffe zu verstehen, während Violation eine absichtliche Verletzung von Regeln beinhaltet und daher von den anderen getrennt zu betrachten ist.

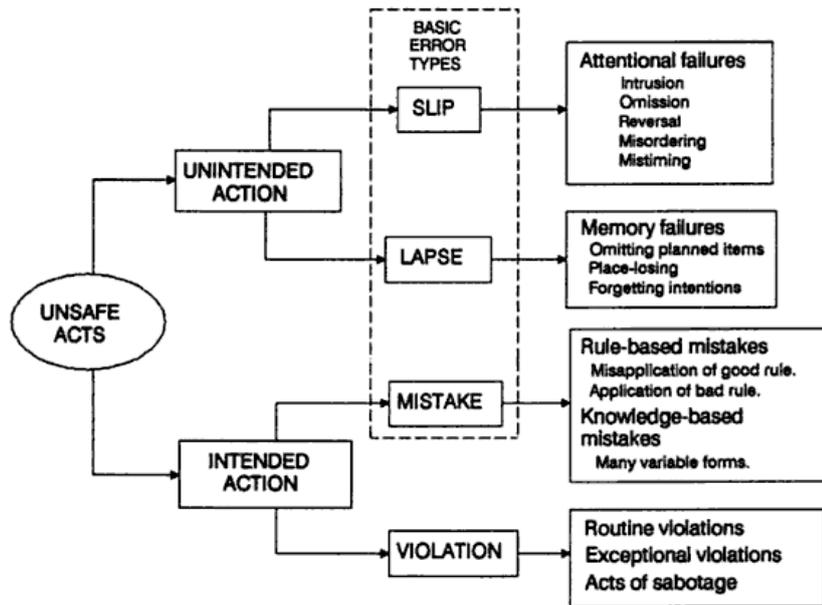


Abb. 10 Das Modell der Unsafe Acts nach Reason (1990, S. 207)

4.3 Fehler in der Flugsicherung

Jones und Endsley (1996, zit. n. Shorrock, 2007) fanden im Zuge der Analyse von 143 Vorfallberichten (Incident Reports) heraus, dass 70% der darin erwähnten Fehler auf mangelnde Aufmerksamkeit zurückzuführen waren. Die übrigen Fehler bestanden aus Verständnis- und Planungsfehlern. Nach Cardosi (2002, zit. n. Shorrock, 2005) wiederum sind die häufigsten in der Towerkontrolle auftretenden Operationsfehler „memory lapses“. In einer Untersuchung von Shorrock (2007) an 28 Flugverkehrsleitern fand sich zum Großteil Wahrnehmungs- und Gedächtnisfehler, gefolgt von Entscheidungs- oder Planungsfehlern sowie Fehler der Handlungskontrolle oder falsch angewendete Phraseologie. Die größte Gruppe der in der Flugsicherung auftretenden Fehler bildeten die Gedächtnis- und Wahrnehmungsfehler. Die häufigsten Gedächtnisfehler betrafen das so genannte „prospective memory“. Darunter ist das Erinnern an in der Zukunft zu setzende Handlungen zu verstehen (Ellis & Kvavilashvili, 2000). Sechs dieser Fehler entstanden im Zusammenhang mit den in Kapitel ... erläuterten Flight Progress Strips. Als Ursache für das Auftreten von prospective memory Fehlern in der Flugsicherung wurden von Shorrock (2005)

Überforderung des Gedächtnisses (memory overload) sowie Ablenkung genannt. Die meisten der untersuchten Fehler waren darauf zurückzuführen, dass der Plan, eine Handlung auszuführen damit verwechselt wurde, die Handlung bereits ausgeführt zu haben, wie etwa die Höhen-, Richtungs- oder Geschwindigkeitsveränderung eines Flugzeuges (Shorrock, 2005). Weitere häufig genannte Fehler betrafen das Vergessen von gewissen Flugzeugen, die nur wenig Kontrolle erforderten¹⁸.

Neben im Zusammenhang mit Gedächtnisleistungen auftretenden Fehlern finden sich in der Flugsicherung häufig Fehler der Wahrnehmung. Wahrnehmungsfehler sind stark mit Stufe 1 der Situation Awareness¹⁹, dem mentalen Bild eines Fluglotsen/einer Fluglotsin von der aktuellen Verkehrssituation, verknüpft (Shorrock, 2007). So finden sich in der Untersuchung von Shorrock (2007) häufig visuelle Wahrnehmungsfehler, wie etwa nicht oder zu spät entdeckte drohende Konflikte. Unter den akustischen Wahrnehmungsfehlern bildeten die so genannten „Hearback Errors“ also eine missverständliche Kommunikation zwischen Flugverkehrsleiter und Pilot oder zwischen zwei Flugverkehrsleitern die größte Gruppe. Die meisten aller Fehler führte Shorrock abermals auf Ablenkung und Beschäftigung mit anderen Zielen zurück.

4.3.1 Zusammenhang Komplexitätsfaktoren - Fehler

Grossberg (1989, zit. n. Mogford et al., 1995) setzte Komplexitätsfaktoren in der Flugsicherung mit den zwischen 1987 und 1988 aufgetretenen Operationsfehlern im Luftraum über Chicago in Beziehung. Die Berechnungen ergaben dabei zwar nur eine Korrelation von $r=0.44$, doch trotz des nicht allzu hoch ausgeprägten Zusammenhanges, ist seine Untersuchung insofern von Bedeutung, als er einer der Ersten war, der einen solchen Zusammenhang untersucht und damit eine Verbesserung der bisher verwendeten Prädiktoren für Operationsfehler in der Luftfahrtkontrolle implementiert hat. Pfeleiderer et al. (2007) untersuchten den Zusammenhang zwischen 22 statischen und dynamischen

¹⁸ Gronlund et al. (1998) nennen Flugzeuge, die wenig Kontrollhandlungen erfordern „Cold Aircrafts“. Im Gegensatz dazu werden Flugzeuge, die ein hohes Maß an Überwachung erfordern, als „Hot Aircrafts“ bezeichnet. Hot Aircrafts werden nach Gronlund et al. weniger oft vergessen, da sie im Vergleich zu Cold Aircrafts eher im Gedächtnis gespeichert werden.

¹⁹ Situation awareness bezeichnet nach Endsley (2001) das mentale Modell von der aktuellen Umgebungssituation und gliedert sich in drei Stufen. Stufe 1 besteht aus der reinen Wahrnehmung der Elemente und deren Eigenschaften in einem System. In Stufe 2 wird die Bedeutung der Elemente und ihrer Verbindungen relevant. Stufe 3 beinhaltet die Fähigkeit, zukünftige Handlungen der Elemente vorauszusagen.

Komplexitätsfaktoren und 247 aus Incident Reports identifizierten Operationsfehlern. Mittels Hauptkomponentenanalyse wurden dabei die 22 Faktoren auf vier Komponenten reduziert, wobei jene, die die Häufigkeit von Vertikalbewegungen als Komplexitätsfaktoren beinhaltete, den größten Erklärungswert für das Auftreten von Fehlern bot. Der Existenz von Militärgebieten sowie vorhandenen Wetterkomponenten konnte in dieser Studie kein signifikanter Einfluss auf die Häufigkeit von Operationsfehlern nachgewiesen werden. Eine genaue Definition dieser Operationsfehler fand sich bedauerlicherweise in beiden Untersuchungen nicht

5. Zusammenfassung

Die Anforderungen an Flugverkehrsleiter sind in der heutigen Zeit enorm. Zahlreiche externe Faktoren wie erhöhtes Verkehrsaufkommen zu unterschiedlichen Zeiten und sich ändernde Wetterbedingungen in einem hoch dynamischen Umfeld sowie ständige Ablenkungen durch einkommende Funksprüche stellen die zuständigen Personen vor große Herausforderungen. Hinzu kommen die durch Planungsaufgaben und vorausschauendes Denken (prospective memory) bedingten inneren, kognitiven Aufgaben. Diese Bedingungen verlangen von den Fluglotsen nicht zuletzt aufgrund ihrer großen Verantwortung eine konstante Aufmerksamkeitsleistung. Nehmen die äußeren Anforderungen jedoch Überhand, kann dies zu einer erhöhten Arbeitsbeanspruchung beziehungsweise einem großen Workload führen, der in weiterer Folge das Auftreten von menschlichen Fehlern begünstigt. Wann eine Sättigung an externen Belastungsfaktoren erreicht ist, hängt nach gängigen Belastungs-, Beanspruchungs- und Workloadmodellen (z. Bsp. Rutenfranz, 1981; Rodgers, 1998) von Persönlichkeitseigenschaften sowie kognitiven Ressourcen der jeweiligen Person ab. Wie genau sich nun die genannten von außen auf den Fluglotsen einwirkenden Komplexitätsfaktoren auf die von ihnen erbrachten Leistungen auswirken, soll im zweiten Teil der Arbeit geklärt werden.

II. EMPIRISCHER TEIL

6. Fragestellungen

Im ersten Teil der vorliegenden Arbeit wurde versucht, den theoretischen Bezugsrahmen für den nachfolgenden empirischen Abschnitt zu bilden. Wie besonders Kapitel 3 zu entnehmen ist, weisen der Flugverkehr selbst sowie die mit ihm verknüpften Aufgaben und Handlungen eine Reihe von Faktoren auf, die die Garantie der Sicherheit der Verkehrsteilnehmer erschweren. Bei Kirwan, Scaife & Kennedy (2001) finden sich darunter zum Beispiel die Wachstumsrate des Verkehrs, die Form des Sektors, die Kommunikation mit Piloten und Fluglotsen anderer Sektoren, Militärsperregebiete und Wetterfaktoren. Da angenommen wird, dass sich die einzelnen Komponenten wechselseitig beeinflussen und zusammen ein überaus komplexes Gebilde entstehen lassen, werden sie als Komplexitätsfaktoren bezeichnet. Diese Eigenschaften des Luftraumes wirken als externe Faktoren auf den Flugverkehrsleiter ein und führen zu einem erhöhten Workload, also sinngemäß einer erhöhten Arbeitsbeanspruchung und, falls die Beanspruchung zu lange anhält, nach Hagemann (2000) zu einer Fehlbeanspruchung, die in weiterer Folge eine verminderte kognitive Leistungsfähigkeit nach sich ziehen kann. Diese verminderte Leistungsfähigkeit könnte ihrerseits wiederum das Auftreten bestimmter Operationsfehler begünstigen. Der geschilderte Sachverhalt führt schließlich zu der Frage:

Welche der in der Flugsicherung auftretenden Komplexitätsfaktoren haben den größten Einfluss auf die von Flugverkehrsleitern erbrachte Gesamtleistung?

Ausgangspunkt der Untersuchung ist die Planungslotenprüfung der Austro Control, der Österreichischen Gesellschaft für Zivilluftfahrt mbH, die für die Rekrutierung und Ausbildung von Fluglotsen in Österreich zuständig ist. Gemäß des für die Prüfung herangezogenen Bewertungsprofils lässt sich die Fragestellung weiter aufgliedern in Prüfungsleistungen in den Unterpunkten Sicherheit, Planung, Phraseologie und Stripmarking, die bereits in Kapitel 1.5 erörtert wurden. Dies führt wiederum zu den Fragestellungen:

Welche der in der Flugsicherung auftretenden Komplexitätsfaktoren haben den größten Einfluss auf die Leistungen in den Kategorien Sicherheit, Planung, Phraseologie und Stripmarking?

Eine genaue Analyse der durch den Einfluss von Komplexitätsfaktoren entstandenen Fehler findet sich in der Literatur nur spärlich. Daher soll weiterführend der Frage auf den Grund gegangen werden, welche der von der Austro Control verwendeten Fehlerkategorien durch welche in den Prüfungsbeispielen vorkommenden Komplexitätsfaktoren begünstigt werden.

Welche Komplexitätsfaktoren begünstigen das Auftreten von gravierenden Operationsfehlern und welche Fehler sind das?

Abb. 11 liefert eine modellhafte Darstellung der untersuchten, vermuteten Zusammenhänge.

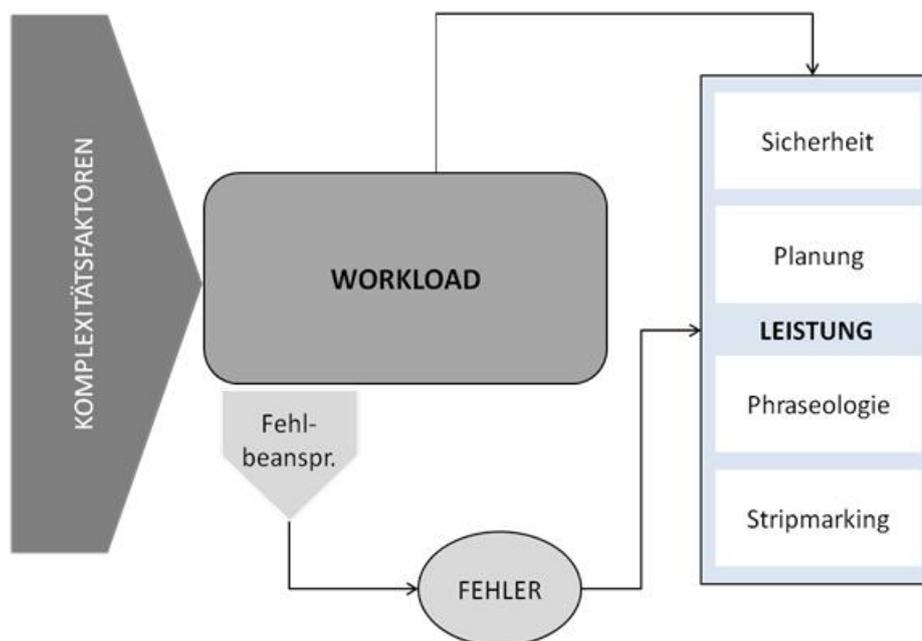


Abb. 11 Modell der untersuchten Zusammenhänge. Es wird angenommen, dass die unterschiedlichen Komplexitätsfaktoren die Arbeitsbeanspruchung (Workload) der getesteten Trainees beeinflussen. Zu großer Workload führt, wie von Hagemann (2000) postuliert, zu Fehlbeanspruchung und in Folge dessen zu einer verminderten kognitiven Leistungsfähigkeit. Es wird daher vermutet, dass diese Verminderung der kognitiven Leistungsfähigkeit vermehrt zum Auftritt von gravierenden Fluglotsenfehlern führt, die wiederum die erbrachte Leistung nach unten korrigieren.

Da es für das Verständnis der sich aus den Fragestellungen ableitenden Hypothesen von Nöten ist, die Hintergründe der Datenerhebung zu kennen, sind diese aus inhaltlichen Gründen erst in Kapitel 8 dargestellt.

7. Methode

7.1 Datengewinnung

Die zur vorliegenden Untersuchung herangezogenen Daten stammen aus Prüfungen für den Part des Planungsloten im Bereich „Area Control Center“ und wurden dankenswerterweise in anonymisierter Form von der Austro Control GmbH zur Verfügung gestellt. Die Prüfungen wurden in einem Zeitraum von acht Jahren in der Austro Control abgelegt, genaue Angaben dazu wurden aus Datenschutzgründen allerdings nicht bekannt gegeben. Die Prüfung ist jedoch in der Form, in der sie zur Auswertung herangezogen wurde, nicht mehr existent.

7.2 Operationalisierung

Die bei der Prüfung zu absolvierenden Beispiele bestanden aus Simulationen alltäglicher Arbeitssituationen in der Flugsicherung. Der Trainee nahm während der Prüfung die Rolle des Co-ordinators ein, einer der Trainer übernahm jene des Executive Controllers. Jeder Prüfling musste insgesamt acht von vierzehn willkürlich ausgewählten Simulationen durchspielen, seine Leistung wurde dabei von einem von insgesamt 28 Trainern der Austro Control Academy, die für die Ausbildung der Flugverkehrsleiter verantwortlich ist, anhand eines vordefinierten Fehlerprofils bewertet. Die Bewertungen gliederten sich in die unterschiedlichen Leistungsbereiche „Sicherheit“, „Prioritäten, Planung, Koordination“, „Phraseologie“ und „Stripmarking, Striphandling“. In den Kategorien Sicherheit und Planung konnten jeweils maximal 40 Punkte erreicht werden, Phraseologie und Stripmarking brachten jeweils maximal 10 Punkte. Bei jedem Fehler wurde dem Prüfling von seinen anfänglichen 100 Punkten je nach Schweregrad des Vergehens eine gewisse in einem Fehlerkatalog aufgelistete Punkteanzahl abgezogen. Insgesamt mussten pro Beispiel

mindestens 75 Punkte erreicht werden, um es bestanden zu haben. Für die Gesamtbewertung wurde die durchschnittliche Gesamtpunkteanzahl aus allen acht Prüfungsbeispielen herangezogen, die wiederum einen Wert über 74 aufweisen musste, um die Prüfung zu bestehen. Der genaue Fehlerkatalog inklusive der pro Fehler abgezogenen Punkte findet sich im Anhang der Arbeit. Die gewählte Vorgehensweise, nach der zu Beginn jedes Beispiels von der Maximalpunkteanzahl ausgegangen wurde, lässt sich mit der Aussage von Hagemann (2000) begründen, der meint, dass die Erfüllung der Hauptaufgaben von Flugverkehrsleitern keine steigerbaren Leistungen darstellen. Sicherheit, optimale Planung des Flugverkehrs sowie die korrekte Anwendung der Kommunikationsstandards und der Flight Strips müssen in der Ausübung dieses Berufes immer gewährt sein, und Fehler sind in jeder Hinsicht unerwünscht.

7.2.1 Erhebungsmaterial

7.2.1.1 Simulationsbeispiele

Die Prüfungsbeispiele zeichneten sich durch eine unterschiedliche Dauer sowie eine unterschiedliche Anzahl an vorkommenden Komplexitätsfaktoren aus, darunter waren die Anzahl an Militärsperregebieten in einem Sektor, die Anzahl an manuell gestarteten Flugzeugen (CIs), die Anzahl an Requests (Anfragen unterschiedlicher Art in Form von einkommenden Anrufen einer Nebenstelle), die Anzahl an Revisions (Neuanalysen der Gesamtsituation), und die Anzahl an einkommenden Informationen. Bei der Erstellung der Beispiele wurde von den Programmierern der Austro Control versucht, möglichst realistische Simulationen alltäglicher Flugverkehrssituationen nachzustellen. Vorbilder für die Gestaltung der Simulationen waren daher unterschiedliche Sektoren zu unterschiedlichen Tageszeiten, wobei jede Simulation eine Länge zwischen 40 und 60 Minuten aufweist²⁰. In einer gemeinsamen genauen Analyse der einzelnen Beispielprotokolle wurden die vorhandenen Komplexitätsfaktoren in jedem Beispiel identifiziert. Einzelheiten zu den vorkommenden Komplexitätsfaktoren finden sich in nachfolgendem Kapitel unter „Unabhängige Variablen“ sowie in der deskriptivstatistischen Analyse in Kapitel 9.1. In Tabelle 2 (Kapitel 9.1.1) sind die

²⁰ In der Realität beträgt die Arbeitszeit eines Fluglotsen maximal 100 Minuten am Stück, gefolgt von einer 20-minütigen Erholungspause. (Austro Control Berufsinformationstag, 06.06.2009)

verwendeten Beispiele mit genauen Bezeichnungen sowie ihre Dauer und Anzahl der vorkommenden Komplexitätsfaktoren zusammengefasst. Insgesamt wurden von 68 Personen jeweils 8 Simulationsbeispiele innerhalb einer Woche durchgespielt, wobei maximal zwei Beispiele pro Tag durchgenommen wurden.

7.2.1.2 Fehlerkatalog

Die Prüfungsleistungen wurden anhand eines in der Austro Control intern entwickelten Fehlerkataloges bewertet. Ein Auszug daraus ist in Abb. 12 dargestellt, der gesamte Katalog findet sich Anhang der vorliegenden Arbeit. In jeder Subkategorie sind unterschiedlich viele Fehler aufgelistet, nebst der Punkteanzahl, die dem Prüfling für das jeweilige Vergehen abziehen ist. Der Fehlerkatalog ist in der Form, wie er hier abgebildet ist, allerdings nicht mehr in Verwendung. Einige Fehler verlangen den Abzug einer fixen Punkteanzahl, andere richten sich nach dem Schwergrad des Fehlers und sind daher mit „von „bis“ Angaben versehen. Der Prüfer muss bei diesen Fehlern anhand der Fehlerkategorisierung eigenmächtig entscheiden, wie viele Punkte er dem Trainee abzieht. In der Kategorie der Sicherheitsfehler finden sich insgesamt 14 Fehler aufgelistet, der schwerwiegendste Fehler darunter hatte einen Punkteabzug von 26 bis 35 Punkten zur Folge. Die Bewertungskategorie „Prioritäten, Planung, Koordination“ enthält insgesamt 21 Fehler, wobei der gravierendste mit 15 Punkten Abzug gewertet wird. Unter „Phraseologie“ sind insgesamt nur 3 Fehler aufgelistet, die Kategorie „Stripmarking und Striphandling“ enthält 7 mögliche Fehler. In den ersten beiden Gruppen können jeweils maximal 40 Punkte erreicht werden in den beiden anderen Kategorien jeweils 10 Punkte. Ist pro Kategorie die Maximalanzahl an abzuziehenden Punkten erreicht, wird jeder weitere Fehler nicht mehr mit einem Punkteabzug gewertet, es können also keine Minuspunkte erreicht werden.

Punktecatalog für den Praxisgegenstand		ACS
1.	Sicherheit	40
1.1	Staffelungsunterschreitung	26-35
1.2	Keine gesicherte Staffelung	15-20
1.3	Arbeiten im fremden Sektor ohne Koordination	15-20
1.4	Erteilen eines "unsafes Releases"	15-20
1.5	Nichterkennen falscher oder fehlender "Read back" (ALT/FL, route, QNH)	7-10
1.6	Fehlender "Read Back" des "Flight Level"	2-4
1.7	Nichteinhalten der koordinierten Ausflugbedingungen bez. ALT/FL	15
1.8	Nichteinhalten der koordinierten Ausflugbedingungen bez. Distance/Time	8
1.9	Freigabe unter die Mindestflughöhe	26
1.10	Korrigierte Freigabe unter die Mindestflughöhe vor dem Abflug/Einflug	12-15
1.11	Keine, falsche oder zu späte Verkehrsinformationen	5-7
1.12	Nichtübermittlung signifikanter Wettererscheinungen/-änderungen (Wind, QNH, C)	3-5
1.13	Erteilen falscher oder unvollständiger Freigaben (ALT/FL, route, turn)	3-5
1.14	Verwechslung von Luftfahrzeugen oder Rufzeichen	3-5

Abb. 12 Auszug aus dem verwendeten Punktecatalog. Neben der Beschreibung des Fehlers findet sich die jeweils abzuziehende Punkteanzahl. Bei einigen Vergehen ist dabei eine feste Anzahl an Punkteabzügen vorgesehen, andere richten sich nach dem Schweregrad des Fehlers. (Quelle: Austro Control)

7.2.2 Gütekriterien

Da es sich bei den zur Datengewinnung verwendeten Materialien um keine allgemein anerkannten psychologischen Erhebungsinstrumente handelt, können keine Aussagen die gängigen Testgütekriterien betreffend gemacht werden. Die aus diesem Sachverhalt abzuleitenden Einschränkungen sind daher bei der Interpretation der aus der Untersuchung gewonnenen Ergebnisse zu berücksichtigen.

7.2.3 Aufgetretene Schwierigkeiten und Ausschluss von Daten

Aufgrund technischer Fehler während der Prüfung konnten in 9 Fällen keine Daten gewonnen werden. Weitere 8 Fälle wurden aus der statistischen Analyse ausgeschlossen, da die Werte extrem niedrig ausfielen und daher das Gesamtergebnis verfälscht hätten. Insgesamt wurden 527 Fälle von 68 Personen zur statistischen Datenauswertung herangezogen. Bei der weiteren Betrachtung der Daten ergab sich jedoch folgendes Problem: Da die Zuteilung der Beispiele zu den jeweiligen Prüfungskandidaten zufällig erfolgt ist, wurden die einzelnen Simulationen unterschiedlich oft durchgespielt. Wie oft welches Prüfungsbeispiel dabei jeweils verwendet wurde, das heißt wie viele Daten zu dem jeweiligen Beispiel vorliegen, ist Tabelle 2 in Kapitel 9.1.1 zu entnehmen. Zusätzlich wurden die Beispiele nicht immer in der gleichen Reihenfolge vorgegeben. Die Vergleichbarkeit der

einzelnen Beispiele untereinander muss aufgrund dieser Faktoren als limitiert betrachtet werde.

7.3 Untersuchungspersonen

Die aus den Prüfungen gewonnenen Daten stammen von 68 Personen, darunter 56 Männer und 12 Frauen im Alter zwischen 19 und 26 Jahren. Alle von ihnen waren so genannte Trainees in der Ausbildung zum Flugverkehrsleiter/zur Flugverkehrsleiterin und hatten bereits eine 18-monatige einschlägige Ausbildung hinter sich. Der Prüfung selbst ging ein fünfmonatiger Kurs mit Schwerpunkt Area Control voraus. Alle getesteten Personen haben die Reifeprüfung abgelegt, da dies eine Voraussetzung für die Ausbildung zum Flugverkehrsleiter ist. Weitere demographische Angaben zur Stichprobe wurden aus Datenschutzgründen von der Austro Control nicht bekannt gegeben und können daher in der Auswertung nicht berücksichtigt werden.

7.4 Variablen

Die in der Untersuchung verwendeten unabhängigen und abhängigen Variablen setzen sich zum einen aus in den Simulationen auftretenden Komplexitätsfaktoren und zum anderen aus der jeweiligen Prüfungsleistung und den wesentlichsten aufgetretenen Operationsfehlern zusammen.

7.4.1 Unabhängige Variablen

Die Unabhängigen Variablen der vorliegenden empirischen Untersuchung bestehen aus den in den Simulationsbeispielen vorhandenen Komplexitätsfaktoren:

- 1) **Militärsektoren:** Als Militärsektoren werden vom Militär genutzte Areale bezeichnet, die aus Sicherheitsgründen für Überflüge jeglicher Art gesperrt sind. Diese so genannten „No-Fly-Zones“ zählen nach Kirwan, Scaife & Kennedy (2001) zu den Top 12 Komplexitätsfaktoren in der Flugsicherung. Die erschwerenden Faktoren bestehen darin, dass Flugzeuge auf Ausweichrouten umgeleitet werden müssen und durch die

Sperrung des Areal die Fläche des kontrollierten Sektors vermindert wird²¹. Diese Komponente zählt nach der Einteilung von Grossberg (1989) als einzige der verwendeten Faktoren zu den statischen Komplexitätsfaktoren. Die zur Untersuchung herangezogenen Beispiele weisen 0 bis maximal 3 Militärsperregebiete auf.

- 2) **CI:** CI bedeutet, dass ein Flugzeug manuell gestartet wurde und kündigt gleichzeitig dessen Ankunft im Sektor in 10 bis 20 Minuten an. Für den Planungsloten bedeutet dies, so rasch wie möglich einen Flight Strip ausdrucken zu müssen und das ankommende Flugzeug in die weitere Planung mit aufzunehmen. Der Co-ordinator muss also bei Auftreten eines CIs rasch handeln und gleichzeitig kognitive Planungsaufgaben erfüllen. In den verwendeten Beispielen finden sich mindestens 1 und maximal 18 solcher CIs.
- 3) **Request:** Bei einem einkommenden Request erhält der Co-ordinator einen Anruf vom Planungsloten eines benachbarten Sektors mit einer konkreten Anfrage, etwa ob ein Flugzeug mit anderer Flughöhe einfliegen darf. Der Request fordert vom Planungsloten eine konkrete Aktion, da er entscheiden muss, ob er der Anfrage nachkommen kann oder nicht. Ein einkommender Request bedeutet für den Controller eine Ablenkung sowie eine kognitive Leistungsaufgabe. 0 bis 7 solcher Requests kommen in den verwendeten Beispielen vor.
- 4) **Revision:** Die Aufgabe „Revision“ erfolgt ebenfalls über einen eingehenden Anruf einer Nebenstelle. Die Meldung einer Revision bedeutet für den Planungsloten eine komplette Neuanalyse der Gesamtsituation durch geänderte Ausgangsbedingungen. Hier sind wiederum der Ablenkungsfaktor sowie die geforderte kognitive Leistung zu erwähnen. Die verwendeten Simulationen weisen 0 bis 8 solcher Revisions auf.

²¹ Die Untersuchung von Rodgers, Mogford & Mogford (1998) hat gezeigt, dass die Sektoren mit einer hohen Rate an Operationsfehlern tendenziell kleiner waren also jene mit einer niedrigen oder Null-Fehler-Rate (vgl. dazu auch Kapitel 3.3).

- 5) **Information:** Ein Anruf eines benachbarten Sektors informiert den Planungslotsen etwa über die geänderte Flughöhe eines Flugzeuges. Hier ist im Gegensatz zum Request die erhaltene Information nur in der weiteren Planung zu berücksichtigen.

Ergänzende Anmerkung zu den Unabhängigen Variablen 3 bis 5: Jede dieser drei Komplexitätsfaktoren findet in Form eines Anrufes von einer Nebenstelle statt. Der Unterschied zwischen den einzelnen Variablen liegt jedoch im Informationsgehalt der Nachrichten. Im theoretischen Abschnitt der vorliegenden Arbeit findet sich dazu die Untersuchung von Reiche, Kirchner & Laurig (1971, zit. n. Hagemann, 2000), der herausfand, dass ebendieser Informationsgehalt der Nachrichten einen wesentlichen Einfluss auf den Workload der Flugverkehrsleiter hat.

7.4.2 Abhängige Variablen

Folgende Variablen wurden in der vorliegenden Untersuchung als abhängige Variablen berücksichtigt:

- 1) **Die Gesamtpunktezahl:** Insgesamt konnten für jedes Beispiel insgesamt 100 Punkte erreicht werden, die sich aus der Addition der erreichten Punkte in den einzelnen Kategorien Sicherheit, Planung und Koordination, Phraseologie und Stripmarking ergaben. Die Bewertung erfolgte dabei nach dem Rückwärtsprinzip, so dass zu Beginn der Simulation jede Versuchsperson mit 100 Punkten begann und pro Fehler vom jeweiligen Prüfer eine gewisse Punkteanzahl abgezogen wurde. Für jedes Beispiel mussten mindestens 75 Punkte erreicht werden, um es zu bestehen. Die Gesamtpunktezahl pro Simulationsbeispiel wurde zur Bewertung der Gesamtleistung des Planungslotsen herangezogen, anhand deren wiederum auf den Controller Workload geschlossen werden sollte.
- 2) **Punkteanzahl Sicherheit:** In der Unterkategorie Sicherheit konnten insgesamt 40 Punkte erreicht werden. Ein Punkteabzug erfolgte bei Fehlern, die die Sicherheit der fiktiven Verkehrsteilnehmer gefährdeten. Besonders schwerwiegende Fehler wurden ebenfalls als abhängige Variablen in die Auswertung einbezogen:

3) *Fehler 1.1 Staffelunterschreitung:* Eine Staffelunterschreitung bedeutet, dass der vorgeschriebene Mindestabstand zwischen zwei oder mehreren Flugzeugen nicht mehr gegeben ist. Dies stellt eine massive Sicherheitsgefährdung dar und wird daher je nach Schweregrad mit einem Abzug von 26-35 Punkten bewertet

4) *Fehler 1.2 Keine gesicherte Staffel:* Ein Fehler dieser Art bedeutet, dass noch keine Staffelunterschreitung vorliegt eine Einhaltung des vorgeschriebenen Mindestabstandes jedoch in weiterer Folge nicht garantiert werden kann. Auch dieser Fehler stellt eine massive Sicherheitsgefährdung der am Flugverkehr teilnehmenden Personen dar und wird daher mit einem Abzug von 15-20 Punkten bewertet.

5) **Punkteanzahl Prioritäten, Planung:** Die Höchstleistung in dieser Kategorie wurde mit 40 Punkten bewertet. Ein Punkteabzug erfolgte jeweils bei auftretenden Fehlern, die die zukünftige Planung und Koordination des Verkehrsablaufes betrafen. Besonders schwerwiegende Fehler, die mit einem hohen Punkteabzug bewertet wurden, sind:

6) *Fehler 2.2 Mangelhafte Planung:* Eine mangelhafte Planung lag vor, wenn die vom Trainee vorgenommene Planung und Koordination zukünftige Sicherheitsprobleme nach sich gezogen hätte.

7) *Fehler 2.3 Inaktivität:* Inaktivität des Prüflings wurde dann als Fehler gewertet, wenn ein vorliegendes Planungsproblem eines Einschreitens bedurft hätte, dieses aber nicht umgesetzt wurde.

8) **Punkteanzahl Phraseologie:** Die Unterkategorie Phraseologie betraf die korrekte Anwendung der vorgeschriebenen Phrasen und Kommunikationsabläufe. Hier konnten maximal 10 Punkte erreicht werden. Welche Fehler in dieser Kategorie mit Punkteabzügen bewertet wurden, ist dem Fehlerkatalog im Anhang zu entnehmen.

- 9) **Punkteanzahl Stripmarking, Striphandling:** Der korrekte Umgang mit den für die Planung notwendigen Paper Flight Strips wurde in dieser Kategorie mit maximal 10 Punkten bewertet. Fehler, die hier auftreten konnten, waren etwa das Nichteintragen wichtiger Daten oder das Eintragen falscher Daten.

Ergänzende Anmerkung zu den ausgewählten Operationsfehlern als abhängige Variablen: Insgesamt weist der verwendete Fehlerkatalog 45 mögliche Operationsfehler auf. Die Aufnahme der Fehler „1.1 Staffelunterschreitung“ und „1.2 Keine gesicherte Staffel“ in die statistische Datenanalyse lässt sich theoretisch dadurch begründen, dass nach Loft et al. (2007) zu den obersten Zielen der Flugsicherung die Garantie der Sicherheit aller Verkehrsteilnehmer durch das Einhalten der vorgeschriebenen Staffellungen zählt. Im realen Alltag der Flugverkehrsleiter erfolgt bei einer aufgetretenen Staffelunterschreitung ein sofortiger Abzug des verantwortlichen Lotsen und die Verfassung eines entsprechenden Berichtes (Incident Reports). Nicht zuletzt deswegen bedeutet das Auftreten dieses Operationsfehlers das automatische Nichtbestehen des jeweiligen Prüfungsbeispiels. Die genaue Betrachtung des Fehlers „Keine gesicherte Staffel“ als abhängige Variable lässt sich ebenso begründen. Die Berücksichtigung der Fehler „Mangelhafte Planung“ und „Inaktivität“ in der weiteren Analyse lässt sich durch den hohen Stellenwert der Planungs- und Koordinationsaufgaben in der Aufgabenanalyse der Planungslotsen erklären. Nach Ansicht der Autorin birgt das Auftreten dieser beiden Fehler einigen Erklärungswert, was die Fähigkeit eines Fluglotsen als Planungslotsen betrifft, daher wäre es von besonderem Interesse zu klären, welche Komplexitätsfaktoren es sind, die sozusagen die Streu vom Weizen trennen.

7.4.3 Störvariablen

Im theoretischen Teil der vorliegenden Arbeit wurde ausführlich auf die in der Literatur vorhandenen Beanspruchungs- und Workloadmodelle eingegangen. Daraus ging unmissverständlich hervor, dass nicht nur die von außen auf die Person einwirkenden Faktoren bei der Entstehung von Workload beteiligt sind, sondern auch Persönlichkeitsvariablen wie Strategien, Ressourcen oder individuelle Unterschiede zwischen

den Personen dabei eine Rolle spielen (vgl. Rodgers, 1998; Hagemann, 2001). Da in der vorliegenden Untersuchung aufgrund der externen Datenerhebung, keine Informationen über eventuell mitwirkenden Persönlichkeitseigenschaften zugänglich waren, müssen diese als Störvariable gewertet werden.

8. Hypothesen

Mithilfe der Vorhypothese soll zunächst geklärt werden, ob sich hinsichtlich der Gesamtleistungen in den einzelnen Beispielen ein Unterschied feststellen lässt:

Vorhypothese: Die einzelnen Simulationsbeispiele unterscheiden sich hinsichtlich der in ihnen erbrachten Gesamtleistungen signifikant voneinander.

Aus den in Kapitel 6 genannten Fragestellungen und den genannten Abläufen zur Datenerhebung lassen sich schließlich folgende Haupthypothesen ableiten. Die mit „a“, „b“, „c“ und „d“ bezeichneten Hypothesen sind als inhaltlich zusammengehörig zu verstehen.

Hypothese 1 betrifft die Gesamtleistungen der Planungslotsen:

Hypothese 1: Die in den Simulationsbeispielen vorhandenen Komplexitätsfaktoren haben einen Einfluss auf die Gesamtleistungen der Trainees.

Die Hypothesen 2a, 2b, 2c und 2d betreffen die Leistungen in den Subkategorien „Sicherheit“, „Prioritäten, Planung, Koordination“, „Phraseologie“ und „Stripmarking, Striphandling“:

Hypothese 2a: Die in den Simulationsbeispielen vorhandenen Komplexitätsfaktoren haben einen Einfluss auf die Leistungen der Trainees in der Kategorie „Sicherheit“.

Hypothese 2b: Die in den Simulationsbeispielen vorhandenen Komplexitätsfaktoren haben einen Einfluss auf die Leistungen der Trainees in der Kategorie „Prioritäten, Planung, Koordination“.

Hypothese 2c: Die in den Simulationsbeispielen vorhandenen Komplexitätsfaktoren haben einen Einfluss auf die Leistungen der Trainees in der Kategorie „Phraseologie“.

Hypothese 2d: Die in den Simulationsbeispielen vorhandenen Komplexitätsfaktoren haben einen Einfluss auf die Leistungen der Trainees in der Kategorie „Stripmarking, Striphandling“.

Die Hypothesen 3a und 3b betreffen die aufgetretenen Fehler in der Kategorie „Sicherheit“, die Hypothesen 3c und 3d die Kategorie „Prioritäten, Planung, Koordination“:

Hypothese 3a: Die in den Simulationsbeispielen vorhandenen Komplexitätsfaktoren haben einen Einfluss auf die Häufigkeit des Fehlers „1.1 Staffelunterschreitung“.

Hypothese 3b: Die in den Simulationsbeispielen vorhandenen Komplexitätsfaktoren haben einen Einfluss auf die Häufigkeit des Fehlers „1.2 keine gesicherte Staffel“.

Hypothese 3c: Die in den Simulationsbeispielen vorhandenen Komplexitätsfaktoren haben einen Einfluss auf die Häufigkeit des Fehlers „2.2 Mangelhafte Planung“.

Hypothese 3d: Die in den Simulationsbeispielen vorhandenen Komplexitätsfaktoren haben einen Einfluss auf die Häufigkeit des Fehlers „2.3 Inaktivität“.

9. Statistische Auswertungen

Die statistische Auswertung der Daten erfolgte mittels SPSS (Statistical Package for Social Sciences) in der 11. Version. Bevor auf die Klärung der eigentlichen Fragestellungen eingegangen wird, soll zunächst mittels deskriptivstatistischer Methoden ein grobes Bild von den verwendeten Daten gewonnen werden.

9.1 Deskriptivstatistik

Da zu den demographischen Daten der Trainees aus Gründen der Anonymität keine näheren Informationen vorliegen, konnten dahingehend keine deskriptivstatistischen Analysen vorgenommen werden. Die beschreibende Darstellung beschränkt sich daher auf die verwendeten Simulationsbeispiele und die darin erbrachten Leistungen.

9.1.1 Simulationsbeispiele

Eine qualitative Beschreibung der insgesamt 14 verwendeten Simulationsbeispiele findet sich in Tabelle 2. Zu jeder Beispielbezeichnung findet sich nebst Dauer und Tageszeit auch eine genaue Auflistung der vorhandenen Komplexitätsfaktoren. Zwei der Simulationen stellen Situationen in dem Luftraumsektor „B5“ dar, die Sektoren „Ost“, „Nord“, „Süd“ und „West“ sind Schauplatz für jeweils drei Beispiele.

Tabelle 2 Die verwendeten Simulationsbeispiele. In der Spalte „Sektor“ ist der Flugsektor angegeben, in dem das jeweilige Beispiel stattfand. Die Abkürzungen Mil., CI, Requ., Rev. und Info sind Bezeichnungen für die verwendeten Komplexitätsfaktoren (siehe Kapitel 7.4.1). N ist die Anzahl der Trainees, die das jeweilige Beispiel durchgespielt haben. Der Zusatz „Lower Upper“ zu einigen Sektoren bedeutet, dass jeweils der obere und untere Flugbereich mit überwacht wurden.

Beispiel- bezeichnung	Sektor	Dauer (min)	Tageszeit	Mil.	CI	Requ.	Rev.	Info	N
5EB501	B 5	45	12:40	0	18	7	3	2	61
5EB502	B 5	40	16:00	1	12	5	1	4	62
5EE503	Ost	60	11:00	0	5	3	5	1	46
5EE504	Ost	55	09:00	0	1	0	1	1	16
5EE513	Ost	45	09:00	0	2	2	3	1	21
5ENLU505	Nord Lower Upper	50	09:00	0	9	5	0	2	46
5ENLU506	Nord Lower Upper	45	10:00	3	9	0	2	6	54
5ENLU515	Nord Lower Upper	50	09:00	2	14	3	1	4	26
5ES507	Süd	55	08:57	1	7	5	8	1	48
5ES508	Süd	50	09:00	0	10	2	4	3	56
5ES517	Süd	50	09:00	0	9	0	3	3	17
5EWLU509	West Lower Upper	50	08:40	0	13	6	2	7	51
5EWLU510	West Lower Upper	50	08:00	1	7	3	4	5	12
5EWLU511	West Lower Upper	50	16:00	1	5	2	2	2	11

Um ein Verständnis für die in den Beispielen vorhandenen Komplexitätsfaktoren zu bekommen, sind diese nachfolgend nach der Häufigkeit ihres Auftretens in den Beispielen dargestellt (Abb.13-17):

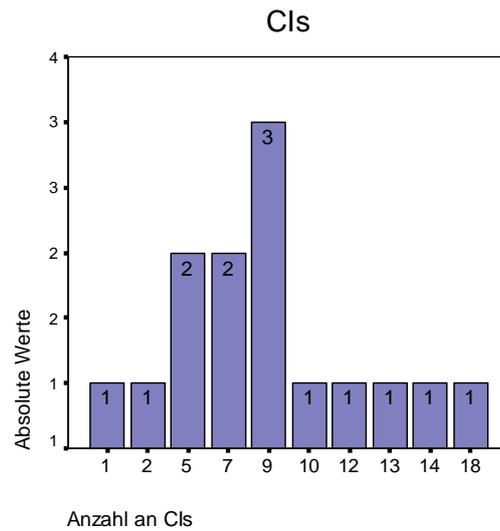
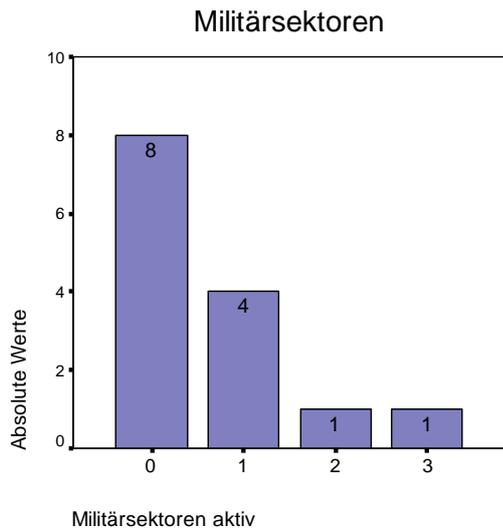


Abb. 13 Verteilung des Faktors „Militärsektoren.“
 Insgesamt wiesen 8 der 14 verwendeten Beispiele 0 Militärsektoren auf. In 4 Simulationen befand sich jeweils 1 Militärsperregebiet und in je einem Prüfungsbeispiel kamen 2 beziehungsweise 3 solcher No-Fly-Zones vor

Abb. 14 Verteilung des Faktors „CI“
 In 3 Simulationsbeispielen kamen insgesamt 9 CIs, also manuelle Starts von Flugzeugen, vor. Der Höchstwert in diesem Komplexitätsfaktor lag bei 18 CIs, was jedoch nur bei einem Beispiel der Fall war

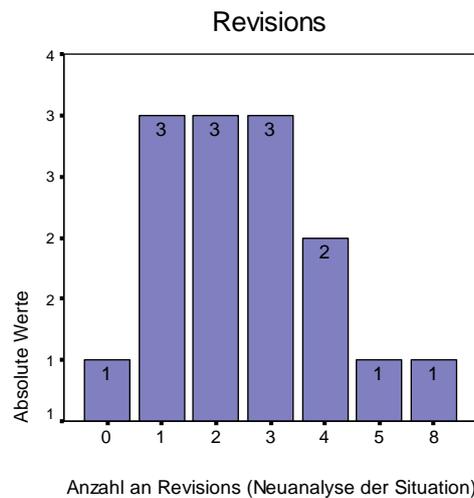
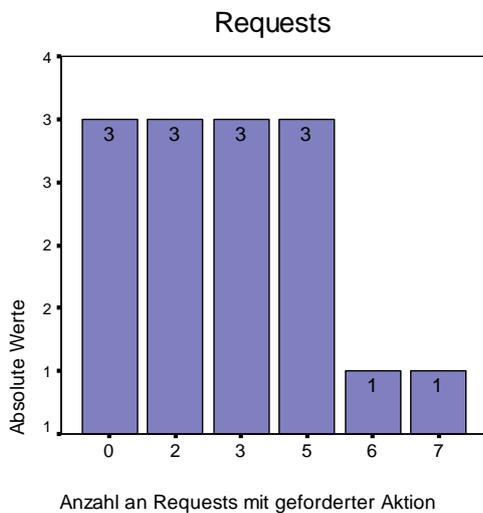


Abb. 15 Verteilung des Faktors „Requests“
 Jeweils drei Beispiele wiesen keinen, 2, 3 oder 5 Requests auf. In jeweils einem Beispiel kamen 6 bzw. 7 Anfragen mit geforderter Aktion vor

Abb. 16 Verteilung des Faktors „Revisions“
 Die meisten der verwendeten Simulationen enthielten 1 bis 4 solcher Neuanalysen der Verkehrssituation. Ein Beispiel enthielt mit 8 die Maximalanzahl an insgesamt vorkommenden Revisions.

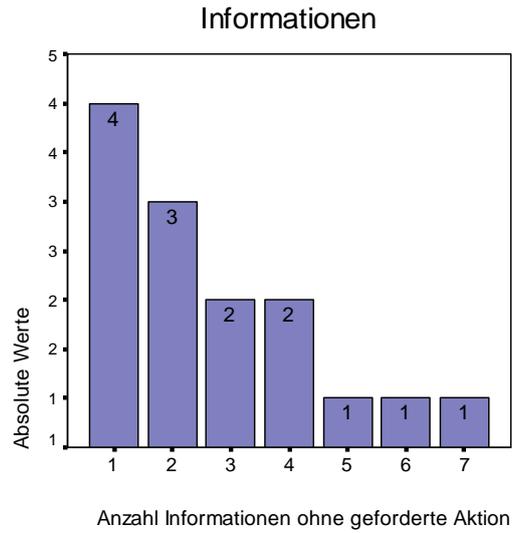


Abb. 17 Verteilung des Faktor „Informationen“

Insgesamt kamen in einem Beispiel mindestens 1 und höchstens 7 Informationen. Die meisten Simulationen wiesen 1 bis 4 solcher Informationen ohne geforderte Aktion auf.

9.1.2 Gesamtleistungen

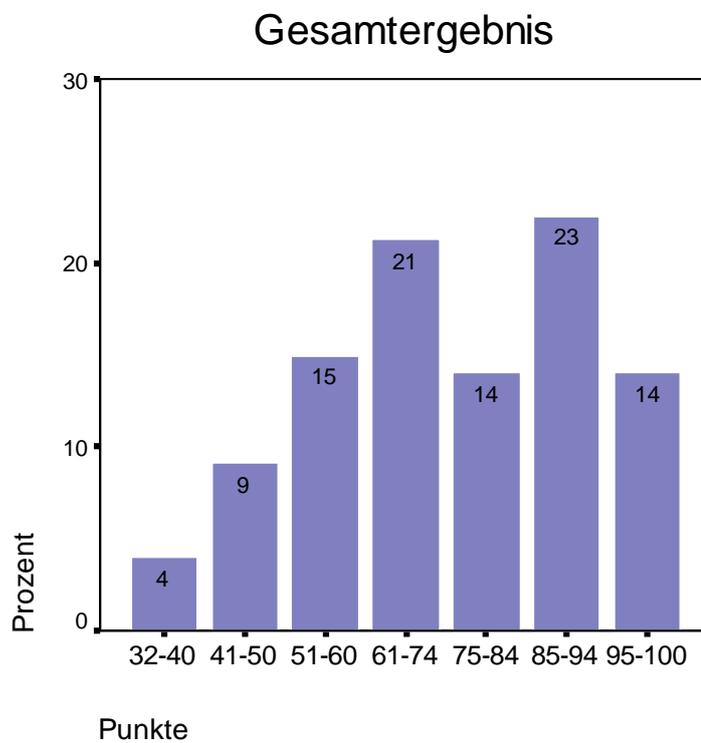


Abb. 18 Punkteverteilung über alle Beispiele.

Die größte Gruppe bildet jene, die die Gesamtpunkte von 85 bis 94 beinhaltet, darin finden sich 23% der Ergebnisse.

Die Gesamtleistungen aller Personen über alle Beispiele hinweg verteilen sich wie in Abb. 18 dargestellt. Die Ergebnisse wurden, zugunsten eines besseren Überblicks über die vorliegenden Daten, in Kategorien zusammengefasst. Da ab einer Gesamtpunktzahl von 74 das Beispiel nicht mehr positiv bewertet werden konnte, wurde diese Tatsache auch bei der Gruppenbildung berücksichtigt.

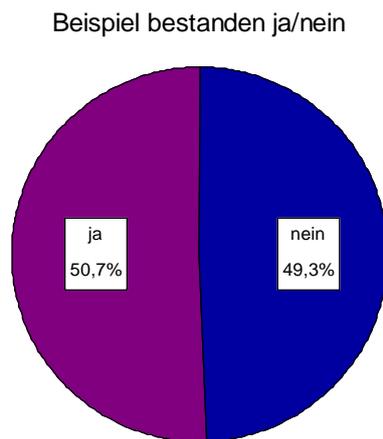


Abb. 19 Prozentanteil bestandener Beispiele

50,7% also 267 von 527 insgesamt gespielten Simulationsbeispielen wurden positiv bewertet. Bei knapp der Hälfte der Beispiele musste also ein negatives Ergebnis verzeichnet werden.

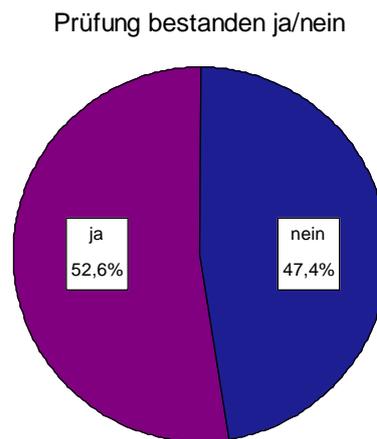


Abb. 20 Prozentanteil bestandener Prüfungen

Nur knapp die Hälfte aller Prüfungsteilnehmer konnte die für das Bestehen der Prüfung notwendige Gesamtleistung erbringen.

Insgesamt wurden 50,7% der 527 durchgeführten Prüfungsbeispiele positiv und 49,3% negativ abgeschlossen (siehe Abb. 19). Ein ähnliches Bild zeichnet sich von den positiv und negativ absolvierten Gesamtprüfungen, also dem Durchschnitt aller acht gespielten Simulationen (Abb. 20): Von 68 Trainees mussten 33 aufgrund fehlerhafter Gesamtleistungen über alle acht Beispiele hinweg die Prüfung wiederholen. Dieses Ergebnis lässt bereits Rückschlüsse über die Schwierigkeit der einzelnen Beispiele und in Folge dessen der vorhandenen Komplexitätsfaktoren zu.

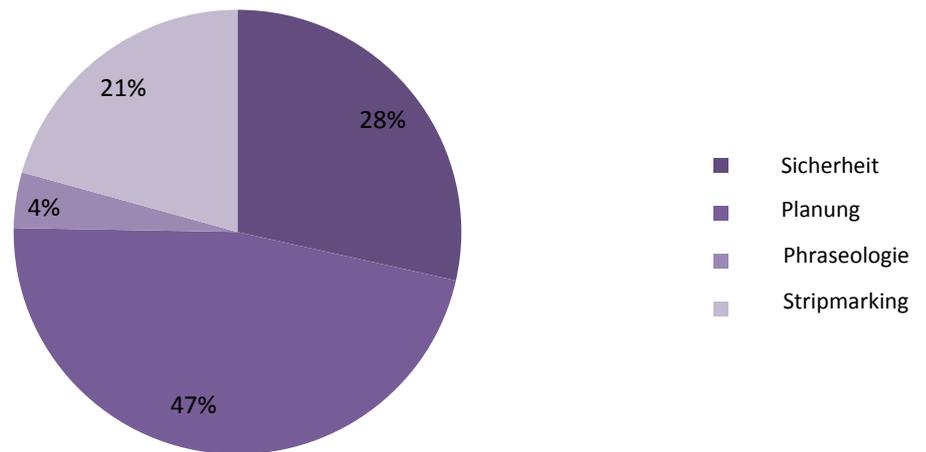


Abb. 21 Prozentelle Aufteilung der aufgetretenen Operationsfehler

Von den aufgetretenen Fehlern betrifft der Großteil (47%) den Bereich „Prioritäten, Planung, Koordination“. 28% der Fehler traten in der Kategorie „Sicherheit“ und 21% in der Kategorie „Stripmarking“ auf. Nur 4% der Fehler waren Phraseologiefehler. Zu beachten gilt hier allerdings, dass die Fehler durch die unterschiedliche Anzahl an Minuspunkten mit der sie gewertet werden, verschieden gewichtet sind und daher unterschiedlich in die erzielte Gesamtpunktezahl eingehen.

9.2 Hypothesentestung

Für die Testung der einzelnen Hypothesen kamen zum einen eine einfaktorielle Varianzanalyse (ANOVA) mit Messwiederholungen (Vorhypothese) zum anderen mehrere multiple Regressionsanalysen (Hypothesen 1 bis 3d) zum Einsatz. Das Signifikanzniveau wurde in allen Verfahren auf 5% festgelegt.

Die ANOVA mit Messwiederholungen zeichnet sich dadurch aus, dass die Daten der einzelnen Bedingungen einer abhängigen Variablen – in diesem Fall der Prüfungsbeispiele – von denselben Personen stammen (Field, 2009). Dadurch ergibt sich der Vorteil, dass individuelle Differenzen, die in Kapitel 7.4.3 als Störvariable identifiziert wurden, kontrolliert

werden. Um das Verfahren jedoch anwenden zu können, müssen einige Voraussetzungen, die Eigenschaften der Daten betreffend, erfüllt sein. Diese sind:

- die Normalverteilung der Daten pro Gruppe,
- die Normalverteilung aller Residuen,
- Intervallskalenniveau der Daten sowie
- gegebene Sphärizität (Field, 2009)

Die Normalverteilung der Daten wird mithilfe des Kolmogorov-Smirnov Tests überprüft. Dieser soll, um die Voraussetzung der Normalverteilung zu erfüllen, ein nicht signifikantes Ergebnis liefern (Field, 2009). Die Normalverteilung der Residuen wird ebenfalls mittels Kolmogorov-Smirnov Test geprüft, auch hier gilt, dass ein signifikantes Ergebnis bedeutet, dass die Verteilung der überprüften Daten von einer Normalverteilung abweichen. Das Intervallskalenniveau der Daten kann in diesem speziellen Fall angenommen werden, da die Bewertung der Beispiele mittels Punktesystem erfolgt ist, und daher der Abstand der einzelnen Punkte als gleich zu werten ist. Die Voraussetzung der Sphärizität ist eine Besonderheit der ANOVA mit Messwiederholungen. Die Annahme der Unabhängigkeit der Daten in den einzelnen Bedingungen ist hier, wie bei der unabhängigen ANOVA, nicht gegeben, daher wird vorausgesetzt, dass zumindest die Abhängigkeiten der Daten von den einzelnen Bedingungen in etwa gleich ist (Field, 2009). Die Sphärizität kann im Statistikprogramm SPSS mithilfe des Mauchly-Tests überprüft werden, der ein nicht signifikantes Ergebnis aufweisen sollte.

Die multiple Regressionsanalyse ist eine Methode, um herauszufinden, welche unabhängigen Variablen (Prädiktoren) die Ausprägungen der abhängigen Variable bedingen. Es werden vereinfacht gesagt also die Werte der abhängigen Variable durch die unabhängigen Variablen vorausgesagt, weswegen letztere auch als Prädiktoren bezeichnet werden. Auch bei diesem Verfahren gibt es wiederum bestimmte Voraussetzungen, die erfüllt werden müssen, um es durchführen zu können oder interpretierbare Ergebnisse zu erhalten. Die erste Voraussetzung besagt, dass die vorhandenen Prädiktoren nicht perfekt miteinander korrelieren dürfen (keine perfekte Multikollinearität aufweisen dürfen). Eine Verletzung dieser Voraussetzungen hätte eine Limitierung der aus der Analyse gewonnenen

Ergebnisse zur Folge (Field, 2009). Die Prüfung der Multikollinearität erfolgt anhand des Toleranz-Wertes bzw. des Variance Inflation Factors. Der Toleranz-Wert sollte dabei über einem Wert von 0.2 liegen, der Variance Inflation Factor sollte 10 nicht überschreiten. Ein weiterer wichtiger Punkt, den es vor der Durchführung der Regressionsanalyse zu klären gilt, ist die Homoskedastizität. Homoskedastizität bedeutet, dass die Varianz der Residuen konstante Werte aufweist. Dies kann beispielsweise unter Zuhilfenahme eines Streudiagramms, in dem die standardisierten Residuen und die standardisierten vorhergesagten Werte abgebildet sind, überprüft werden (Field, 2009). Die nächste Voraussetzung, die Normalverteilung der Fehler, kann mittels Normalverteilungsdiagramm im Zuge der Regressionsanalyse geklärt werden. Schließlich sollte vor der Durchführung der Regression die Unabhängigkeit der Residuen überprüft werden. Dazu eignet sich beispielsweise der Durbin-Watson Test, der Werte zwischen 0 und 4 annehmen kann. Idealerweise sollten die einzelnen Werte nahe 2 ausfallen, um auf die Unabhängigkeit der Residuen schließen zu können. Ein Wert unter 2 würde auf eine positive, ein Wert über 2 auf eine negative Korrelation der Residuen hindeuten und die Interpretierbarkeit der aus der Regressionsanalyse gewonnenen Ergebnisse einschränken (Field, 2009).

Die für die Überprüfung der Hypothesen 1 bis 3d gewählte multiple Regressionsanalyse zeichnet sich durch ein schrittweises Vorgehen, genauer gesagt ein so genanntes Rückwärts-Verfahren aus. Dabei werden vom für die Datenanalyse verwendeten Statistikprogramm SPSS zunächst alle Prädiktoren in das Modell einbezogen und danach die nicht signifikanten Faktoren schrittweise ausgeschlossen. Der Vorteil der Rückwärts-Methode im Gegensatz zum Vorwärts-Verfahren ist die Vermeidung des Suppressor Effektes, der dann auftritt, wenn ein Prädiktor zwar eine signifikante Aussagekraft hat, diese jedoch nur unter Anwesenheit eines anderen Prädiktors in der Regressionsanalyse sichtbar wird (Field, 2009).

Vorhypothese

Vorhypothese 1: Die einzelnen Simulationsbeispiele unterscheiden sich hinsichtlich der in ihnen erbrachten Gesamtleistungen signifikant voneinander.

Da, wie in Kapitel 7.3 erwähnt, zu den einzelnen Simulationsbeispielen unterschiedlich viele Daten vorliegen, konnten zur Überprüfung der Vorhypothese nur die Beispiele 5EB501, 5EB502, 5EE503, 5ENLU505, 5ENLU506, 5ES507, 5ES508 und 5EWLU509 herangezogen werden, da diese von denselben 27 Personen durchgespielt wurden und sich daher gut für eine ANOVA mit Messwiederholungen eignen. Abb. 22 zeigt die durchschnittlichen Gesamtleistungen pro Beispiel. Hier sind bereits deutliche Unterschiede zwischen den einzelnen Beispielen erkennbar.

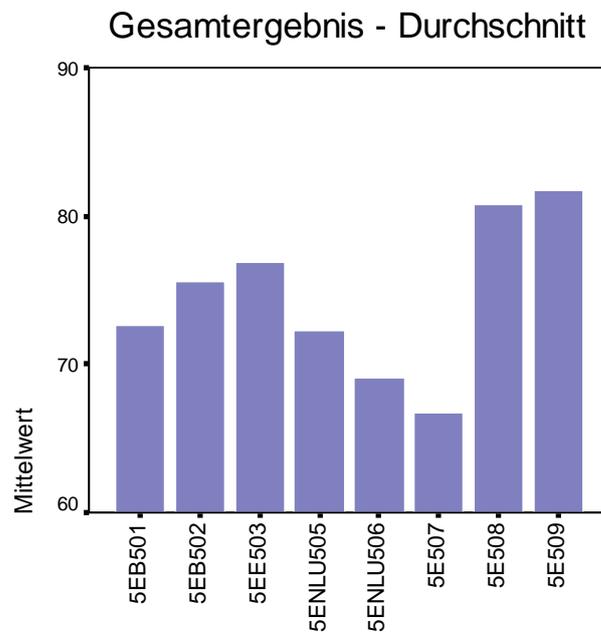


Abb. 22 Zusammenfassung der durchschnittlichen Gesamtergebnisse pro Beispiel

Mit einer Varianzanalyse mit Messwiederholungen sollte im Anschluss überprüft werden, ob diese Unterschiede auch signifikant ausfallen. Zunächst mussten jedoch die für die Durchführung einer ANOVA mit Messwiederholungen notwendigen Voraussetzungen geprüft werden. Mittels Kolmogorov-Smirnov Test wurden die einzelnen Beispiele auf vorhandene Normalverteilung geprüft, dabei ergab sich bei keiner der Gruppen ein

signifikantes Ergebnis. Dies weist darauf hin, dass die getesteten Verteilungen nicht signifikant von einer Normalverteilung abweichen, eine Normalverteilung der Daten innerhalb der Beispiele darf demnach angenommen werden. Eine Überprüfung der nicht standardisierten Residuen mittels Kolmogorov-Smirnov Test aller in die Varianzanalyse einbezogenen Daten ergab ebenfalls keine Signifikanz. Die Intervallskalierung der Daten kann, wie bereits erläutert, aufgrund der Bewertung mittels Punktesystem angenommen werden. Die Gegebenheit der Sphärizität wurde mit Hilfe des Mauchly-Tests überprüft. Er fiel mit 0.81 nicht signifikant aus, die Voraussetzung der Sphärizität kann daher als gegeben betrachtet werden. Die ANOVA mit Messwiederholungen ergab schließlich, dass sich die in die Überprüfung mit einbezogenen Simulationsbeispiele hinsichtlich der in ihnen erzielten Gesamtleistungen signifikant voneinander unterscheiden ($N=27$; $F(7,189)=4.58$; $p<.001$). Ein anschließender Post-hoc Test nach Bonferroni zeigte, dass sich die Signifikanz durch die Vergleiche von Bsp. 5ENLU506 mit 5EWLU509 ($p=.017$), sowie 5ES507 mit 5EWLU509 ($p=.002$) erklärt, wobei in beiden Fällen in Bsp. 5EWLU509 bessere Gesamtleistungen erbracht wurden als in den beiden anderen. Ein tendenzieller Unterschied fand sich auch im Vergleich zwischen Bsp. 5ES507 und 5ES508 ($p=0.055$), wobei wiederum in ersterem eine geringere Gesamtpunktezahl erzielt wurde. Eine Annahme in die gefundene Richtung geht bereits aus Abb. 22 hervor, hier ist deutlich erkennbar, dass die durchschnittliche Gesamtleistung in den Beispielen 5ENLU506 und 5ES507 insgesamt, vor allem aber im Vergleich zu den Beispielen 5EWLU509 und 5ES508, den Prüflingen schwerer gefallen sein dürften. Die genauen Ergebnisse sowie eine Tabelle, in der die Mittelwerte der einzelnen Beispiele dargestellt sind, finden sich im Anhang der vorliegenden Arbeit.

Aufgrund der Ergebnisse der repeated-measures ANOVA und nachfolgendem Post-hoc Test darf angenommen werden, dass die überprüften Beispiele unterschiedliche Schwierigkeitsgrade aufweisen. Ob diese auf die unterschiedlichen Ausprägungen der Komplexitätsfaktoren zurückzuführen sind, soll die Überprüfung der Hypothesen 1 bis 3d zeigen.

Hypothese 1

Hypothese 1: Die in den Simulationsbeispielen vorhandenen Komplexitätsfaktoren haben einen Einfluss auf die Gesamtleistungen der Trainees.

Um Hypothesen 1 zu überprüfen wurde auf eine multiple Regressionsanalyse (Rückwärts-Verfahren) zurückgegriffen. Da jedoch ein Einfluss der in Kapitel 7.4.3 geschilderten Persönlichkeitseigenschaften als Störvariablen befürchtet wurden, wurden für die weitere Analyse die durchschnittliche Gesamtleistung für jedes Beispiel verwendet, um die Persönlichkeitseinflüsse auszumitteln. Hierfür dienten wieder alle vorhandenen 527 Daten.

Zunächst soll jedoch geklärt werden, ob die für die Durchführung der Regressionsanalyse notwendigen Voraussetzungen gegeben sind. Der Toleranzwert sollte, wie bereits erwähnt, einen Wert über 0.2 ergeben, der Variance Inflation Factor nicht über 10 ausfallen. Dies war bei allen einbezogenen Prädiktoren der Fall, die unabhängigen Variablen korrelieren demzufolge nicht perfekt miteinander. Darüber hinaus muss gewährleistet sein, dass die Varianz der Residuen konstant ausfällt. Dies wurde mithilfe eines Streudiagramms überprüft und die Voraussetzung als gegeben erachtet. Auch die Normalverteilung der Fehler kann als vorhanden angesehen werden. Zur Überprüfung der Unabhängigkeit der Residuen diene der Durbin-Watson Test, der im Zuge der Regressionsanalyse in SPSS durchgeführt wurde. Der dabei errechnete Wert sollte nahe bei 2 liegen, um die Voraussetzung unabhängiger Residuen zu erfüllen (Field, 2009). In der vorliegenden Untersuchung liegt der Wert des Durbin-Watson-Tests bei 3.036, was auf eine tendenziell negative Autokorrelation der Residuen hindeutet. Die mithilfe der Regressionsanalyse gewonnenen Ergebnisse müssen in Hinblick darauf als begrenzt interpretierbar betrachtet werden, da die Signifikanztestung dadurch verzerrt wird (Brosius, 1998). Die Signifikanzen sind in Wahrheit weniger hoch signifikant als die Ergebnisse der Regressionsanalyse dies belegen.

Die schrittweise multiple Regressionsanalyse ergab eine Signifikanz für die Prädiktoren „Militärsektor“, „CI“ und „Requests“ ($F=5.83$; $p=.014$). Die genauen Ergebnisse sind in Tabelle 3 dargestellt.

Tabelle 3 Einfluss der Komplexitätsfaktoren auf den Mittelwert der Gesamtleistungen

		B	SE B	Beta
1	(Konstante)	75.189	2.784	
	Militärsektoren aktiv	-3.598	1.238	-.709*
	Anzahl an CIs	.846	.317	.837*
	Anzahl an Requests	-1.604	.608	-.772*
	Anzahl an Revisions	-.497	.499	-.215
	Anzahl an Informationen	-.131	.641	-.055
2	(Konstante)	74.982	2.453	
	Militärsektoren aktiv	-3.696	1.080	-.728°
	Anzahl an CIs	.820	.275	.812*
	Anzahl an Requests	-1.591	.572	-.765*
	Anzahl an Revisions	-.475	.461	-.206
3	(Konstante)	73.467	1.970	
	Militärsektoren aktiv	-3.758	1.081	-.740°
	Anzahl an CIs	.901	.264	.892°
	Anzahl an Requests	-1.743	.554	-.839°

R²=.68 für Schritt 1, R²=.68 für Schritt 2, R²=.64, *p<.05, °p≤.01

Die Ergebnisse weisen darauf hin, dass die unabhängigen Variablen „Militärsektoren“ und „Requests“ einen signifikant negativen Einfluss auf die erzielten Gesamtleistungen haben. Aus Tabelle 3 ist ersichtlich, dass pro vorhandenem Militärsperregebiet eine durchschnittlich um 3.76 Punkte und pro eingehendem Request eine um 1.74 Punkte verringerte Gesamtpunkteanzahl erzielt wurden. Der Prädiktor „CI“ hat ebenfalls einen signifikanten Einfluss, scheint sich jedoch positiv auf die abhängige Variable Gesamtleistung auszuwirken. Ein R² von .636 bedeutet, dass die drei in Schritt 3 der Regressionsanalyse einbezogenen Variablen gemeinsam eine Gesamtvarianz von 63.6% erklären. Die Ergebnisse sind jedoch durch den Wert des Durbin-Watson-Tests als limitiert interpretierbar zu betrachten.

Hypothese 2a

Hypothese 2a: Die in den Simulationsbeispielen vorhandenen Komplexitätsfaktoren haben einen Einfluss auf die Leistungen der Trainees in der Kategorie „Sicherheit“.

Hypothese 2a bezieht sich auf den Einfluss der Komplexitätsfaktoren auf die Leistungen in der Bewertungskategorie „Sicherheit“. Auch hier ist es zunächst nötig, die für die

Regressionsanalyse geforderten Voraussetzungen zu prüfen. In dieser Hinsicht fanden sich keine Auffälligkeiten, jedoch ist durch einen Durbin-Watson Wert von 2.8 wieder die bereits erwähnte Vorsicht bei der Interpretation und Generalisierbarkeit der Ergebnisse geboten. Die schrittweise Regressionsanalyse (Rückwärts-Verfahren) ergab auch in dieser Fragestellung ein, wenn auch knappes, signifikantes Ergebnis ($F=3.78$, $p=.048$).

Tabelle 4 Einfluss der Komplexitätsfaktoren auf die Leistungen in der Kategorie „Sicherheit“

		B	SE B	Beta
1	(Konstante)	26.792	2.975	
	Militärsektoren aktiv	-2.933	1.323	-.603
	Anzahl an CIs	.732	.339	.757
	Anzahl an Requests	-1.512	.650	-.760*
	Anzahl an Revisions	-.596	.533	-.270
	Anzahl an Informationen	-.309	.685	-.134
2	(Konstante)	26.306	2.648	
	Militärsektoren aktiv	-3.163	1.165	-.651*
	Anzahl an CIs	.671	.297	.694
	Anzahl an Requests	-1.481	.617	-.744*
	Anzahl an Revisions	-.545	.498	-.247
3	(Konstante)	24.568	2.141	
	Militärsektoren aktiv	-3.234	1.175	-.665*
	Anzahl an CIs	.764	.287	.789*
	Anzahl an Requests	-1.655	.602	-.831*

$R^2=.597$ für Schritt 1, $R^2=.586$ für Schritt 2, $R^2=.563$ für Schritt 3, * $p<.05$

Im Hinblick auf den Einfluss der Komplexitätsfaktoren auf die Leistung in der Bewertungskategorie „Sicherheit“ kann den Faktoren „Militärsektoren“, „CI“ und „Requests“ abermals eine signifikante Rolle zugeschrieben werden. Dabei scheint wiederum die Anzahl an CIs eine positivere Leistung in diesem Bereich zu bedingen. Ein Militärsperregebiet bedeutet, wie aus Tabelle 4 hervorgeht, einen durchschnittlichen Punkteabzug von 3.23, ein einkommender Request durchschnittlich 1.66 Punkte weniger.

Hypothese 2b

Hypothese 2b: Die in den Simulationsbeispielen vorhandenen Komplexitätsfaktoren haben einen Einfluss auf die Leistungen der Trainees in der Kategorie „Prioritäten, Planung, Koordination“.

Die der Analyse vorausgehende Überprüfung der Voraussetzungen wies keine Auffälligkeiten auf. Alle Werte waren im tolerierbaren Bereich. Die darauffolgende multiple Regressionsanalyse ergab mit einem Wert von $F=4.798$, $p=.049$ ein knapp signifikantes Ergebnis. Hier blieb nach dem Ausschluss der nicht signifikanten Variablen in Schritt 5 nur mehr der Faktor „CI“ übrig. Er vermag mit einem R^2 von $.29$ somit 29% der Gesamtvarianz zu erklären, beeinflusst den Ergebnissen der Regressionsanalyse nach zu urteilen die Leistungen in dieser Unterkategorie jedoch in die positive Richtung. Eine detaillierte Darstellung der Ergebnisse für die Hypothesentestung 2b ist im Anhang zu finden (Tabellen 16-18).

Hypothese 2c

Hypothese 2c: Die in den Simulationsbeispielen vorhandenen Komplexitätsfaktoren haben einen Einfluss auf die Leistungen der Trainees in der Kategorie „Phraseologie“.

Der Einfluss der Komplexitätsfaktoren auf die Leistungen in der Kategorie „Phraseologie“ erwies sich als nicht signifikant ($F=.714$, $p=.416$). Ein Zusammenhang kann diesem Ergebnis zufolge also ausgeschlossen werden.

Hypothese 2d

Hypothese 2d: Die in den Simulationsbeispielen vorhandenen Komplexitätsfaktoren haben einen Einfluss auf die Leistungen der Trainees in der Kategorie „Stripmarking, Striphandling“.

Die vorab erfolgte Überprüfung der Voraussetzungen ergab eine tendenziell negative Abhängigkeit der Residuen untereinander (Durbin-Watson 1.21). Die übrigen Annahmen konnten als gegeben betrachtet werden. Die Regressionsanalyse ergab folgende Werte: F-Wert von 5.73, $p=.015$ und somit ein signifikantes Ergebnis.

Tabelle 5 Einfluss der Komplexitätsfaktoren auf die Leistungen in der Kategorie „Stripmarking, Striphandling“

		B	SE B	Beta
1	(Konstante)	8.821	.348	
	Militärsektoren aktiv	-.260	.155	-.428
	Anzahl an CIs	.020	.040	.165
	Anzahl an Requests	-.198	.076	-.798*
	Anzahl an Revisions	-.089	.062	-.321
	Anzahl an Informationen	.004	.080	.015
2	(Konstante)	8.828	.306	
	Militärsektoren aktiv	-.257	.135	-.423
	Anzahl an CIs	.021	.034	.172
	Anzahl an Requests	-.199	.071	-.799*
	Anzahl an Revisions	-.089	.057	-.324
3	(Konstante)	8.923	.255	
	Militärsektoren aktiv	-.226	.120	-.371
	Anzahl an Requests	-.169	.049	-.678°
	Anzahl an Revisions	-.099	.053	-.360

$R^2=.65$ für Schritt 1, $R^2=.65$ für Schritt2, $R^2=.63$ für Schritt 3. * $p<.05$, ° $p<.01$

Die in Tabelle 5 dargestellten Ergebnisse weisen darauf hin, dass die Anzahl an auftauchenden Requests einen signifikanten Einfluss auf die Leistungen im Stripmarking und Striphandling hat. Insgesamt werden in Schritt 3 63% der Gesamtvarianz erklärt.

Hypothese 3a

Hypothese 3a: Die in den Simulationsbeispielen vorhandenen Komplexitätsfaktoren haben einen Einfluss auf die Häufigkeit des Fehlers „1.1 Staffelunterschreitung“.

Hypothese 3a betrifft den ersten in die Analyse einbezogenen Operationsfehler. Dabei soll überprüft werden, ob die fünf Prädiktoren das Auftreten von Staffelunterschreitungen beeinflussen. Wieder ergab der Test auf Unabhängigkeit der Residuen, dass diese negativ miteinander korrelieren (Durbin-Watson Statistik 2.86). Insgesamt konnte mithilfe der Regressionsanalyse (Rückwärts-Methode) kein signifikantes Ergebnis nachgewiesen werden ($F=2.95$, $p=.85$).

Tabelle 6 Einfluss der Komplexitätsfaktoren auf das Auftreten des Fehlers „Staffelunterschreitung“

		B	SE B	Beta
1	(Konstante)	.564	.160	
	Militärsektoren aktiv	.115	.071	.483
	Anzahl an CIs	-.036	.018	-.768
	Anzahl an Requests	.069	.035	.702
	Anzahl an Revisions	.023	.029	.208
	Anzahl an Informationen	-.007	.037	-.065
2	(Konstante)	.553	.141	
	Militärsektoren aktiv	.110	.062	.461
	Anzahl an CIs	-.038	.016	-.799*
	Anzahl an Requests	.069	.033	.709
	Anzahl an Revisions	.024	.027	.219
3	(Konstante)	.628	.112	
	Militärsektoren aktiv	.113	.061	.473
	Anzahl an CIs	-.042	.015	-.883*
	Anzahl an Requests	.077	.031	.787*

$R^2=.52$ für Schritt 1, $R^2=.51$ für Schritt 2, $R^2=.47$ für Schritt 3, * $p<.05$

Trotz des nicht signifikanten Ergebnisses für Schritt 3 weisen die Faktoren „CI“ und „Militärsektoren“ einen signifikanten Einfluss auf die abhängige Variable Anzahl der Staffelunterschreitungen auf. Die Anzahl der Militärsperregebiete scheint dabei die Auftrittswahrscheinlichkeit zu erhöhen. Aufgrund des auffälligen Durbin-Watson Testes und

der daraus abzuleitenden Korrelation der Residuen ist bei der Interpretation dieses Ergebnisses jedoch Vorsicht geboten.

Hypothese 3b

Hypothese 3b: Die in den Simulationsbeispielen vorhandenen Komplexitätsfaktoren haben einen Einfluss auf die Häufigkeit des Fehlers „1.2 keine gesicherte Staffel“.

Die schrittweise Regressionsanalyse lieferte kein signifikantes Ergebnis hinsichtlich des Einflusses der Komplexitätsfaktoren auf den Fehler „keine gesicherte Staffel“ ($F=1.77$, $p=.21$).

Hypothese 3c

Hypothese 3c: Die in den Simulationsbeispielen vorhandenen Komplexitätsfaktoren haben einen Einfluss auf die Häufigkeit des Fehlers „2.2 Mangelhafte Planung“.

Die durchgeführten Voruntersuchungen wiesen darauf hin, dass alle geforderten Voraussetzungen erfüllt sind. Die Regressionsanalyse ergab für diese Fragestellung ein signifikantes Ergebnis ($F=5.58$, $p=.036$) in Schritt 5 des Rückwärts-Verfahrens, jedoch nur für den Faktor CI. Insgesamt wird durch diesen Faktor eine Gesamtvarianz von 32% ($R^2=.32$ für Schritt 5) erklärt. Durchschnittlich wurde pro CI der Fehler „Mangelhafte Planung“ um 0.019 verringert.

Tabelle 7 Einfluss der Komplexitätsfaktoren auf das Auftreten des Fehlers „Mangelhafte Planung“

		B	SE B	Beta
1	(Konstante)	.730	.099	
	Militärsektoren aktiv	.079	.044	.476
	Anzahl an CIs	-.018	.011	-.557
	Anzahl an Requests	.000	.022	.007
	Anzahl an Revisions	-.029	.018	-.390
	Anzahl an Informationen	-.023	.023	-.300
2	(Konstante)	.731	.093	
	Militärsektoren aktiv	.078	.039	.474
	Anzahl an CIs	-.018	.008	-.552*
	Anzahl an Revisions	-.029	.016	-.389
	Anzahl an Informationen	-.023	.021	-.300
3	(Konstante)	.694	.088	
	Militärsektoren aktiv	.059	.035	.356
	Anzahl an CIs	-.022	.007	-.669*
	Anzahl an Revisions	-.025	.016	-.332
4	(Konstante)	.608	.073	
	Militärsektoren aktiv	.062	.037	.377
	Anzahl an CIs	-.020	.007	-.619*
5	(Konstante)	.632	.076	
	Anzahl an CIs	-.019	.008	-.564*

R²=.62 für Schritt 1, R²=.62 für Schritt 2, R²=.56 für Schritt 3, R²=.456 für Schritt 4, R²=.32 für Schritt 5, *p<.05

Hypothese 3d

Hypothese 3d: Die in den Simulationsbeispielen vorhandenen Komplexitätsfaktoren haben einen Einfluss auf die Häufigkeit des Fehlers „2.3 Inaktivität“.

Hinsichtlich des Einflusses der Komplexitätsfaktoren auf den Fehler Inaktivität konnte mithilfe der Regressionsanalyse kein signifikantes Ergebnis nachgewiesen werden (F=1.54, p=.24). Die Fehlerwahrscheinlichkeit scheint sich demzufolge nicht aus der Anwesenheit externer Schwierigkeitsfaktoren erklären zu lassen.

10. Diskussion

10.1 Ergebnisse

Die der eigentlichen Klärung der Fragestellungen vorausgehende deskriptivstatistische Analyse hat gezeigt, dass nur in knapp 50% der Prüfungsbeispiele eine für deren Bestehen notwendige Leistung erbracht wurde. Dieses Ergebnis ist insofern erschreckend, als die rigorose Selektion der Fluglotsenanwärter bereits jene Personen aussieben sollte, die für die Ausübung des offensichtlich sehr komplexen Berufes des Fluglotsen nicht geeignet sind. Ob sich die hohe Drop-Out Rate während der Ausbildung dadurch erklären lässt, dass sich viele Fluglotsenschüler durch ein negatives Abschneiden bzw. eine Konfrontation mit einer derartigen Komplexität, wie sie in den Prüfungsbeispielen auftaucht, entmutigen lassen und das Handtuch werfen, sei dahingestellt. Die Klärung dieses Sachverhaltes war jedoch nicht das eigentliche Ziel der vorliegenden Untersuchung.

Die sich aus der Theorie ableitenden Fragestellungen hinsichtlich des Einflusses unterschiedlicher Komplexitätsfaktoren auf die Leistung eines Flug-, bzw. in diesem Fall genauer definiert, eines Planungsloten, wurden versucht mittels ANOVA mit Messwiederholungen beziehungsweise unter Zuhilfenahme mehrerer multipler Regressionsanalysen zu klären. Darin wurden die in den einzelnen Simulationsbeispielen der Planungslotenprüfung der Austro Control erzielten Ergebnisse verglichen, wobei sich bei diesem Vergleich vor allem zwei Beispiele als besonders schwierig herauskristallisierten. Im Vergleich dazu wurden in zwei weitere Beispiele offenbar besonders gute durchschnittliche Leistungen erbracht. Vergleicht man nun diese Beispiele anhand der in Tabelle 2 aufgelisteten Komplexitätsfaktoren, so fällt bei Bsp. 5ENLU506 – einem Beispiel, in dem durchschnittlich eher schwächere Leistungen erzielt wurden – sofort auf, dass darin 3 Militärspektoren auftauchen, während die übrigen Variabel mit 9 CIs, 0 Requests, 2 Revisions und 6 Infos eher moderat ausfallen. Das Bsp. 5ES507 hingegen – auch hier wurde eine geringere durchschnittliche Gesamtpunkteanzahl erbracht – weist nur 1 Militärsperregebiet auf, jedoch mit 8 Revisions die höchste Ausprägung in diesem Komplexitätsfaktor. In den beiden offenbar weniger schwierigen Beispiele 5ES508 und 5EWLU509 kamen im Vergleich dazu in der Kategorie „Militärspektoren“ in beiden Fällen 0 und auch in der Kategorie

„Revisions“ nur 2 oder 3 vor. Dieser Vergleich lässt darauf schließen, dass vor allem der Komplexitätsfaktor „Militärsektor“, der bereits von Kirwan, Scaife & Kennedy (2001) in die Top 12 Complexity Factors aufgenommen wurde, einen Einfluss auf den Workload der Prüflinge und damit die auftretenden Operationsfehler – aus denen sich die Gesamtleistung indirekt ergibt – hat. Zusätzlich liegt die Vermutung nahe, dass aufgrund der gegebenen Unterschiede auch der Komplexitätsfaktor „Revisions“ die Leistungen der Trainees limitiert. Die darauffolgende Regressionsanalyse im Zuge der Hypothesentestung von Hypothese 1 ergab jedoch keinen signifikanten Einfluss des Faktors „Revisions“ auf die durchschnittlich von den Trainees erbrachte Gesamtleistung, wohl aber für den Prädiktor „Militärsektoren“. Außerdem scheint die Anzahl der Requests, also der einkommenden Anfragen von Nebenstellen, einen negativen Einfluss auf die erbrachten Leistungen zu haben. Dies deckt sich ebenfalls mit den Ergebnissen von Kirwan, Scaife & Kennedy (2001), denen zufolge der Faktor „Communications & Co-ordinations“ (vgl. Tabelle 1, Kapitel 3.2) auf Platz 4 der TOP 12 Komplexitätsfaktoren anzusiedeln ist, sowie mit der Untersuchung von Reiche, Kirchner & Laurig (1971), der zufolge der Informationsgehalt der Kommunikation eine entscheidende Rolle bei der Entstehung von Workload spielt. Der offenbar positive Einfluss der Variable „CI“ auf die Gesamtleistung der Prüflinge könnte dahingehend interpretiert werden, dass jedes einkommende Flugzeug die Aufmerksamkeitsleistung erhöht und somit der von Scerbo (2001) postulierten Langeweile bei Vigilanzaufgaben entgegensteuert.

Der im Zuge der Regressionsanalyse durchgeführte Durbin-Watson Test für die Testung von Hypothese 1 gibt jedoch Anlass zur Sorge hinsichtlich der Interpretierbarkeit der Ergebnisse. Ursache für das Anzeigen einer Autokorrelation der Residuen können laut Brosius (1998) darin liegen, dass wichtige, zur Erklärung beitragende Variablen nicht als Prädiktor in das Modell aufgenommen wurden. In diesem konkreten Fall könnten damit eventuelle Persönlichkeitsfaktoren gemeint sein. Obwohl versucht wurde diese durch die Verwendung des Mittelwertes in der statistischen Auswertung auszumerzen, könnten sie dennoch eine Rolle spielen und sich durch eine Autokorrelation der Residuen bemerkbar machen. Ein weiterer Grund für abhängige Residuen könnte ein nicht linearer Zusammenhang zwischen abhängiger Variable und den Prädiktoren sein, wie bereits von Athènes et al. (2002) und Averty et al. (2004) postuliert wurde.

Die Ergebnisse von Hypothesentestung 2a hinsichtlich der Leistungen in der Kategorie „Sicherheit“ unterstützen die Ergebnisse von Hypothesentestung 1. Auch hier scheinen dieselben Faktoren an einer negativen Leistung beteiligt zu sein, nämlich das Vorhandensein eines oder mehrerer Militärsperregebiete im kontrollierten Flugsektor sowie das Auftreten einkommender Anrufe mit konkreten Anfragen. Die beiden Faktoren scheinen jedoch vor allem einen Einfluss auf die Leistungen in der Kategorie Sicherheit zu haben, da die Ergebnisse in Bezug auf die Kategorie „Prioritäten, Planung, Koordination“ nicht entsprechend ausfallen. Hier ist jedoch wiederum auffällig, dass der Faktor „CI“, wie auch in der Bewertungskategorie „Sicherheit“ einen positiven Einfluss auf die erbrachten Leistungen zu haben scheint. Als erklärende Komponente könnten hier wiederum die Steigerung der Aufmerksamkeitsleistung und die damit einhergehende Abwendung aufkommender Langeweile mitwirken. Aufgrund der Werte der Durbin-Watson Statistik sind jedoch die gleichen Bedenken bezüglich der Interpretation der Ergebnisse anzumerken, wie sie bei der Überprüfung von Hypothese 1 der Fall waren.

Das nicht signifikante Ergebnis bei der Überprüfung von Hypothese 2c, die Leistungen in der Kategorie Phraseologie betreffend, ist wenig verwunderlich. Wie bereits aus der deskriptivstatistischen Analyse in Kapitel 9.1.1 hervorgeht, traten in der Planungslotsenprüfung, auf der die vorliegenden Daten beruhen, nur wenig Phraseologie- und Kommunikationsfehler auf. Dies lässt darauf schließen, dass die dahingehende Ausbildung in der Austro Control solche Fehler erst gar nicht zulässt und auch Komplexitätsfaktoren in der Flugsicherung darauf keinen Einfluss haben, was in Anbetracht der durch falsch angewandte Kommunikationsregeln verursachten Unfälle positiv zu beurteilen ist. Als überraschend hingegen erweist sich der offenbar große Einfluss, den der Faktor „Requests“ auf die Leistungen in Aufgaben die Flight Progress Strips betreffend hat. Logisch begründet werden könnte dieses Ergebnis dadurch, dass eine Anfrage einer Nebenstelle bezüglich einer geänderten Geschwindigkeit, Flughöhe oder Richtung eines einkommenden Flugzeuges die kognitiven Ressourcen der Trainees so sehr in Anspruch genommen hat, dass offensichtlich vergessen wurde die geänderten Daten auf den entsprechenden Flight Strips einzutragen, oder diese falsch vermerkt wurden.

Die Überprüfung des Einflusses der Komplexitätsfaktoren auf das Auftreten des Fehlers „1.1 Staffelunterschreitung“ (Hypothese 3a) ergab, eine Signifikanz für den Faktor „Requests“. Dieser scheint demnach die Auftrittswahrscheinlichkeit des untersuchten Operationsfehlers zu erhöhen. Falls die Requests – was im Nachhinein leider nicht mehr festgestellt werden kann – Vertikalbewegungen von einkommenden Flugzeugen betreffen, so würde sich dies mit den Ergebnissen von Pfeleiderer et al. (2007) decken. Ebenso könnte dieses Ergebnis in Richtung der Untersuchung von Reiche, Kirchner & Laurig (1971) interpretiert werden, da in einem Request deutlich mehr Informationsgehalt zu vermuten ist als beispielsweise in dem Faktor „Information“. Eine weitere Erklärung wäre die durch einkommende Anrufe bewirkte Ablenkung, wobei zu bedenken ist, dass auch die Variablen „Revisions“ und „Informationen“ in Form von Anrufen erfolgten. Der Komplexitätsfaktor „CI“ hat laut Regressionsanalyse eine Verringerung der Fehlerhäufigkeit „Staffelunterschreitung“ zur Folge. Dies könnte wiederum auf die Anregung der kognitiven Leistungsfähigkeit und Aufmerksamkeit zurückzuführen sein, denn auch die Ergebnisse von Hypothesentestung 3c (Mangelhafte Planung) sprechen dafür, dass der Faktor „CI“ das Auftreten dieses Fehlers verringert. Die Hypothesentestungen von Hypothese 3b und 3d, die Fehler „1.2 Keine gesicherte Staffel“ und „2.3 Inaktivität“ betreffend, ergaben hingegen kein signifikantes Ergebnis

Insgesamt kommt der vorliegenden Untersuchung nur ein geringer Erklärungswert zu, was das Auftreten gravierender Operationsfehler betrifft. Zwar konnte nachgewiesen werden, dass einkommende Anrufe von Nebenstellen mit konkreten Anfragen (Requests) das Auftreten von Staffelunterschreitungen erhöht und die Meldung den Sektor ansteuernder Flugzeuge (CIs) das Auftreten sowohl dieses Fehlers als auch des Fehlers „Mangelhafte Planung“ verringert, den übrigen Komplexitätsfaktoren schien dabei jedoch keine tragende Rolle zuzukommen. Und auch für die übrigen beiden untersuchten Operationsfehler fand sich unter den gewählten unabhängigen Variablen kein erklärender Faktor. Was allerdings die Gesamtleistung der Prüflinge betrifft, die sich ja aus allen aufgetretenen Fehlern in den Bereichen „Sicherheit“, „Prioritäten, Planung, Koordination“, „Phraseologie“ und „Stripmarking, Striphandling“ zusammensetzt, so konnte belegt werden, dass die Militärspektoren darauf einen sehr großen Einfluss zu haben scheinen. Dies schlägt sich vor allem in den Leistungen in der Kategorie „Sicherheit“ nieder. Die dabei aufgetretenen Fehler dürften sich jedoch auf die übrigen Fehler (siehe Fehlerkatalog im Anhang) verteilen. Was

die Koordinations- und Planungstätigkeit der Planungslotsen angeht, so konnte nur dem Faktor „Cl“, also der Meldung eines manuell gestarteten Flugzeuges, ein signifikanter Einfluss nachgewiesen werden, der jedoch in die positive Richtung geht. Hinsichtlich der beiden anderen Bewertungskategorien kann zusammengefasst werden, dass im Bereich „Phraseologie“ kaum Fehler auf traten, wobei dabei den untersuchten Komplexitätsfaktoren keine entscheidende Rolle zuzukommen schien. Die Leistungen im Umgang mit den Flight Strips hingegen schien erneut der Faktor „Requests“ negativ zu beeinflussen.

10.2 Datenerhebung

Die zur Untersuchung herangezogenen Daten weisen einige die statistische Analyse erschwerende Faktoren auf. So wäre es beispielsweise wünschenswert gewesen, jeder Versuchsperson die gleichen Simulationsbeispiele in der gleichen Reihenfolge vorzugeben, um eine bessere Vergleichbarkeit zu ermöglichen. Durch die Tatsache, dass die einzelnen Beispiele von unterschiedliche vielen Personen gespielt wurden, ist die Generalisierbarkeit der gefundenen Ergebnisse stark eingeschränkt, zumal keine der Theorie folgenden Informationen bezüglich bestimmter Persönlichkeitseigenschaften der Versuchspersonen bekannt waren. Da – wie den Kapiteln 1.1 sowie 2 im theoretischen Teil der Arbeit zu entnehmen ist – diese Variablen jedoch essenziell für die Entstehung von Workload und somit den dadurch bedingten Leistungen sind, geht dadurch ein großer erklärender Faktor verloren. Zusätzlich könnte die fehlende Berücksichtigung dieser Faktoren zu den in einigen Hypothesen festgestellten Autokorrelationen der Residuen geführt haben.

Außerdem ist festzuhalten, dass die Erstellung des Fehlerkataloges sowie die Festlegung der für jeden Fehler abzuziehenden Punkteanzahl auf der Expertise der Austro Control Mitarbeiter und nicht auf einer theoretischen Fundierung beruhen. Die verlangten Testgütekriterien können daher bei den verwendeten Erhebungsinstrumenten nicht nachgewiesen werden, was wiederum die Interpretierbarkeit und Generalisierbarkeit der aus den statistischen Analysen gewonnenen Ergebnisse limitiert.

10.3 Abzuleitende Empfehlungen

Die Untersuchung von Komplexitätsfaktoren in der Flugsicherung ist in Zeiten, in denen trotz Wirtschaftskrise, eine weitere Zunahme des Flugverkehrs absehbar ist, enorm wichtig. Nur wenn adäquat erfasst werden kann, welche Faktoren eine zu hohe Arbeitsbelastung von Fluglotsen bedingen und welche Operationsfehler daraus entstehen können, kann eine Optimierung des Systems erfolgen. Nachfolgenden Untersuchungen der vorgestellten Materie ist daher zu empfehlen, die angemerkten Mängel bei der Erstellung des Erhebungsmaterials zu berücksichtigen. So wäre es beispielsweise von Vorteil, bei der Gestaltung der Simulationsbeispiele größere Abstufungen in etwa gleichen Abständen hinsichtlich der vorhandenen Komplexitätsfaktoren zu berücksichtigen, also beispielsweise 2 vs. 6 vs. 10 CIs einzubauen (vgl. Vogt, Hagemann & Kastner, 2006). Durch eine genaue theoretische Analyse der in vergangenen Untersuchungen identifizierten Komplexitätsfaktoren, wie in Kapitel 3.3 veranschlagt, und Berücksichtigung dieser zusätzlichen Faktoren bei der Erstellung der Simulationsbeispiele, könnte eventuell noch mehr an Erklärungswert gewonnen werden.

Zudem wäre es wünschenswert, zusätzlich zu den erbrachten Leistungen auch Persönlichkeitsfaktoren der Versuchspersonen sowie individuelle Stressverarbeitungsstrategien oder Leistungen im komplexen Denken zu erheben, da diese nach gängigen Belastungsmodellen maßgeblich an der Entstehung von Arbeitsbelastung und –beanspruchung beteiligt sind. Eine Berücksichtigung von Persönlichkeitsvariablen könnte sich zudem bereits bei der Selektion von Anwärtern des Berufes Flugverkehrsleiter bezahlt machen, wenn es darum geht die relativ hohe Drop Out Rate in europäischen Ländern zu reduzieren. Eine Erhebung von Persönlichkeitseigenschaften oder Strategien in Stresssituationen könnte so eventuell bereits zu Beginn der Rekrutierung ein Herausfiltern jener Personen ermöglichen, die sich später inmitten der Ausbildungsphase dazu entschließen, diese zu beenden.

Für eine Prüfungssituation, wie sie hier vorliegt, sind die vorgeschlagenen Verbesserungsvorschläge vermutlich weniger optimal, gerade eine Verwendung von Persönlichkeitsfragebögen ist in einem Selektionsprozess wie diesem eher nicht zu

empfehlen. Ein Einsatz objektiver Verfahren, wäre in diesem Zusammenhang jedoch denkbar. Für eine empirische Untersuchung, wie sie hier angestrebt wurde, wären die vorgeschlagenen Vorgehensweisen wie eine theoriegeleitete Programmierung der Simulationsbeispiele und Erstellung des Fehlerkataloges jedoch zu bevorzugen.

11. Zusammenfassung und Ausblick

Die Flugsicherung stellt ein Arbeitsumfeld von enormer Komplexität dar. Nur ein Bruchteil der Bevölkerung eines Landes erfüllt die umfangreichen kognitiven und persönlichen Anforderungen, die nötig sind, um diesen Bedingungen zu trotzen, und ist gleichzeitig bereit, die herausragende Verantwortung zu übernehmen, die eine Ausübung des Berufes Fluglotse unweigerlich mit sich bringt. Ausschlaggebend für die Komplexität des Flugverkehrs ist seine Dynamik. Jede Handlung des Fluglotsen betrifft alle Elemente des Systems, was die Fähigkeit effektiv zu Planen und vorausschauend zu Denken erfordert. Einzelne Faktoren tragen ihr Übriges zur Komplexität des Gebildes bei und erschweren die Arbeit der Fluglotsen zusätzlich. Ziel der gegenwärtigen Arbeit war die Klärung der Frage, welche dieser Faktoren, in der vorliegenden Untersuchung als Komplexitätsfaktoren bezeichnet, sich auf die Leistungen von Planungslotsen auswirken und in welcher Weise sie das tun. Dazu wurden die in Simulationsbeispielen, die von der Auto Control als Prüfungsbeispiele für die Planungslotsenprüfung verwendet wurden, vorkommenden Komplexitätsfaktoren identifiziert und ihr Einfluss auf die Leistungen von Fluglotsenschülern in einzelnen Bereichen mittels multipler Regressionsanalysen untersucht. Dabei kristallisierte sich besonders der Einfluss von drei Faktoren als wesentlichen heraus: Die Anzahl vorhandener Militärsperzonen in dem überwachten Sektor und die Anzahl von einkommenden Anfragen von benachbarten Sektoren schienen die Arbeitsbeanspruchung der Untersuchungspersonen zu erhöhen und damit ihre kognitive Leistungsfähigkeit herabzusetzen. Dieser Einfluss machte sich vor allem in der Bewertungskategorie „Sicherheit“ und hier besonders in der Auftrittshäufigkeit des Fehlers „Staffelunterschreitung“ bemerkbar. Anfragen von benachbarten Sektoren wirkten sich insbesondere negativ auf Fehler im Umgang mit den so genannten Flight Strips aus. Die Meldung von in den Sektor eintretenden Flugzeugen hatte im Gegensatz zu den anderen

beiden Faktoren einen positiven Einfluss. Sie bedingte eine Verminderung der Fehleranzahl und somit eine Steigerung der Leistung. Insgesamt konnte jedoch zur Erklärung des Einflusses der verwendeten Faktoren auf konkrete Operationsfehler nur ein geringer Beitrag geleistet werden.

Die Relevanz weiterführender Untersuchungen zum Einfluss von Komplexitätsfaktoren als Belastungsfaktoren auf die Leistungen von Flugverkehrsleitern ist dadurch gegeben, dass eine weitere Zunahme des Flugverkehrs die bereits zum jetzigen Zeitpunkt schwierigen Bedingungen noch weiter steigern wird. Zukünftigen Untersuchungen mit ähnlichen Themenstellungen ist daher zu empfehlen, weitere in der Literatur erwähnte Komplexitätsfaktoren in die verwendeten Untersuchungsmaterialien einzubeziehen und zusätzlich auf vergangene Studien abgestimmte Persönlichkeitsvariablen der Versuchspersonen mit zu erheben. In diesem Zusammenhang wäre insbesondere die Berücksichtigung von so genannten Ressourcen-Theorien denkbar.

Die Zukunft des Berufes Flugverkehrsleiter ist ungewiss. Die Einführung des den Flugverkehr revolutionierenden neuen Systems „Free Flight“ könnte diese Berufsgruppe vor neue und ungewohnte Herausforderungen stellen. So sollen beispielsweise die Flugrouten in Zukunft von den Piloten autonom gewählt werden, was dazu führen würde, dass die bisher vordefinierten Kreuzungspunkte wegfallen und die Routen der Flugzeuge willkürlich zusammentreffen würden (Endsley, 2001). Dies würde die Planungsaufgaben der Fluglotsen massiv erschweren. Ebenfalls denkbar wäre, dass den Flugverkehrsleitern eine weit weniger dominante Rolle zukommt, da sie die Vorgänge im Flugverkehr nur mehr passiv beobachten würden und ein Eingreifen ihrerseits nur mehr in besonderen Fällen notwendig wäre. Wie sich die Einführung des neuen Systems konkret auf die Berufsgruppe der Flugverkehrsleiter und die Flugsicherung im Allgemeinen auswirken wird, bleibt abzuwarten.

LITERATURVERZEICHNIS

Air EuroSafe (2003). Study on Impediments to the Recruitment of Air Traffic Controllers Final Report Contract (B2002/B2-7020B). Air EuroSafe, Brussels, Belgium.

Air Traffic Bulletin (2003) Verfügbar unter: http://www.faa.gov/air_traffic/publications/atpubs/atbarc/03-5.htm [Datum des Zugriffs: 27.04.2010].

Arad, R. (1964). The control load and sector design. *The Journal of Air Traffic Control*, 5, 12-31. (zit. n. Hagemann, 2000)

Austro Control. Kontrollbereiche. Verfügbar unter: <http://www.austrocontrol.at/content/atm/lotse/lotse.shtml> [Datum des Zugriffs: 20.01.2010]

Austro Control (2009). Pressearchiv. Verfügbar unter: http://www.austrocontrol.at/content/acg/presse/Archiv/presse_09.shtml [Datum des Zugriffs: 06.01.2010]

Eurocontrol (2009). Annual Safety Report 2009.

Federal Aviation Administration (FAA) (2010). Aeronautical Information Manual – Official Guide to Basic Flight Information and ATC Procedures. Verfügbar unter: http://www.faa.gov/air_traffic/publications/ATpubs/AIM/ [Datum des Zugriffs: 27.03.2010].

Athènes, S., Averty, P., Puechmorel, S., Delahaye, D., & Collet, C. (2002). ATC Complexity and Controller Workload: Trying to bridge the gap. *Proceedings of the International Conference on HCI in Aeronautics*, Cambridge, Massachusetts.

Averty, P., C. Christian, Dittmar, A., Athènes, S., & Vernet-Maury, E. (2004). *Mental Workload in Air Traffic Control: An Index Constructed from Field Tests*. *Aviation, Space and Environmental Medicine*, 75(4), 333-341.

Berndtsson, J., & Normark, M. (1999). *The Coordinative Functions of Flight Strips: Air Traffic Control Work Revisited*. *Proceedings of the International ACM SIGGROUP Conference on Supporting Group Work*, Phoenix, Arizona.

Brosius, Felix (1998): *SPSS 8: Professionelle Statistik unter Windows*. Bonn: MITP Verlag.

Cardosi, K. (2002). Operational errors in air traffic control towers. *Air Traffic Control Quarterly*, 10(2), 147-163.

Chetcuti, F., & Heese, M. (2009). The First European Air Traffic Controller Selection Test - FEAST Service – Combining the professional with the practical across organizational

boundaries. In W. K. Kallus (Ed.), *Aviation psychology in Austria*, (pp. 91-102). Wien: Facultas WUV.

Cummings, M.L., & Tsonis, C. (2006). Partitioning Complexity in Air Traffic Management Tasks. *International Journal of Aviation Psychology*, 16(3), 277-295.

DiDomenico, A., & Nussbaum, M. A. (2008). Interactive effects of physical and mental workload on subjective workload assessment. *International Journal of Industrial Ergonomics*, 38, 977-983.

Ellis, J., & Kvavilashvili, L. (2000). Prospective memory in 2000: Past, present and future directions. *Applied Cognitive Psychology*, 14(7), 1-9.

Endsley, M. R. (2001). Designing for Situation Awareness in Complex System. *Proceedings of the Second international workshop on symbiosis of humans, artifacts and environment*, Kyoto, Japan.

Field, A. (2009). *Discovering Statistics Using SPSS*. London: SAGE Publications.

Gronlund, S.D., Dougherty, M.R.P., Ohrt, D.D., Thompson, G.L., & Bleckley, K.M. (1997). The Role of Memory in Air Traffic Control (DOT/FAA/AM-97/22). Washington, DC: Federal Aviation Administration.

Gronlund, S.D., Dougherty, M.R.P., Durso, F.T., Canning, J.M., & Mills, S.H. (2005). Planning in Air Traffic Control: Impact of Problem Type. *The International Journal of Aviation Psychology*, 15(3), 269-293.

Grossberg, M. (1989). Relation of sector complexity to operational errors. *Quarterly Report of the FAA Office of Air Traffic Evaluations and Analysis*. Washington, D.C: Federal Aviation Administration. (zit. n. Mogford et al.,1995)

Hagemann, T. (2000). *Belastung, Beanspruchung und Vigilanz in der Flugsicherung – Unter besonderer Berücksichtigung der Towerlotsentätigkeit*. Frankfurt: Peter Lang Verlag.

Hamilton, P. (1995). *Emile Durkheim: Critical Assessments – Second Series*, Band 3. London, New York: Routledge Chapman & Hall.

Hart, S. G., & Wickens, C. D. (1990). Workload assessment and prediction. In H. R. Booher (Ed.), *MANPRINT: An emerging technology. Advanced concepts for integrating people, machine, and organizations* (pp. 257–296). New York: Van Nostrand Reinhold. (zit. n. Loft et al., 2007)

Hendy, K.C., Liao, J., & Milgram, P. (1997). Combining Time and Intensity Effects in Assessing Operator Information-Processing Load. *Human Factors*, 39(1), 30-47.

Hilburn, B., & Jorna, P.G.A.M. (2001). Workload and Air Traffic Control. In P.A. Hancock & P.A. Desmond (Eds.), *Stress, Workload and Fatigue*. (pp. 384-394). Mahwah, New Jersey, London: Lawrence Erlbaum Associates.

Howard, J. W. (2008). "Tower, Am I Cleared to Land?" Problematic Communication in Aviation Discourse. *Human Communication Research*, 34(3),370-391.

Hurst, M.W., & Rose, R.M. (1978). Objective job difficulty, behavioral response, and sector characteristics in air traffic control centers. *Ergonomics*, 21, 697-708. (zit. n. Hagemann, 2000)

IVAO Community Forum. Verfügbar unter: <http://forum.ivao.aero/index.php/topic,31628.0/all.html> [Datum des Zugriffs: 24.04.2010]

Jones, D.G., & Endsley, M.R., 1996. Sources of situation awareness errors in aviation. *Aviation, Space and Environmental Medicine*, 67 (6), 507-512. (zit. n. Shorrock, 2007)

Jones, R.K. (2003). Miscommunication between pilots and air traffic control. *Language Problems & Language Planning*, 27, 233–248 (zit. n. Howard, 2008)

Kalina, F. (2009). Sektoren ACC. *ACA Info*, 05-06, 14-16.

Kaminski, G. (1983). Probleme einer ökopyschologischen Handlungstheorie. In L. Montada, K. Reusser and G. Steiner (Eds.), *Kognition und Handeln*. (pp. 35-53). Stuttgart: Ernst Klett Verlag.

Kastner, M. (1994). *Streßbewältigung - Leistung und Beanspruchung optimieren*. Wiesbaden: Gabler.

Kimbelton, S.R. (1970). An approach to the resectorization of the Cleveland area. *Prosposal ans preliminary findings submitted to the federal Aviation Administration*. Washington, D.C. (zit. n. Hagemann, 2000)

Kirwan, B., Scaife, R., & Kennedy, R. (2001). Investigating Complexity Factors in UK Air Traffic Management. *Human Factors and Aerospace Safety*, 1(2), 125-144.

Laudeman, V., Shelden, S.G., Branstrom, R., & Brasil, C.L. (1998). Dynamic Density: An Air Traffic Management Metric (NASA-TM-1998-112226). NASA Ames, Moffett Field, California.

Liberman, N., & Trope, Y. (1998). The role of feasibility and desirability considerations in near and distant future decisions: A test of temporal construal theory. *Journal of Personality and Social Psychology*, 75, 5-18. (zit. n. Mumford, Schultz & Van Doorn, 2001)

Loft, S., Sanderson, P., Neal, A., & Mooijn, M. (2007). Modeling and Predicting Mental Workload in En Route Air Traffic Control: Critical Review and Broader Implications. *Human Factors: The Journal of the Human Factors and Ergonomics Society*, 49(3), 376-399.

- Mackay, W.E. (1999). Is Paper Safer? The Role of Paper Flight Strips in Air Traffic Control. *ACM Transactions on Computer-Human Interaction*, 6(4), 311–340.
- Manning, C.A., Durso, F.T., Batsakes, P., Truitt, T., & Crutchfield, J. (2003). Age, Flight Strip Usage Preference and Strip Marking. *Proceedings of the 12th International Symposium on Aviation Psychology*, Dayton, Ohio.
- Mogford, R.H., Guttman, J.A., Morrow, S.L., & Kopardekar, P. (1995). The Complexity Construct in Air Traffic Control: A Review and Synthesis of the Literature (DOT/FAA/CT-TN95/22). Atlantic City International Airport: Federal Aviation Administration William J. Hughes Technical Center.
- Mumford, M.D., Schultz, R.A., Van Doorn, J.R. (2001). Performance in Planning: Processes, Requirements and Errors. *Review of General Psychology*, 5(3), 213-240.
- Navon, D., & Gopher, D. (1979). On the economy of the human-processing system. *Psychological Review*, 86, 214-255. (zit. n. Wieland-Eckelmann, 1992)
- Niessen, C., & Klaus, E. (2001). A model of the air traffic controller's picture. *Safety Science*, 37, 187-202.
- Norman, D.A. & Bobrow, D.G. (1975). On data-limited and resource-limited processes. *Cognitive Psychology*, 7, 44-46. (zit. n. Wieland-Eckelmann, 1992)
- Pava, C. (1986). New strategies of system change: Reclaiming nonsynoptic methods. *Human Relations*, 39, 615-633. (zit. n. Mumford, Schultz & Van Doorn, 2001)
- Pea, R.D. (1982). What is planning development the development of?. *New Directions for Child Development*, 18, 5-27. (zit. n. Mumford, Schultz & Van Doorn, 2001)
- Pfleiderer, E. M., Manning, C.A., & Goldmann, S.M. (2007). Relationship of Complexity Factor Ratings with Operational Errors (DOT/FAA/AM-07/11). Federal Aviation Administration, Oklahoma City
- Rasmussen, J. (1982). Human Errors. A Taxonomy for Describing Human Malfunction in Industrial Installations. *Journal of Occupational Accidents*, 4, 311-333.
- Reason, J. (1990). *Human Error*. New York: Cambridge University Press.
- Reiche, D., Kirchner, J.H., & Laurig, W. (1971). Evaluation of stress factors by analysis of radio-telecommunication in ATC. *Ergonomics*, 14, 603-609. (zit. n. Hagemann, 2000)
- Rodgers, M.D., Mogford, R.H., & Mogford, L.S. (1998). The Relationship of Sector Characteristics to Operational Errors (DOT/FAA/AM-98/14). Department of Transportation Federal Aviation Administration, Washington, D.C.

Rohmert, W. & Rutenfranz, J. (1975) *Arbeitswissenschaftliche Beurteilung der Belastung und Beanspruchung an unterschiedlichen industriellen Arbeitsplätzen*. Bundesministerium für Arbeit und Sozialordnung, Bonn. (zit. n. Hagemann, 2000)

Scerbo, M. W. (2001). Stress, Workload, and Boredom in Vigilance: A Problem and an Answer. In P.A. Hancock & P.A. Desmond (Eds.), *Stress, Workload and Fatigue*. (pp. 267-278). Mahwah, New Jersey, London: Lawrence Erlbaum Associates.

Shorrock, S.T., & Kirwan, B. (2002). Development and application of a human error identification tool for air traffic control. *Applied Ergonomics*, 33, 319-336.

Selye, H. (1946). The general adaption syndrome and the diseases of adaption. *Journal of Clinical Endocrinology*, 6, 117-230. (zit. n. Hagemann, 2000)

Shorrock, S.T. (2005). Errors of memory in air traffic control. *Safety Science*, 43, 571-588.

Shorrock, S.T. (2007). Errors of perception in air traffic control. *Safety Science*, 45, 890-904.

Sridhar, B., Sheth, K.S., & Grabbe, S.R. (1998). Airspace Complexity and its Application in Air Traffic Management. *Proceedings of the 2nd USA/Europe Air Traffic Management R&D Seminar*, Orlando, Florida.

Stein, E. S. (1992). Air traffic control visual scanning (DOT/FAA/CT-TN92/16). Atlantic City International Airport: Federal Aviation Administration Technical Center.

Stokes, A.F., & Kite, K. (2001). On Grasping a Nettle and Becoming Emotional. In P.A. Hancock & P.A. Desmond (Eds.), *Stress, Workload and Fatigue*. (pp. 107-132). Mahwah, New Jersey, London: Lawrence Erlbaum Associates.

Tompkins, P. (1991). Organizational communication and technological risk. In L. Wilkins & P. Patterson (Eds.), *Risky business: Communicating issues of science, risk, and public policy* (pp. 113–129). New York: Greenwood Press. (zit. n. Howard, 2008)

Vogt, J., Hagemann, T., & Kastner, M. (2006). The Impact of Workload on Heart Rate and Blood Pressure in En-Route and Tower Air Traffic Control. *Journal of Psychophysiology*, 20(4), 297-314.

Wickens, C.D., Mavor, A.S., & McGee, J. (1997). *Flight to the Future - Human Factors in Air Traffic Control*. Washington D.C.: National Academy Press.

Wieland-Eckelmann, R. (1992). *Kognition, Emotion und psychische Beanspruchung. Theoretische und empirische Studien zu informations-verarbeitenden Tätigkeiten*. Göttingen: Hogrefe

Zeier, H. (1994). Workload and psychophysiological stress reactions in air traffic controllers. *Ergonomics*, 37(3), 525-539.

III. ANHANG

Abbildungsverzeichnis 2

Abb. 23 Fehlerkatalog inklusive der pro Fehler abzuziehenden Punkte.....	109
Abb. 24 Beispiel für eine Fehlerbewertung.....	110
Abb. 25 Durchschnittlich erreichte Punkteanzahl Bsp. 5EB501.....	111
Abb. 26 Durchschnittlich erreichte Punkteanzahl Bsp. 5EB502.....	111
Abb. 27 Durchschnittlich erreichte Punkteanzahl Bsp. 5EE503.....	111
Abb. 28 Durchschnittlich erreichte Punkteanzahl Bsp. 5EE504.....	111
Abb. 29 Durchschnittlich erreichte Punkteanzahl Bsp. 5EE513.....	112
Abb. 30 Durchschnittlich erreichte Punkteanzahl Bsp. 5ENLU505.....	112
Abb. 31 Durchschnittlich erreichte Punkteanzahl Bsp. 5ENLU506.....	112
Abb. 32 Durchschnittlich erreichte Punkteanzahl Bsp. 5ENLU515.....	112
Abb. 33 Durchschnittlich erreichte Punkteanzahl Bsp. 5ES507.....	113
Abb. 34 Durchschnittlich erreichte Punkteanzahl Bsp. 5ES508.....	113
Abb. 35 Durchschnittlich erreichte Punkteanzahl Bsp. 5ES517.....	113
Abb. 36 Durchschnittlich erreichte Punkteanzahl Bsp. 5EWLU509.....	113
Abb. 37 Durchschnittlich erreichte Punkteanzahl Bsp. 5EWLU510.....	114
Abb. 38 Durchschnittlich erreichte Punkteanzahl Bsp. 5EWLU511.....	114

Tabellenverzeichnis 2

Tabelle 8 Verteilung der Gesamtergebnisse zu den einzelnen Prüfungsbeispielen	114
Tabelle 9 Post-hoc Vergleich nach Bonferroni	115
Tabelle 10 Modellzusammenfassung Einfluss der Komplexitätsfaktoren auf die Gesamtleistung (Hypothese 1)	116
Tabelle 11 ANOVA Einfluss der Komplexitätsfaktoren auf die Gesamtleistung (Hypothese 1)	117
Tabelle 12 Koeffiziententabelle zum Einfluss der Komplexitätsfaktoren auf die Gesamtleistung (Hypothese 1)	117
Tabelle 13: Modellzusammenfassung Einfluss der Komplexitätsfaktoren auf die Leistung in der Kategorie „Sicherheit“ (Hypothese 2a)	118
Tabelle 14 ANOVA Einfluss der Komplexitätsfaktoren auf die Leistung in der Kategorie „Sicherheit“ (Hypothese 2a)	118
Tabelle 15 Koeffiziententabelle zum Einfluss der Komplexitätsfaktoren auf die die Leistung in der Kategorie Sicherheit (Hypothese 2a).....	119
Tabelle 16 Modellzusammenfassung Einfluss der Komplexitätsfaktoren auf die Leistung in der Kategorie „Prioritäten, Planung“ (Hypothese 2b)	119
Tabelle 17 ANOVA Einfluss der Komplexitätsfaktoren auf die Leistung in der Kategorie „Prioritäten, Planung“ (Hypothese 2b)	120
Tabelle 18 Koeffiziententabelle zum Einfluss der Komplexitätsfaktoren auf die die Leistung in der Kategorie „Prioritäten, Planung“ (Hypothese 2b)	121
Tabelle 19 Modellzusammenfassung Einfluss der Komplexitätsfaktoren auf die Leistung in der Kategorie „Phraseologie“ (Hypothese 2c)	121
Tabelle 20 ANOVA Einfluss der Komplexitätsfaktoren auf die Leistung in der Kategorie „Phraseologie“ (Hypothese 2c).....	122
Tabelle 21 Koeffiziententabelle zum Einfluss der Komplexitätsfaktoren auf die die Leistung in der Kategorie „Phraseologie“ (Hypothese 2c)	123
Tabelle 22 Modellzusammenfassung Einfluss der Komplexitätsfaktoren auf die Leistung in der Kategorie „Stripmarking, Striphandling“ (Hypothese 2d)	123
Tabelle 23 ANOVA Einfluss der Komplexitätsfaktoren auf die Leistung in der Kategorie „Stripmarking, Striphandling“ (Hypothese 2d)	124
Tabelle 24 Koeffiziententabelle zum Einfluss der Komplexitätsfaktoren auf die die Leistung in der Kategorie „Stripmarking, Striphandling“ (Hypothese 2d)	124
Tabelle 25 Modellzusammenfassung Einfluss der Komplexitätsfaktoren auf die Häufigkeit des Fehlers „1.1 Staffelunterschreitung“ (Hypothese 3a).....	125
Tabelle 26 ANOVA Einfluss der Komplexitätsfaktoren auf die Häufigkeit des Fehlers „1.1 Staffelunterschreitung“ (Hypothese 3a)	125
Tabelle 27 Koeffiziententabelle zum Einfluss der Komplexitätsfaktoren auf die Häufigkeit des Fehlers „1.1 Staffelunterschreitung“ (Hypothese 3a).....	126
Tabelle 28 Modellzusammenfassung Einfluss der Komplexitätsfaktoren auf die Häufigkeit des Fehlers „1.2 Keine gesicherte Staffel“ (Hypothese 3b)	126
Tabelle 29 ANOVA Einfluss der Komplexitätsfaktoren auf die Häufigkeit des Fehlers „1.2 Keine gesicherte Staffel“ (Hypothese 3b).....	127

Tabelle 30 Koeffiziententabelle zum Einfluss der Komplexitätsfaktoren auf die Häufigkeit des Fehlers „1.2 Keine gesicherte Staffel“ (Hypothese 3b).....	128
Tabelle 31: Modellzusammenfassung Einfluss der Komplexitätsfaktoren auf die Häufigkeit des Fehlers „2.2 Mangelhafte Planung“ (Hypothese 3c)	128
Tabelle 32 ANOVA Einfluss der Komplexitätsfaktoren auf die Häufigkeit des Fehlers „2.2 Mangelhafte Planung“ (Hypothese 3c).....	129
Tabelle 33 Koeffiziententabelle zum Einfluss der Komplexitätsfaktoren auf die Häufigkeit des Fehlers „2.2 Mangelhafte Planung“ (Hypothese 3c)	130
Tabelle 34 Modellzusammenfassung Einfluss der Komplexitätsfaktoren auf die Häufigkeit des Fehlers „2.3 Inaktivität“ (Hypothese 3d)	130
Tabelle 35 ANOVA Einfluss der Komplexitätsfaktoren auf die Häufigkeit des Fehlers „2.3 Inaktivität“ (Hypothese 3d).....	131
Tabelle 36 Koeffiziententabelle zum Einfluss der Komplexitätsfaktoren auf die Häufigkeit des Fehlers „2.3 Inaktivität“ (Hypothese 3d)	132

Erhebungsmaterial

Punktecatalog für den Praxisgegenstand		ACS
1.	Sicherheit	40
1.1	Staffelungsunterschreitung	26-35
1.2	Keine gesicherte Staffelung	15-20
1.3	Arbeiten im fremden Sektor ohne Koordination	15-20
1.4	Erteilen eines "unsafes Releases"	15-20
1.5	Nichterkennen falscher oder fehlender "Read back" (ALT/FL, route, QNH)	7-10
1.6	Fehlender "Read Back" des "Flight Level"	2-4
1.7	Nichteinhalten der koordinierten Ausflugbedingungen bez. ALT/FL	15
1.8	Nichteinhalten der koordinierten Ausflugbedingungen bez. Distance/Time	8
1.9	Freigabe unter die Mindestflughöhe	26
1.10	Korrigierte Freigabe unter die Mindestflughöhe vor dem Abflug/Einflug	12-15
1.11	Keine, falsche oder zu späte Verkehrsinformationen	5-7
1.12	Nichtübermittlung signifikanter Wettererscheinungen/-änderungen (Wind, QNH, C)	3-5
1.13	Erteilen falscher oder unvollständiger Freigaben (ALT/FL, route, turn)	3-5
1.14	Verwechslung von Luftfahrzeugen oder Rufzeichen	3-5
2.	Prioritäten, Planung, Koordination	40
2.1	Falsche Prioritäten	2-5
2.2	Mangelhafte Planung (z.B. ECP vergessen)	5-8
2.3	Inaktivität	7-10
2.4	Geänderte Ausflugbedingungen bez. ALT/FL nicht koordiniert (Revision)	15
2.5	Geänderte Ausflugbedingungen bez. Distance/Time nicht koordiniert (Revision)	8
2.6	Geänderte Ausflugsbedingungen bez. "Exit Point" nicht korrdiniert (Revision)	3-5
2.7	"Revisions" falsch aufgenommen/durchgegeben	5-8
2.8	"Revisions" zu spät durchgegeben	3-5
2.9	Einzelanrufe für mehrere kombinierbare Anweisungen/Koordinationsgespräche	3-5
2.10	Erteilen unnötiger "Restrictions"	6-8
2.11	Unnötige gewordene "Restrictions" nicht aufgehoben	3-5
2.12	Einholen unnötiger "Releases" (z.B. weil automatisch "released")	3-5
2.13	Erteilen unnötiger "Releases" (z.B. weil automatisch "released")	3-5
2.14	Aufgetragenen "Release" nicht eingeholt	7-10
2.15	Mögliche "Releases" nicht zeitgerecht eingeholt.	2-4
2.16	Mögliche Freigaben auf höhere "Flight Levels" nicht erteilt	3-5
2.17	Keine C4-Eintragung nach Freigabeerteilung an LAU (wo notwendig)	6-8
2.18	Fehlerhafte Koordination (nicht das, was am Streifen steht)	2-4
2.19	Zu späte Koordination	3-5
2.20	Keine oder ungenügende Zusammenarbeit mit RCL	7-10
2.21	Falsche Reaktion auf "Request" der Gegenstelle	4-6

3.	Phraseologie	10
3.1	Grundsätzliche Phraseologiemängel	7-10
3.2	Falsche Phrasen oder Eigenerfindungen	2-4
3.3	Falsch angewandte Phrasen	2-4
4.	Stripmarking, Striphandling	10
4.1	Nichteintragen wichtiger Daten (auch fehlendes "check mark")	3-5
4.2	Eintragen falscher Daten	3-5
4.3	Strip Layout entspricht nicht dem Verkehrsablauf	3-5
4.4	Streifen nicht "geflaggt"	4-6
4.5	Streifen unnötig "geflaggt"	2-3
4.6	Streifen in die falsche Richtung "geflaggt"	3-5
4.7	Eintragen an falscher Stelle	2-3

Abb. 23 Fehlerkatalog inklusive der pro Fehler abzuziehenden Punkte. Der Fehlerkatalog wird in dieser Form in der Austro Control nicht mehr verwendet, kam aber bei der vorliegenden Untersuchung zum Einsatz.

	Mögliche Punkte	Erreichte Punkte	Anmerkungen
Sicherheit	40	0	1.1 FUA917 - IEA278 1.1 OAL171 - DLH167 1.1 AUA2245 climbing FL190 - TTR820 descending FL150
Prioritäten Planung Koordination	40	32	2.2 AEF2438 - EAGLE22 - LDA425 - MDN877 - GMI548 - MGR816
Phraseologie	10	10	
Stripmarking Striphandling	10	10	
Summe	100	52	

Abb. 24 Beispiel für eine Fehlerbewertung

Deskriptivstatistik

Prüfungsbeispiele

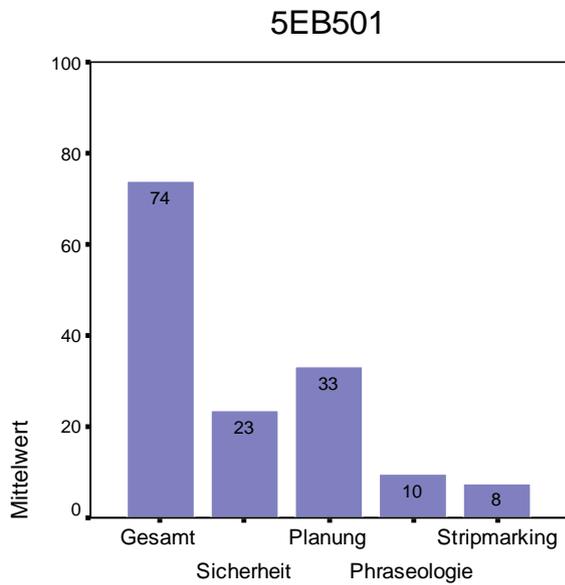


Abb. 25 Durchschnittlich erreichte Punkteanzahl Bsp. 5EB501

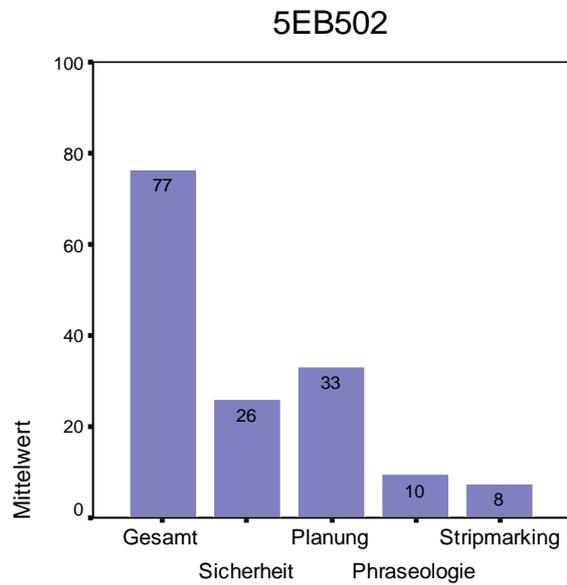


Abb. 26 Durchschnittlich erreichte Punkteanzahl Bsp. 5EB502

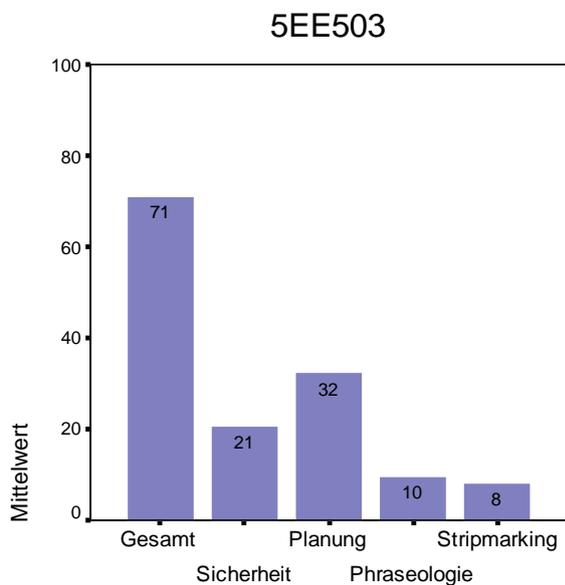


Abb. 27 Durchschnittlich erreichte Punkteanzahl Bsp. 5EE503

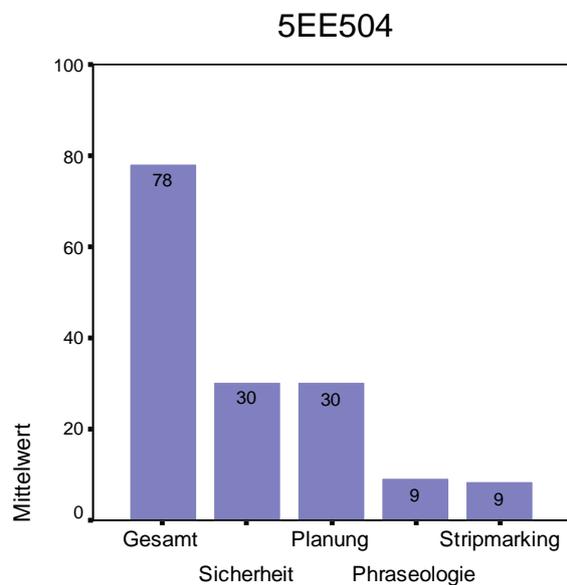


Abb. 28 Durchschnittlich erreichte Punkteanzahl Bsp. 5EE504

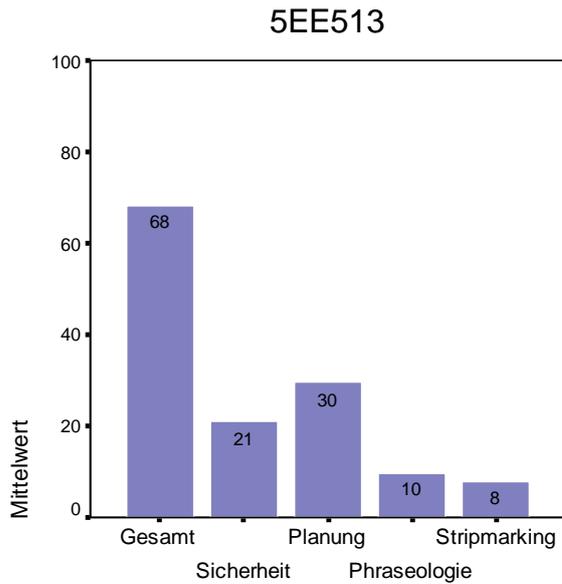


Abb. 29 Durchschnittlich erreichte Punkteanzahl Bsp. 5EE513

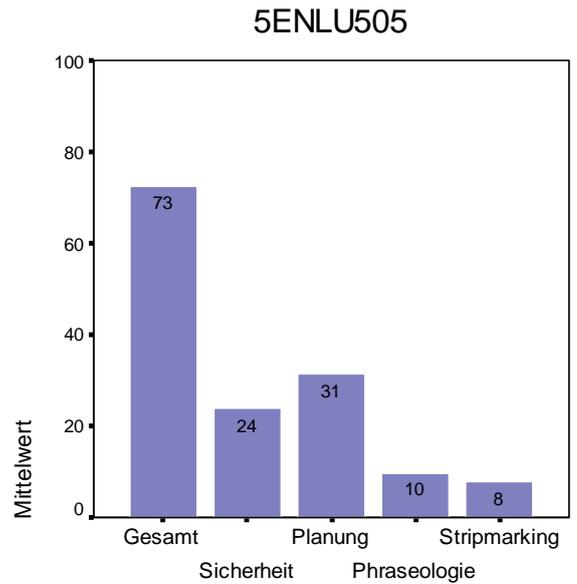


Abb. 30 Durchschnittlich erreichte Punkteanzahl Bsp. 5ENLU505

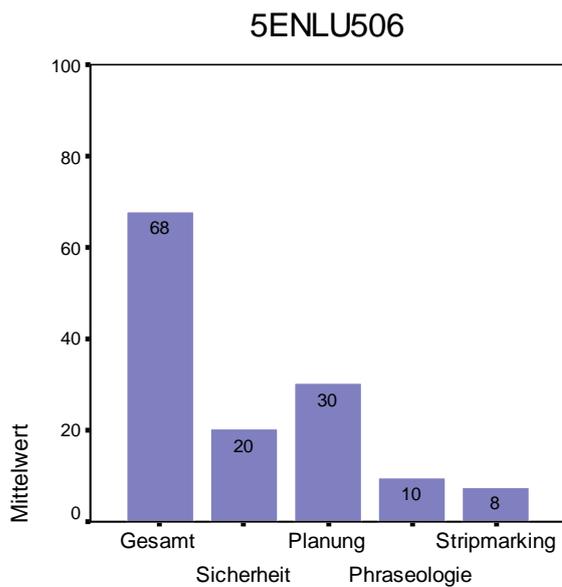


Abb. 31 Durchschnittlich erreichte Punkteanzahl Bsp. 5ENLU506

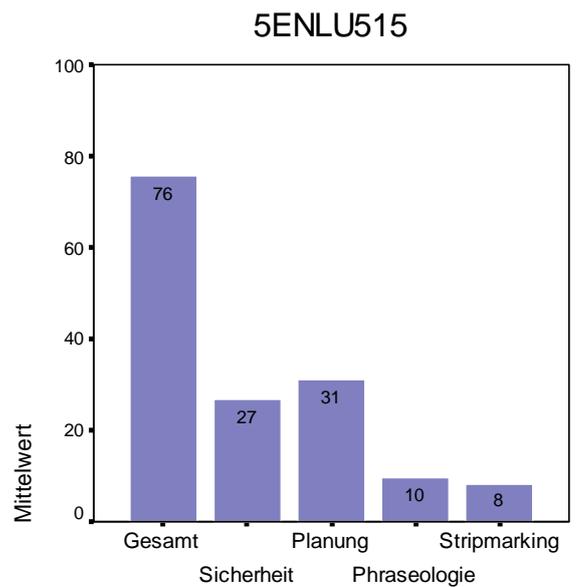


Abb. 32 Durchschnittlich erreichte Punkteanzahl Bsp. 5ENLU515

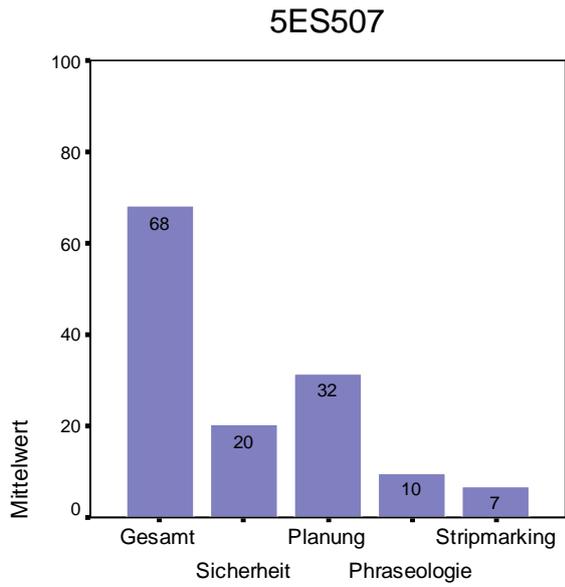


Abb. 33 Durchschnittlich erreichte Punkteanzahl Bsp. 5ES507

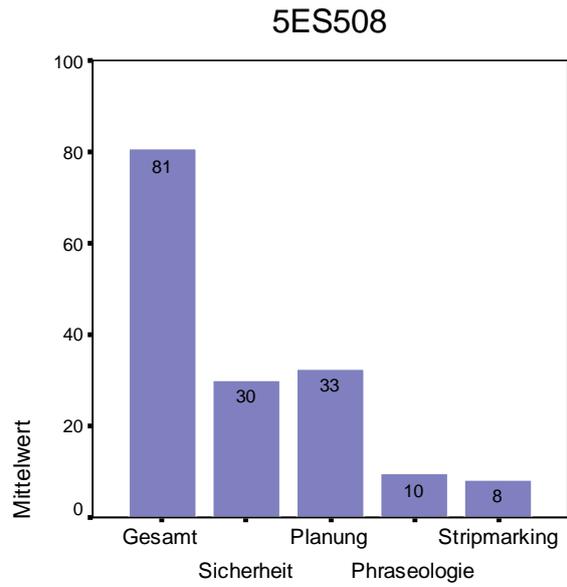


Abb. 34 Durchschnittlich erreichte Punkteanzahl Bsp. 5ES508

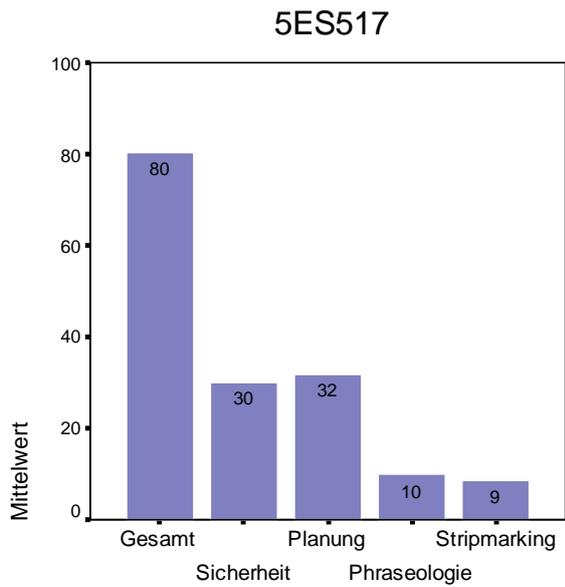


Abb. 35 Durchschnittlich erreichte Punkteanzahl Bsp. 5ES517

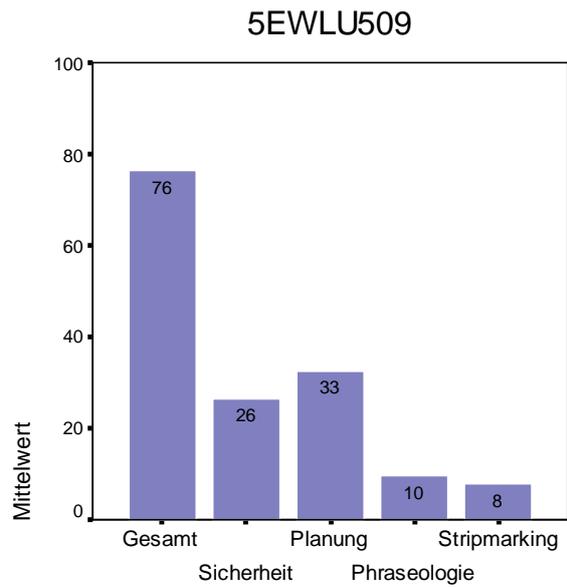


Abb. 36 Durchschnittlich erreichte Punkteanzahl Bsp. 5EWLU509

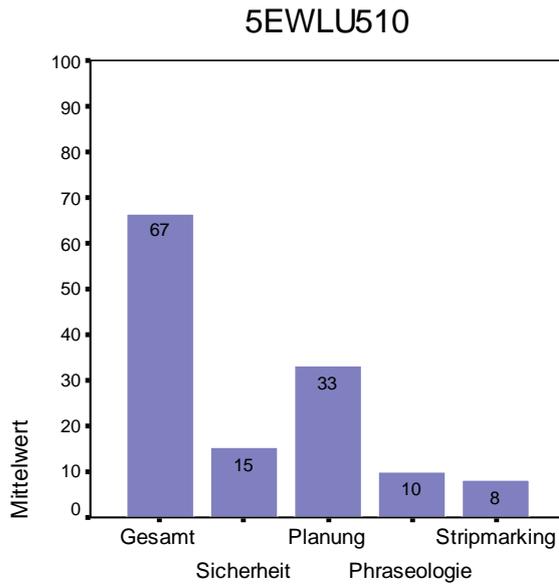


Abb. 37 Durchschnittlich erreichte Punkteanzahl Bsp. 5EWLU510

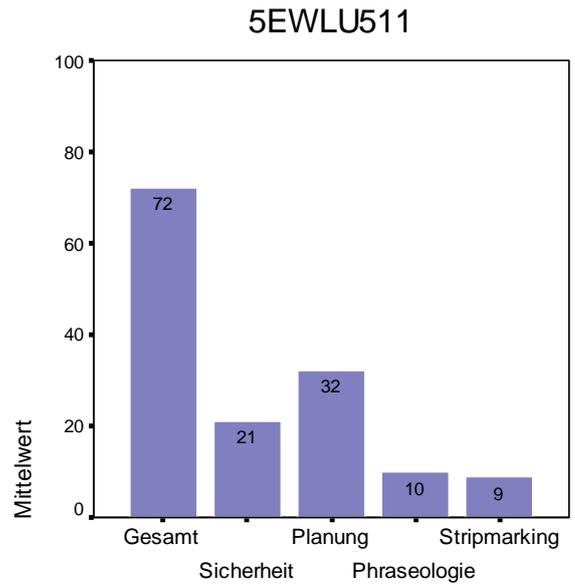


Abb. 38 Durchschnittlich erreichte Punkteanzahl Bsp. 5EWLU511

Tabelle 8 Verteilung der Gesamtergebnisse zu den einzelnen Prüfungsbeispielen

Beispielbezeichnung	N	Minimum	Maximum	Mittelwert	Standardabw.
5EB501	61	32	100	73.84	17.073
5EB502	62	38	100	76.58	16.359
5EE503	46	37	100	71.22	17.978
5EE504	16	50	97	78.38	14.760
5EE513	21	36	97	68.33	19.635
5ENLU505	46	32	100	72.67	18.450
5ENLU506	54	40	95	67.87	18.319
5ENLU515	26	34	98	75.58	19.960
5ES507	48	35	100	68.17	17.678
5ES508	56	35	100	80.68	17.483
5ES517	17	51	100	80.47	16.553
5EWLU509	51	34	100	76.31	18.018
5EWLU510	12	45	100	66.50	20.043
5EWLU511	11	45	96	72.18	20.774

Statistische Ergänzungstabellen

Vorhypothese

Tabelle 9 Post-hoc Vergleich nach Bonferroni (Vorhypothese)

Paarweise Vergleiche					95% Konfidenzintervall für die Differenz(a)	
(I) FAKTOR1	(J) FAKTOR1	Mittlere Differenz (I-J)	SE	Sign.(a)	Untergrenze	Obergrenze
1	2	-2.929	3.833	1.000	-16.210	10.353
	3	-4.286	3.044	1.000	-14.833	6.262
	4	.357	3.308	1.000	-11.107	11.821
	5	3.464	3.706	1.000	-9.379	16.308
	6	5.929	3.687	1.000	-6.847	18.704
	7	-8.179	3.236	.495	-19.393	3.036
	8	-9.179	3.180	.212	-20.199	1.842
2	1	2.929	3.833	1.000	-10.353	16.210
	3	-1.357	3.551	1.000	-13.662	10.948
	4	3.286	3.533	1.000	-8.958	15.529
	5	6.393	4.104	1.000	-7.827	20.613
	6	8.857	3.878	.853	-4.581	22.296
	7	-5.250	3.431	1.000	-17.141	6.641
	8	-6.250	2.828	1.000	-16.051	3.551
3	1	4.286	3.044	1.000	-6.262	14.833
	2	1.357	3.551	1.000	-10.948	13.662
	4	4.643	3.453	1.000	-7.324	16.610
	5	7.750	3.543	1.000	-4.528	20.028
	6	10.214	3.275	.120	-1.135	21.563
	7	-3.893	3.621	1.000	-16.441	8.655
	8	-4.893	3.168	1.000	-15.870	6.085
4	1	-.357	3.308	1.000	-11.821	11.107
	2	-3.286	3.533	1.000	-15.529	8.958
	3	-4.643	3.453	1.000	-16.610	7.324
	5	3.107	3.125	1.000	-7.722	13.936
	6	5.571	3.845	1.000	-7.753	18.896
	7	-8.536	4.155	1.000	-22.933	5.861
	8	-9.536	3.079	.127	-20.205	1.134
5	1	-3.464	3.706	1.000	-16.308	9.379
	2	-6.393	4.104	1.000	-20.613	7.827
	3	-7.750	3.543	1.000	-20.028	4.528
	4	-3.107	3.125	1.000	-13.936	7.722
	6	2.464	3.219	1.000	-8.691	13.620
	7	-11.643	4.182	.271	-26.135	2.849
	8	-12.643	3.258	.017	-23.933	-1.353

6	1	-5.929	3.687	1.000	-18.704	6.847
	2	-8.857	3.878	.853	-22.296	4.581
	3	-10.214	3.275	.120	-21.563	1.135
	4	-5.571	3.845	1.000	-18.896	7.753
	5	-2.464	3.219	1.000	-13.620	8.691
	7	-14.107	4.117	.055	-28.373	.159
	8	-15.107	3.155	.002	-26.040	-4.175
	7	1	8.179	3.236	.495	-3.036
2		5.250	3.431	1.000	-6.641	17.141
3		3.893	3.621	1.000	-8.655	16.441
4		8.536	4.155	1.000	-5.861	22.933
5		11.643	4.182	.271	-2.849	26.135
6		14.107	4.117	.055	-.159	28.373
8		-1.000	3.309	1.000	-12.465	10.465
8		1	9.179	3.180	.212	-1.842
	2	6.250	2.828	1.000	-3.551	16.051
	3	4.893	3.168	1.000	-6.085	15.870
	4	9.536	3.079	.127	-1.134	20.205
	5	12.643	3.258	.017	1.353	23.933
	6	15.107	3.155	.002	4.175	26.040
	7	1.000	3.309	1.000	-10.465	12.465

Anmerkung: Faktor 1=5EB501, Faktor 2=5EB502, Faktor 3=5EE503, Faktor 4=5ENLU505, Faktor 5=5ENLU506, Faktor 6=5ES507, Faktor 7=5ES508, Faktor 8= 5EWLU509

Hypothese 1

Tabelle 10 Modellzusammenfassung Einfluss der Komplexitätsfaktoren auf die Gesamtleistung (Hypothese 1)

Modellzusammenfassung(d)

Modell	R	R-Quadrat	Korrigiertes R- Quadrat	Standardfehler des Schätzers	Durbin-Watson- Statistik
1	.822(a)	.676	.474	3.42101	
2	.821(b)	.675	.530	3.23380	
3	.798(c)	.636	.527	3.24399	3.036

a Einflussvariablen : (Konstante), Informationen, Requests, Revisions, Militärspektoren, Cls

b Einflussvariablen : (Konstante), Requests, Revisions, Militärspektoren, Cls

c Einflussvariablen : (Konstante), Requests, Militärspektoren, Cls

d Abhängige Variable: Mittelwert des Gesamtergebnisses

Tabelle 11 ANOVA Einfluss der Komplexitätsfaktoren auf die Gesamtleistung (Hypothese 1)

ANOVA(d)

Modell		Quadratsumme	df	Mittel der Quadrate	F	Signifikanz
1	Regression	195.607	5	39.121	3.343	.063
	Residuen	93.626	8	11.703		
	Gesamt	289.233	13			
2	Regression	195.116	4	48.779	4.664	.026
	Residuen	94.117	9	10.457		
	Gesamt	289.233	13			
3	Regression	183.998	3	61.333	5.828	.014
	Residuen	105.235	10	10.523		
	Gesamt	289.233	13			

a Einflussvariablen : (Konstante), Informationen, Requests, Revisions, Militärspektoren, Cls

b Einflussvariablen : (Konstante), Requests, Revisions, Militärspektoren, Cls

c Einflussvariablen : (Konstante), Requests, Militärspektoren, Cls

d Abhängige Variable: Mittelwert des Gesamtergebnisses

Tabelle 12 Koeffiziententabelle zum Einfluss der Komplexitätsfaktoren auf die Gesamtleistung (Hypothese 1)

Koeffizienten(a)

Modell		Nicht standardisierte Koeffizienten		Standardisierte Koeffizienten		Kollinearitätsstatistik		
		B	SE	Beta	T	Signifikanz	Toleranz	VIF
1	(Konstante)	75,189	2.784		27.009	.000		
	Militärspektoren	-3.598	1.238	-.709	-2.906	.020	.681	1.469
	Cls	.846	.317	.837	2.668	.028	.411	2.434
	Requests	-1.604	.608	-.772	-2.638	.030	.473	2.116
	Revisions	-.497	.499	-.215	-.996	.348	.866	1.155
	Informationen	-.131	.641	-.055	-.205	.843	.569	1.757
2	(Konstante)	74.982	2.453		30.566	.000		
	Militärspektoren	-3.696	1.080	-.728	-3.424	.008	.800	1.250
	Cls	.820	.275	.812	2.986	.015	.489	2.044
	Requests	-1.591	.572	-.765	-2.783	.021	.478	2.092
	Revisions	-.475	.461	-.206	-1.031	.329	.906	1.104
3	(Konstante)	73.467	1.970		37.287	.000		
	Militärspektoren	-3.758	1.081	-.740	-3.475	.006	.803	1.246
	Cls	.901	.264	.892	3.411	.007	.533	1.878
	Requests	-1.743	.554	-.839	-3.146	.010	.512	1.953

a Abhängige Variable: Mittelwert des Gesamtergebnisses

Hypothese 2 a

Tabelle 13: Modellzusammenfassung Einfluss der Komplexitätsfaktoren auf die Leistung in der Kategorie „Sicherheit“ (Hypothese 2a)

Modellzusammenfassung(d)					
Modell	R	R-Quadrat	Korrigiertes R- Quadrat	Standardfehler des Schätzers	Durbin-Watson- Statistik
1	.772(a)	.597	.345	3.65638	
2	.766(b)	.586	.403	3.49087	
3	.729(c)	.531	.391	3.52583	2.810

a Einflussvariablen: (Konstante), Informationen, Requests, Revisions, Militärspektoren, Cls

b Einflussvariablen: (Konstante), Requests, Revisions, Militärspektoren, Cls

c Einflussvariablen: (Konstante), Requests, Militärspektoren, Cls

d Abhängige Variable: Mittelwert Punkte "Sicherheit"

Tabelle 14 ANOVA Einfluss der Komplexitätsfaktoren auf die Leistung in der Kategorie „Sicherheit“ (Hypothese 2a)

ANOVA(d)						
Modell		Quadratsumme	df	Mittel der Quadrate	F	Signifikanz
1	Regression	158.225	5	31.645	2.367	.134(a)
	Residuen	106.953	8	13.369		
	Gesamt	265.178	13			
2	Regression	155.502	4	38.876	3.190	.068(b)
	Residuen	109.676	9	12.186		
	Gesamt	265.178	13			
3	Regression	140.863	3	46.954	3.777	.048(c)
	Residuen	124.315	10	12.431		
	Gesamt	265.178	13			

a Einflussvariablen: (Konstante) Informationen, Requests, Revisions, Militärspektoren, Cls

b Einflussvariablen: (Konstante), Requests, Revisions, Militärspektoren, Cls

c Einflussvariablen: (Konstante), Requests, Militärspektoren, Cls

d Abhängige Variable: Mittelwert Punkte "Sicherheit"

Tabelle 15 Koeffiziententabelle zum Einfluss der Komplexitätsfaktoren auf die die Leistung in der Kategorie Sicherheit (Hypothese 2a)

		Koeffizienten(a)				Kollinearitätsstatistik		
		Nicht standardisierte Koeffizienten		Standardisierte Koeffizienten				
Modell		B	SE	Beta	T	Signifikanz	Toleranz	VIF
1	(Konstante)	26.792	2.975		9.005	.000		
	Militärsektoren	-2.933	1.323	-.603	-2.216	.058	.681	1.469
	CIs	.732	.339	.757	2.161	.063	.411	2.434
	Requests	-1.512	.650	-.760	-2.326	.048	.473	2.116
	Revisions	-.596	.533	-.270	-1.118	.296	.866	1.155
	Informationen	-.309	.685	-.134	-.451	.664	.569	1.757
2	(Konstante)	26.306	2.648		9.934	.000		
	Militärsektoren	-3.163	1.165	-.651	-2.714	.024	.800	1.250
	CIs	.671	.297	.694	2.263	.050	.489	2.044
	Requests	-1.481	.617	-.744	-2.399	.040	.478	2.092
	Revisions	-.545	.498	-.247	-1.096	.302	.906	1.104
	Informationen							
3	(Konstante)	24.568	2.141		11.472	.000		
	Militärsektoren	-3.234	1.175	-.665	-2.752	.020	.803	1.246
	CIs	.764	.287	.789	2.660	.024	.533	1.878
	Requests	-1.655	.602	-.831	-2.748	.021	.512	1.953

a Abhängige Variable: Mittelwert Punkte "Sicherheit"

Hypothese 2b

Tabelle 16 Modellzusammenfassung Einfluss der Komplexitätsfaktoren auf die Leistung in der Kategorie „Prioritäten, Planung“ (Hypothese 2b)

Modellzusammenfassung(f)					
Modell	R	R-Quadrat	Korrigiertes R-Quadrat	Standardfehler des Schätzers	Durbin-Watson-Statistik
1	.705(a)	.497	.183	1.07676	
2	.693(b)	.481	.250	1.03191	
3	.664(c)	.441	.273	1.01594	
4	.610(d)	.372	.258	1.02664	
5	.534(e)	.286	.226	1.04826	1.316

a Einflussvariablen : (Konstante), Informationen, Requests, Revisions, Militärsektoren, CIs

b Einflussvariablen : (Konstante), Informationen, Revisions, Militärsektoren, CIs

c Einflussvariablen : (Konstante), Revisions, Militärsektoren, CIs

d Einflussvariablen : (Konstante), Militärsektoren, CIs

e Einflussvariablen : (Konstante), CIs

f Abhängige Variable: MittelwertPunkte "Prioritäten, Planung"

Tabelle 17 ANOVA Einfluss der Komplexitätsfaktoren auf die Leistung in der Kategorie „Prioritäten, Planung“ (Hypothese 2b)

ANOVA(f)

Modell		Quadratsumme	df	Mittel der Quadrate	F	Signifikanz
1	Regression	9.183	5	1.837	1.584	.268(a)
	Residuen	9.275	8	1.159		
	Gesamt	18.458	13			
2	Regression	8.874	4	2.219	2.084	.166(b)
	Residuen	9.584	9	1.065		
	Gesamt	18.458	13			
3	Regression	8.137	3	2.712	2.628	.108(c)
	Residuen	10.321	10	1.032		
	Gesamt	18.458	13			
4	Regression	6.864	2	3.432	3.256	.077(d)
	Residuen	11.594	11	1.054		
	Gesamt	18.458	13			
5	Regression	5.272	1	5.272	4.798	.049(e)
	Residuen	13.186	12	1.099		
	Gesamt	18.458	13			

a Einflussvariablen : (Konstante), Informationen, Requests, Revisions, Militärspektoren, Cls

b Einflussvariablen : (Konstante), Informationen, Revisions, Militärspektoren, Cls

c Einflussvariablen : (Konstante), Revisions, Militärspektoren, Cls

d Einflussvariablen : (Konstante), Militärspektoren, Cls

e Einflussvariablen : (Konstante), Cls

f Abhängige Variable: MittelwertPunkte "Prioritäten, Planung"

Tabelle 18 Koeffiziententabelle zum Einfluss der Komplexitätsfaktoren auf die die Leistung in der Kategorie „Prioritäten, Planung“ (Hypothese 2b)

		Koeffizienten(a)				Kollinearitätsstatistik	
		Nicht standardisierte Koeffizienten		Standardisierte Koeffizienten			
Modell		B	SE	Beta	T	Signifikanz	Toleranz VIF
1	(Konstante)	29.967	.876		34.200	.000	
	Militärsektoren	-.422	.390	-.329	-1.084	.310	.681 1.469
	ClS	.097	.100	.378	.968	.361	.411 2.434
	Requests	.099	.191	.188	.516	.620	.473 2.116
	Revisions	.166	.157	.285	1.059	.320	.866 1.155
	Informationen	.171	.202	.282	.848	.421	.569 1.757
2	(Konstante)	29.994	.838		35.786	.000	
	Militärsektoren	-.492	.350	-.384	-1.405	.194	.774 1.292
	ClS	.132	.070	.515	1.874	.094	.763 1.311
	Revisions	.185	.146	.317	1.262	.239	.914 1.095
	Informationen	.160	.192	.264	.832	.427	.576 1.737
3	(Konstante)	30.244	.770		39.255	.000	
	Militärsektoren	-.360	.307	-.280	-1.171	.269	.975 1.026
	ClS	.158	.062	.618	2.557	.029	.956 1.046
	Revisions	.155	.140	.267	1.110	.293	.970 1.031
4	(Konstante)	30.780	.607		50.737	.000	
	Militärsektoren	-.381	.310	-.297	-1.229	.245	.979 1.022
	ClS	.147	.062	.578	2.392	.036	.979 1.022
5	(Konstante)	30.631	.607		50.472	.000	
	ClS	.136	.062	.534	2.190	.049	1.000 1.000

a Abhängige Variable: MittelwertPunkte "Prioritäten, Planung"

Hypothese 2c

Tabelle 19 Modellzusammenfassung Einfluss der Komplexitätsfaktoren auf die Leistung in der Kategorie „Phraseologie“ (Hypothese 2c)

Modellzusammenfassung				
Modell	R	R-Quadrat	Korrigiertes R-Quadrat	Standardfehler des Schätzers
1	.259(a)	.067	-.516	.22617
2	.257(b)	.066	-.349	.21341
3	.253(c)	.064	-.217	.20265
4	.250(d)	.062	-.108	.19337
5	.237(e)	.056	-.023	.18579
6	.000(f)	.000	.000	.18371

a Einflussvariablen : (Konstante), Informationen, Requests, Revisions, Militärsektoren, ClS

b Einflussvariablen : (Konstante), Requests, Revisions, Militärsektoren, ClS

c Einflussvariablen : (Konstante), Requests, Revisions, Militärsektoren

d Einflussvariablen : (Konstante), Revisions, Militärsektoren

e Einflussvariablen : (Konstante), Revisions

f Einflussvariable: (Konstante)

Tabelle 20 ANOVA Einfluss der Komplexitätsfaktoren auf die Leistung in der Kategorie „Phraseologie“ (Hypothese 2c)

ANOVA(g)

Modell		Quadratsumme	df	Mittel der Quadrate	F	Signifikanz
1	Regression	.030	5	.006	.115	.985(a)
	Residuen	.409	8	.051		
	Gesamt	.439	13			
2	Regression	.029	4	.007	.158	.954(b)
	Residuen	.410	9	.046		
	Gesamt	.439	13			
3	Regression	.028	3	.009	.228	.875(c)
	Residuen	.411	10	.041		
	Gesamt	.439	13			
4	Regression	.027	2	.014	.367	.701(d)
	Residuen	.411	11	.037		
	Gesamt	.439	13			
5	Regression	.025	1	.025	.711	.416(e)
	Residuen	.414	12	.035		
	Gesamt	.439	13			
6	Regression	.000	0	.000	.	.(f)
	Residuen	.439	13	.034		
	Gesamt	.439	13			

a Einflussvariablen : (Konstante), Informationen, Requests, Revisions, Militärspektoren, Cls

b Einflussvariablen : (Konstante), Requests, Revisions, Militärspektoren , Cls

c Einflussvariablen : (Konstante), Requests, Revisions, Militärspektoren

d Einflussvariablen : (Konstante), Revisions, Militärspektoren

e Einflussvariablen : (Konstante), Revisions

f Einflussvariable: (Konstante)

g Abhängige Variable: Mittelwert Punkte "Phraseologie"

Tabelle 21 Koeffiziententabelle zum Einfluss der Komplexitätsfaktoren auf die die Leistung in der Kategorie „Phraseologie“ (Hypothese 2c)

		Koeffizienten(a)					Kollinearitätsstatistik	
		Nicht standardisierte Koeffizienten		Standardisierte Koeffizienten				
Modell		B	SE	Beta	T	Signifikanz	Toleranz	VIF
1	(Konstante)	9.606	.184		52.196	.000		
	Militärsektoren	.018	.082	.091	.219	.832	.681	1.469
	CIs	-.003	.021	-.084	-.158	.878	.411	2.434
	Requests	.007	.040	.089	.180	.862	.473	2.116
	Revisions	.021	.033	.236	.643	.538	.866	1.155
	Informationen	.005	.042	.052	.114	.912	.569	1.757
2	(Konstante)	9.614	.162		59.388	.000		
	Militärsektoren	.022	.071	.109	.302	.769	.800	1.250
	CIs	-.002	.018	-.060	-.130	.899	.489	2.044
	Requests	.007	.038	.083	.178	.862	.478	2.092
	Revisions	.020	.030	.227	.672	.519	.906	1.104
3	(Konstante)	9.603	.132		72.549	.000		
	Militärsektoren	.018	.062	.091	.288	.780	.938	1.066
	Requests	.003	.026	.041	.129	.900	.934	1.070
	Revisions	.022	.028	.240	.779	.454	.986	1.015
4	(Konstante)	9.614	.099		96.654	.000		
	Militärsektoren	.016	.058	.081	.277	.787	.993	1.007
	Revisions	.022	.026	.243	.831	.424	.993	1.007
5	(Konstante)	9.626	.086		111.948	.000		
	Revisions	.021	.025	.237	.843	.416	1.000	1.000
6	(Konstante)	9.685	.049		197.254	.000		

a Abhängige Variable: Mittelwert Punkte "Phraseologie"

Hypothese 2d

Tabelle 22 Modellzusammenfassung Einfluss der Komplexitätsfaktoren auf die Leistung in der Kategorie „Stripmarking, Striphandling“ (Hypothese 2d)

Modellzusammenfassung(d)					
Modell	R	R-Quadrat	Korrigiertes R-Quadrat	Standardfehler des Schätzers	Durbin-Watson-Statistik
1	.804(a)	.647	.426	.42757	
2	.804(b)	.647	.490	.40320	
3	.795(c)	.632	.522	.39029	1.625

a Einflussvariablen : (Konstante), Informationen, Requests, Revisions, Militärsektoren, CIs

b Einflussvariablen : (Konstante), Requests, Revisions, Militärsektoren, CIs

c Einflussvariablen : (Konstante), Requests, Revisions, Militärsektoren

d Abhängige Variable: Mittelwert Punkte "Stripmarking, Striphandling"

Tabelle 23 ANOVA Einfluss der Komplexitätsfaktoren auf die Leistung in der Kategorie „Stripmarking, Striphandling“ (Hypothese 2d)

ANOVA(d)

Modell		Quadratsumme	df	Mittel der Quadrate	F	Signifikanz
1	Regression	2.681	5	.536	2.933	.085(a)
	Residuen	1.463	8	.183		
	Gesamt	4.144	13			
2	Regression	2.681	4	.670	4.123	.036(b)
	Residuen	1.463	9	.163		
	Gesamt	4.144	13			
3	Regression	2.621	3	.874	5.734	.015(c)
	Residuen	1.523	10	.152		
	Gesamt	4.144	13			

a Einflussvariablen : (Konstante), Informationen, Requests, Revisions, Militärspektoren, Cls

b Einflussvariablen : (Konstante), Requests, Revisions, Militärspektoren, Cls

c Einflussvariablen : (Konstante), Requests, Revisions, Militärspektoren

d Abhängige Variable: Mittelwert Punkte "Stripmarking, Striphandling"

Tabelle 24 Koeffiziententabelle zum Einfluss der Komplexitätsfaktoren auf die die Leistung in der Kategorie „Stripmarking, Striphandling“ (Hypothese 2d)

Koeffizienten(a)

Modell		Nicht standardisierte Koeffizienten		Standardisierte Koeffizienten		Kollinearitätsstatistik		
		B	SE	Beta	T	Signifikanz	Toleranz	VIF
1	(Konstante)	8.821	.348		25.352	.000		
	Militärspektoren	-.260	.155	-.428	-1.683	.131	.681	1.469
	Cls	.020	.040	.165	.504	.628	.411	2.434
	Requests	-.198	.076	-.798	-2.611	.031	.473	2.116
	Revisions	-.089	.062	-.321	-1.423	.193	.866	1.155
	Informationen	.004	.080	.015	.055	.958	.569	1.757
2	(Konstante)	8.828	.306		28.863	.000		
	Militärspektoren	-.257	.135	-.423	-1.910	.088	.800	1.250
	Cls	.021	.034	.172	.608	.558	.489	2.044
	Requests	-.199	.071	-.799	-2.791	.021	.478	2.092
	Revisions	-.089	.057	-.324	-1.556	.154	.906	1.104
3	(Konstante)	8.923	.255		34.999	.000		
	Militärspektoren	-.226	.120	-.371	-1.876	.090	.938	1.066
	Requests	-.169	.049	-.678	-3.416	.007	.934	1,070
	Revisions	-.099	.053	-.360	-1.864	.092	.986	1,015

a Abhängige Variable: Mittelwert Punkte "Stripmarking, Striphandling"

Hypothese 3a

Tabelle 25 Modellzusammenfassung Einfluss der Komplexitätsfaktoren auf die Häufigkeit des Fehlers „1.1 Staffelunterschreitung“ (Hypothese 3a)

Modellzusammenfassung(d)

Modell	R	R-Quadrat	Korrigiertes R-Quadrat	Standardfehler des Schätzers	Durbin-Watson-Statistik
1	.718(a)	.515	.212	.19673	
2	.716(b)	.513	.296	.18594	
3	.685(c)	.469	.310	.18407	2.855

a Einflussvariablen : (Konstante), Informationen, Requests, Revisions, Militärsektoren, Cls

b Einflussvariablen : (Konstante), Requests, Revisions, Militärsektoren, Cls

c Einflussvariablen : (Konstante), Requests, Militärsektoren, Cls

d Abhängige Variable: Anzahl Fehler 1.1 "Staffelunterschreitung"

Tabelle 26 ANOVA Einfluss der Komplexitätsfaktoren auf die Häufigkeit des Fehlers „1.1 Staffelunterschreitung“ (Hypothese 3a)

ANOVA(d)

Modell		Quadratsumme	df	Mittel der Quadrate	F	Signifikanz
1	Regression	.329	5	.066	1.700	.240(a)
	Residuen	.310	8	.039		
	Gesamt	.639	13			
2	Regression	.327	4	.082	2.367	.130(b)
	Residuen	.311	9	.035		
	Gesamt	.639	13			
3	Regression	.300	3	.100	2.948	.085(c)
	Residuen	.339	10	.034		
	Gesamt	.639	13			

a Einflussvariablen : (Konstante), Informationen, Requests, Revisions, Militärsektoren , Cls

b Einflussvariablen : (Konstante), Requests, Revisions, Militärsektoren, Cls

c Einflussvariablen : (Konstante), Requests, Militärsektoren, Cls

d Abhängige Variable: Anzahl Fehler 1.1 "Staffelunterschreitung"

Tabelle 27 Koeffiziententabelle zum Einfluss der Komplexitätsfaktoren auf die Häufigkeit des Fehlers „1.1 Staffelunterschreitung“ (Hypothese 3a)

		Koeffizienten(a)					Kollinearitätsstatistik	
		Nicht standardisierte Koeffizienten		Standardisierte Koeffizienten				
Modell		B	SE	Beta	T	Signifikanz	Toleranz	VIF
1	(Konstante)	.564	.160		3.523	.008		
	Militärsektoren	.115	.071	.483	1.620	.144	.681	1.469
	CIs	-.036	.018	-.768	-2.000	.081	.411	2.434
	Requests	.069	.035	.702	1.960	.086	.473	2.116
	Revisions	.023	.029	.208	.785	.455	.866	1.155
	Informationen	-.007	.037	-.065	-.199	.847	.569	1.757
2	(Konstante)	.553	.141		3.917	.004		
	Militärsektoren	.110	.062	.461	1.770	.110	.800	1.250
	CIs	-.038	.016	-.799	-2.401	.040	.489	2.044
	Requests	.069	.033	.709	2.108	.064	.478	2.092
	Revisions	.024	.027	.219	.895	.394	.906	1.104
	Informationen							
3	(Konstante)	.628	.112		5.618	.000		
	Militärsektoren	.113	.061	.473	1.841	.095	.803	1.246
	CIs	-.042	.015	-.883	-2.799	.019	.533	1.878
	Requests	.077	.031	.787	2.445	.035	.512	1.953

a Abhängige Variable: Anzahl Fehler 1.1 "Staffelunterschreitung"

Hypothese 3b

Tabelle 28 Modellzusammenfassung Einfluss der Komplexitätsfaktoren auf die Häufigkeit des Fehlers „1.2 Keine gesicherte Staffel“ (Hypothese 3b)

Modellzusammenfassung				
Modell	R	R-Quadrat	Korrigiertes R-Quadrat	Standardfehler des Schätzers
1	.492(a)	.242	-.231	.18091
2	.490(b)	.240	-.098	.17083
3	.451(c)	.204	-.035	.16586
4	.408(d)	.167	.015	.16177
5	.359(e)	.129	.056	.15838
6	.000(f)	.000	.000	.16302

a Einflussvariablen : (Konstante), Informationen, Requests, Revisions, Militärsektoren, CIs

b Einflussvariablen : (Konstante), Informationen, Requests, Militärsektoren, CIs

c Einflussvariablen : (Konstante), Requests, Militärsektoren, CIs

d Einflussvariablen : (Konstante), Requests, Militärsektoren

e Einflussvariablen : (Konstante), Militärsektoren

f Einflussvariable: (Konstante)

Tabelle 29 ANOVA Einfluss der Komplexitätsfaktoren auf die Häufigkeit des Fehlers „1.2 Keine gesicherte Staffel“ (Hypothese 3b)

ANOVA(g)

Modell		Quadratsumme	df	Mittel der Quadrate	F	Signifikanz
1	Regression	.084	5	.017	.511	.762(a)
	Residuen	.262	8	.033		
	Gesamt	.345	13			
2	Regression	.083	4	.021	.710	.605(b)
	Residuen	.263	9	.029		
	Gesamt	.345	13			
3	Regression	.070	3	.023	.853	.496(c)
	Residuen	.275	10	.028		
	Gesamt	.345	13			
4	Regression	.058	2	.029	1.101	.367(d)
	Residuen	.288	11	.026		
	Gesamt	.345	13			
5	Regression	.045	1	.045	1.774	.208(e)
	Residuen	.301	12	.025		
	Gesamt	.345	13			
6	Regression	.000	0	.000	.	.(f)
	Residuen	.345	13	.027		
	Gesamt	.345	13			

a Einflussvariablen : (Konstante), Informationen, Requests, Revisions, Militärsektoren, CIs

b Einflussvariablen : (Konstante), Informationen, Requests, Militärsektoren, CIs

c Einflussvariablen : (Konstante), Requests, Militärsektoren, CIs

d Einflussvariablen : (Konstante), Requests, Militärsektoren

e Einflussvariablen : (Konstante), Militärsektoren

f Einflussvariable: (Konstante)

g Abhängige Variable: Anzahl Fehler 1.2 "Keine gesicherte Staffel"

Tabelle 30 Koeffiziententabelle zum Einfluss der Komplexitätsfaktoren auf die Häufigkeit des Fehlers „1.2 Keine gesicherte Staffel“ (Hypothese 3b)

		Koeffizienten(a)				Kollinearitätsstatistik	
		Nicht standardisierte Koeffizienten		Standardisierte Koeffizienten			
Modell		B	SE	Beta	T	Signifikanz	Toleranz VIF
1	(Konstante)	.103	.147		.702	.503	
	Militärsektoren	.070	.065	.398	1.067	.317	1.469
	CIs	-.013	.017	-.383	-.797	.448	2.434
	Requests	.029	.032	.410	.916	.387	2.116
	Revisions	.004	.026	.052	.157	.879	1.155
	Informationen	.022	.034	.259	.636	.543	1.757
2	(Konstante)	.118	.109		1.081	.308	
	Militärsektoren	.071	.061	.406	1.161	.275	1.444
	CIs	-.014	.016	-.396	-.886	.399	2.363
	Requests	.031	.030	.426	1.035	.328	2.005
	Informationen	.020	.031	.246	.653	.530	1.680
3	(Konstante)	.139	.101		1.382	.197	
	Militärsektoren	.086	.055	.490	1.556	.151	1.246
	CIs	-.009	.014	-.264	-.682	.511	1.878
	Requests	.027	.028	.382	.970	.355	1.953
4	(Konstante)	.109	.088		1.235	.243	
	Militärsektoren	.072	.050	.408	1.437	.179	1.062
	Requests	.014	.020	.201	.708	.494	1.062
5	(Konstante)	.159	.052		3.047	.010	
	Militärsektoren	.063	.047	.359	1.332	.208	1.000
6	(Konstante)	.199	.044		4.574	.001	

a Abhängige Variable: Anzahl Fehler 1.2 "Keine gesicherte Staffel"

Hypothese 3c

Tabelle 31: Modellzusammenfassung Einfluss der Komplexitätsfaktoren auf die Häufigkeit des Fehlers „2.2 Mangelhafte Planung“ (Hypothese 3c)

Modellzusammenfassung(f)					
Modell	R	R-Quadrat	Korrigiertes R-Quadrat	Standardfehler des Schätzers	Durbin-Watson-Statistik
1	.784(a)	.615	.375	.12138	
2	.784(b)	.615	.444	.11444	
3	.750(c)	.563	.432	.11565	
4	.676(d)	.456	.358	.12301	
5	.564(e)	.318	.261	.13195	2.104

a Einflussvariablen : (Konstante), Informationen, Requests, Revisions, Militärsektoren , CIs

b Einflussvariablen : (Konstante), Informationen, Revisions, Militärsektoren, CIs

c Einflussvariablen : (Konstante), Revisions, Militärsektoren, CIs

d Einflussvariablen : (Konstante), Militärsektoren, CIs

e Einflussvariablen : (Konstante), CIs

f Abhängige Variable: Anzahl Fehler 2.2 "Mangelhafte Planung"

Tabelle 32 ANOVA Einfluss der Komplexitätsfaktoren auf die Häufigkeit des Fehlers „2.2 Mangelhafte Planung“ (Hypothese 3c)

ANOVA(f)

Modell		Quadratsumme	df	Mittel der Quadrate	F	Signifikanz
1	Regression	.188	5	.038	2.557	.114(a)
	Residuen	.118	8	.015		
	Gesamt	.306	13			
2	Regression	.188	4	.047	3.596	.051(b)
	Residuen	.118	9	.013		
	Gesamt	.306	13			
3	Regression	.172	3	.057	4.298	.034(c)
	Residuen	.134	10	.013		
	Gesamt	.306	13			
4	Regression	.140	2	.070	4.619	.035(d)
	Residuen	.166	11	.015		
	Gesamt	.306	13			
5	Regression	.097	1	.097	5.588	.036(e)
	Residuen	.209	12	.017		
	Gesamt	.306	13			

a Einflussvariablen : (Konstante), Informationen, Requests, Revisions, Militärsektoren, Cls

b Einflussvariablen : (Konstante), Informationen, Revisions, Militärsektoren, Cls

c Einflussvariablen : (Konstante), Revisions, Militärsektoren, Cls

d Einflussvariablen : (Konstante), Militärsektoren, Cls

e Einflussvariablen : (Konstante), Cls

f Abhängige Variable: Anzahl Fehler 2.2 "Mangelhafte Planung"

Tabelle 33 Koeffiziententabelle zum Einfluss der Komplexitätsfaktoren auf die Häufigkeit des Fehlers „2.2 Mangelhafte Planung“ (Hypothese 3c)

		Koeffizienten(a)				Kollinearitätsstatistik		
		Nicht standardisierte Koeffizienten		Standardisierte Koeffizienten				
Modell		B	SE	Beta	T	Signifikanz	Toleranz	VIF
1	(Konstante)	.730	.099		7.395	.000		
	Militärsektoren	.079	.044	.476	1.789	.111	.681	1.469
	CIs	-.018	.011	-.557	-1.627	.142	.411	2.434
	Requests	.000	.022	.007	.021	.984	.473	2.116
	Revisions	-.029	.018	-.390	-1.656	.136	.866	1.155
	Informationen	-.023	.023	-.300	-1.031	.333	.569	1.757
2	(Konstante)	.731	.093		7.859	.000		
	Militärsektoren	.078	.039	.474	2.015	.075	.774	1.292
	CIs	-.018	.008	-.552	-2.330	.045	.763	1.311
	Revisions	-.029	.016	-.389	-1.799	.106	.914	1.095
	Informationen	-.023	.021	-.300	-1.102	.299	.576	1.737
3	(Konstante)	.694	.088		7.911	.000		
	Militärsektoren	.059	.035	.356	1.682	.123	.975	1.026
	CIs	-.022	.007	-.669	-3.131	.011	.956	1.046
	Revisions	-.025	.016	-.332	-1.563	.149	.970	1.031
4	(Konstante)	.608	.073		8.363	.000		
	Militärsektoren	.062	.037	.377	1.676	.122	.979	1.022
	CIs	-.020	.007	-.619	-2.753	.019	.979	1.022
5	(Konstante)	.632	.076		8.277	.000		
	CIs	-.019	.008	-.564	-2.364	.036	1.000	1.000

a Abhängige Variable: Anzahl Fehler 2.2 "Mangelhafte Planung"

Hypothese 3d

Tabelle 34 Modellzusammenfassung Einfluss der Komplexitätsfaktoren auf die Häufigkeit des Fehlers „2.3 Inaktivität“ (Hypothese 3d)

Modellzusammenfassung				
Modell	R	R-Quadrat	Korrigiertes R-Quadrat	Standardfehler des Schätzers
1	.464(a)	.215	-.275	.07051
2	.452(b)	.204	-.149	.06694
3	.437(c)	.191	-.052	.06404
4	.409(d)	.167	.016	.06194
5	.337(e)	.114	.040	.06118
6	.000(f)	.000	.000	.06244

a Einflussvariablen : (Konstante), Informationen, Requests, Revisions, Militärsektoren, CIs

b Einflussvariablen : (Konstante), Informationen, Requests, Militärsektoren, CIs

c Einflussvariablen : (Konstante), Requests, Militärsektoren, CIs

d Einflussvariablen : (Konstante), Militärsektoren, CIs

e Einflussvariablen : (Konstante), Militärsektoren

f Einflussvariable: (Konstante)

Tabelle 35 ANOVA Einfluss der Komplexitätsfaktoren auf die Häufigkeit des Fehlers „2.3 Inaktivität“ (Hypothese 3d)

ANOVA(g)						
Modell		Quadratsumme	df	Mittel der Quadrate	F	Signifikanz
1	Regression	.011	5	.002	.439	.810(a)
	Residuen	.040	8	.005		
	Gesamt	.051	13			
2	Regression	.010	4	.003	.578	.686(b)
	Residuen	.040	9	.004		
	Gesamt	.051	13			
3	Regression	.010	3	.003	.786	.529(c)
	Residuen	.041	10	.004		
	Gesamt	.051	13			
4	Regression	.008	2	.004	1.106	.365(d)
	Residuen	.042	11	.004		
	Gesamt	.051	13			
5	Regression	.006	1	.006	1.540	.238(e)
	Residuen	.045	12	.004		
	Gesamt	.051	13			
6	Regression	.000	0	.000	.	.(f)
	Residuen	.051	13	.004		
	Gesamt	.051	13			

a Einflussvariablen : (Konstante), Informationen, Requests, Revisions, Militärspektoren, Cls

b Einflussvariablen : (Konstante), Informationen, Requests, Militärspektoren, Cls

c Einflussvariablen : (Konstante), Requests, Militärspektoren, Cls

d Einflussvariablen : (Konstante), Militärspektoren, Cls

e Einflussvariablen : (Konstante), Militärspektoren

f Einflussvariable: (Konstante)

g Abhängige Variable: Anzahl Fehler 2.3 "Inaktivität"

Tabelle 36 Koeffiziententabelle zum Einfluss der Komplexitätsfaktoren auf die Häufigkeit des Fehlers „2.3 Inaktivität“ (Hypothese 3d)

		Koeffizienten(a)				Kollinearitätsstatistik		
		Nicht standardisierte Koeffizienten		Standardisierte Koeffizienten				
Modell		B	SE	Beta	T	Signifikanz	Toleranz	VIF
1	(Konstante)	.136	.057		2.363	.046		
	Militärsektoren	-.020	.026	-.299	-.788	.453	.681	1.469
	CIs	-.006	.007	-.429	-.878	.405	.411	2.434
	Requests	.006	.013	.206	.452	.663	.473	2.116
	Revisions	.003	.010	.112	.332	.749	.866	1.155
	Informationen	.006	.013	.180	.434	.676	.569	1.757
2	(Konstante)	.147	.043		3.456	.007		
	Militärsektoren	-.019	.024	-.283	-.791	.449	.692	1.444
	CIs	-.006	.006	-.457	-1.000	.343	.423	2.363
	Requests	.007	.012	.241	.571	.582	.499	2.005
	Informationen	.005	.012	.151	.393	.704	.595	1.680
3	(Konstante)	.152	.039		3.920	.003		
	Militärsektoren	-.016	.021	-.231	-.727	.484	.803	1.246
	CIs	-.005	.005	-.376	-.964	.358	.533	1.878
	Requests	.006	.011	.214	.538	.603	.512	1.953
4	(Konstante)	.157	.037		4.298	.001		
	Militärsektoren	-.020	.019	-.303	-1.090	.299	.979	1.022
	CIs	-.003	.004	-.234	-.842	.418	.979	1.022
5	(Konstante)	.132	.020		6.543	.000		
	Militärsektoren	-.023	.018	-.337	-1.241	.238	1.000	1.000
6	(Konstante)	.117	.017		7.020	.000		

a Abhängige Variable: Anzahl Fehler 2.3 "Inaktivität"

Ich habe mich bemüht, sämtliche Inhaber der Bildrechte ausfindig zu machen und ihre Zustimmung zur Verwendung der Bilder in dieser Arbeit eingeholt. Sollte dennoch eine Urheberrechtsverletzung bekannt werden, ersuche ich um Meldung bei mir.

Abstract

Im Zentrum des Systems Flugsicherung steht sein wichtigstes Element: der Fluglotse. Ihm obliegt in seiner täglichen Berufsausübung eine enorme Verantwortung, er ist jedoch ebenso wie jeder andere Mensch vor Fehlern nicht gefeit. Ziel der vorliegenden Arbeit ist es abzuklären, welche flugsicherungsspezifischen Faktoren es sind, die die kognitive Leistungsfähigkeit von Flugverkehrsleitern mindern und das Auftreten von Fehler begünstigen. Den Einstieg in die Materie bildet ein Überblick über die Aufgaben von Flugverkehrsleitern im Allgemeinen und von Planungslotsen im Speziellen. Eine Zusammenfassung der wichtigsten Belastungs- und Workloadmodelle führt weiter zu einem Versuch, die bedeutsamsten in vergangenen Untersuchungen identifizierten Komplexitätsfaktoren in der Flugsicherung zu benennen. Die Klärung der Frage nach der Entstehung menschlicher Fehler anhand der zwei wichtigsten in der Literatur zu findenden Fehlermodelle rundet schließlich den theoretischen Einstieg ab. Zentrum der vorliegenden Arbeit bildet die empirische Untersuchung, die sich auf Daten der Planungslotsenprüfung in der Austro Control, der Österreichischen Gesellschaft für Zivilluftfahrt mbH, stützt. Darin kristallisierten sich vor allem die Anzahl an Militärsperzonen und die Anzahl an einkommenden Anfragen von Nebenstellen (Requests) als am meisten zu Leistungsschwächen der getesteten Trainees beitragende Faktoren heraus. Die Suche nach der Ursache von konkreten Operationsfehlern lieferte hingegen keine befriedigenden Ergebnisse, lediglich die Anzahl an einkommenden Flugzeugen (CI) wurde in mehreren multiplen Regressionsanalysen als Einflussgröße identifiziert, dieser Einfluss ging jedoch, anders als zu vermuten gewesen wäre, in Richtung einer verminderten Fehleranzahl.

Curriculum Vitae

Persönliche Informationen

Vorname(n) /Nachname Kathleen Lisa Holawe
Adresse Sieveringer Str. 94 -1
1190 Wien
Tel. +43 (0)650 – 91 95 583
E-mail a0103727@unet.univie.ac.at
Nationalität Österreich
Geburtsdatum 16.06. 1983

Ausbildungen

9/2001 - laufend – Diplomstudium Psychologie, Universität Wien
Schwerpunkt: Angewandte Sozialpsychologie,
Wirtschaftspsychologie
9/2001 - 6/2002 – Bakkalaureatsstudium, Medieninformatik,
Technische Universität Wien
6/2001 – Matura, Bundesgymnasium, Amstetten (NÖ)
9/1993 - 6/2001 – Bundesgymnasium, Amstetten (NÖ)
9/1989 - 6/1993 – Klosterschule, Amstetten (NÖ)

Berufliche Erfahrungen

9/2008 - laufend – Assistance, Mondial Events & Incentives, Wien
8/2008 – Praktikum, BVA, Versicherungsanstalt öffentlich
Bediensteter, Wien
5/2008 - laufend – Hostess, Mondial Congress, Wien
1/2006 - 3/2006 – Praktikum, Austro Control GmbH, Wien
7/2003 - 6/2005 – Projektassistentin, Genia Consult
Unternehmensberatung, Wien
6/2002 - 10/2002 – Servicekraft, Tee & Kaffee Heissenberger, Wien

Besondere Kenntnisse

Sprachkenntnisse	Deutsch – Muttersprache Englisch – fließend Französisch – Grundkenntnisse Italienisch – Grundkenntnisse
Computerkenntnisse	MS-Office (Word, Excel, Powerpoint) SPSS
Persönliche Interessen	Laufen, Jazz Dance, Lesen, Reiten