

Perzeption der VFR Karten

Analyse der Effizienz und Effektivität von Visual Flight Charts

30 September 2015

Verfasserin:

Juliette Marx

Rötelstrasse 20

CH – 8006 Zürich

Tel: +41793973521

E-Mail: juliette.marx@uzh.ch

06-713-457

Betreuung:

Prof. Dr. Sara Irina Fabrikant

Abteilung GIVA

Geographisches Institut UZH

Winterthurerstrasse 190

CH – 8057 Zürich

Mitarbeit:

Flavia Schnieper, Hansruedi Gafner

skyguide, swiss air navigation services ltd.

Flugsicherungstrasse 1-5

Postfach 23

CH – 8602 Wangen b. Dübendorf

Vorwort

Im Rahmen meines Masterstudiums habe ich mich zu einem grossen Teil auf die geographische Visualisierung sowie auf die geographischen Informationssysteme konzentriert. Dies gab mir ein Verständnis für die Wichtigkeit der Kartographie und der dazugehörigen Visualisierung in unserem Alltag. Bei der Visualisierung handelt es sich um ein essenzielles Kommunikationssystem, das von den meisten heutigen Technologien benutzt wird.

Meine grosse Leidenschaft für die Fliegerei begleitete mich durch mein Geographiestudium; so arbeitete ich nach meinem Bachelorabschluss ein Jahr bei skyguide, wo ich die gelernten Fähigkeiten der geographischen Informationsvisualisierung anwenden konnte. Dieses Praktikum hat mir persönlich sehr viel bedeutet und mich auch in meinen geographischen Kenntnissen weitergebracht. Ich konnte im Kartographie-Team mitarbeiten und mich mit Flugkarten und Flugrouten befassen.

Spätestens hier wurde mir klar, dass ich meine Masterarbeit mit der Fliegerei verbinden wollte. Es hatte mich schon während meines Praktikums interessiert, nach welchen Kriterien Flugkarten aufgebaut sind. Die Frage, ob diese Karten Verbesserungspotenzial aufweisen könnten, hat mich dabei schon damals besonders beschäftigt. Flugkarten, die über eine gute Visualisierung verfügen, sind während eines Sichtflugs von grosser Relevanz. Daher habe ich mich entschieden, geographische Kartographieprinzipien auf Flugkarten anzuwenden, um zu untersuchen, ob dadurch eine bessere Visualisierung erreicht werden kann. Ich entschloss mich dazu, VFR Karten zu analysieren, da diese beinahe die einzigen Flugkarten sind, die noch in Papierformat gebraucht werden.

Ich möchte hier an die Danksagungen anknüpfen. Als Erstes möchte ich mich bei Prof. Dr. Sara I. Fabrikant bedanken, die mich in dieser Masterarbeitsidee unterstützt und an mich geglaubt hat; dies hat mir sehr viel bedeutet. Ebenfalls möchte ich mich bei ihr für die wertvollen methodischen und inhaltlichen Ratschläge bedanken. Ganz herzlich möchte ich mich auch bei Flavia Schnieper und Hansruedi Gafner von skyguide für die wertvolle Unterstützung bedanken, ohne die diese Arbeit nicht hätte stattfinden können; ich danke ihnen für die Beantwortung all meiner Fragen sowie für die ständige Verfügbarkeit. Ebenso möchte ich mich bei Thomas Schneiter und Rahel Burkhard bedanken, die mich stets herzlich im ehemaligen Büro empfangen haben. Vielen Dank zudem an alle ProbandInnen, die bei skyguide gearbeitet und an meinem Test teilgenommen haben.

Ganz herzlich möchte ich mich auch bei Dr. Bernhard Schneider für die wertvollen Tipps, die vielen Anrufe und die grosse Unterstützung bedanken. Ohne ihn hätte diese Masterarbeit zwar stattgefunden, aber sie wäre mir sicher nicht so fest ans Herz gewachsen.

Weiter danke ich Nicole und Valerie, die meine Arbeit lektoriert haben und mir den ganzen Sommer über zur Seite gestanden sind. Ich möchte mich bei all meinen Freunden bedanken, die mich während dieser Arbeit immer unterstützt und mit Begeisterung an dem Test mitgemacht haben.

Letztlich möchte ich mich noch bei Fabia und meiner Familie bedanken, dass sie mir ein Studium ermöglicht und mich währenddessen stets unterstützt haben – ohne sie wäre das alles nicht möglich gewesen.

Zürich, 30.9.2015

Juliette Marx

Zusammenfassung

Die heutigen VFR Karten – Flugkarten, die für den Sichtflug benötigt werden – basieren auf den Richtlinien der ICAO, die 1944 in Kraft traten (icao.int, 2011). Der Kartenaufbau dieser Luftfahrtkarten stützt sich auf herkömmliche kartographische Prinzipien. Im 21. Jahrhundert erfolgte die Entwicklung neuer Prinzipien des Kartenaufbaus, nach denen eine Karte leichter und besser lesbar gestaltet werden kann. Diese sogenannte kognitive Kartographie befasst sich also mit der Perzeption einer Karte, d.h. mit deren richtigen Erfassung durch die Nutzer. Sie erforschen neue Kriterien, mit denen die Effizienz (Schnelligkeit der Erfassung) sowie Effektivität (Richtigkeit der Erfassung) einer Karte erhöht werden können. So zeigte beispielsweise die Forschung von Fabrikant et al., dass eine effektive Benutzung von Variablen die Perzeption einer Karte erhöhen kann (Fabrikant et al., 2010).

Diese neuen kognitiven Aspekte der Kartographie finden im Rahmen dieser Arbeit auf die von der ICAO erstellten VFR Karten Anwendung. Die Perzeption dieser Karten wurde empirisch analysiert, wobei untersucht wurde, ob die VFR Karten gemäss den kognitiven Prinzipien der Kartographie aufgebaut sind und falls nicht, ob sie verbessert werden können.

Dazu wurden drei neue VFR Karten der Schweiz anhand kognitiver Grundsätze erstellt (Lugano, Zürich und Birrfeld). Ausgewählte visuelle Variablen der VFR Karten wurden gemäss Bertins Semiologie des graphischen Systems abgeändert (Bertin, 1983). Im Anschluss folgte ein Vergleich dieser neu entwickelten Karten mit den originalen VFR Karten, wozu 30 ProbandInnen bezüglich beider Kartentypen befragt wurden, woraufhin ihre Antworten statistisch zur Auswertung gelangten.

Die Schnelligkeit (Effizienz), mit der die Karten gelesen wurden, sowie das richtige Verständnis (Effektivität) der thematisch relevanten Informationen der neuen VFR Karten wurden dabei überprüft. Die Resultate zeigten keine Verbesserung der Effizienz der ProbandInnen aufgrund der neu entwickelten Karten. Hingegen ergab sich eine statistisch signifikante Erhöhung der Anzahl richtiger Antworten der ProbandInnen bei Benutzung der neuen Karten. Die neu entwickelten Karten wiesen also eine bessere Perzeption der ProbandInnen auf, woraus die Schlussfolgerung gezogen werden kann, dass die heutigen VFR Karten nicht vollumfänglich den kognitiven Prinzipien entsprechen und in diesem Bereich Verbesserungspotenzial besteht.

Die in dieser Arbeit enthaltenen Flugkarten können nicht für einen VFR Flug benutzt werden. Ihre Sicherheit kann nicht garantiert werden, es wird keine Haftung übernommen.

Inhaltsverzeichnis

I. Abbildungsverzeichnis	VII
II. Tabellenverzeichnis	VIII
III. Glossar.....	IX
1. Einleitung.....	1
1.1 Problemstellung	1
1.2 Ziel der Arbeit.....	2
1.3 Forschungsfragen und Hypothesen.....	2
1.4 Aufbau der Arbeit.....	3
2. Theorie und Forschungsstand.....	4
2.1 Entstehung der Internationalen Zivilluftfahrtorganisation (ICAO).....	4
2.1.1 <i>Die Pariser und die Havanna Konvention</i>	4
2.1.2 <i>Die Chicago Konvention von 1944</i>	5
2.2 Die Internationale Zivilluftfahrtorganisation (ICAO).....	6
2.2.1 Die Anhänge.....	6
2.2.2 Anhang 4 – Luftfahrtkarten	7
2.3 Flugregeln	9
2.3.1 Aeronautical Information Publication (AIP).....	9
2.3.2 VFR Manual.....	10
2.4 Kartographie nach Jacques Bertin.....	11
2.4.1 Informationsebenen	11
2.4.2 Semiologie des graphischen Systems.....	12
2.5 Die kognitive und psychologische Kartographie des 21. Jahrhunderts	14
2.5.1 Die kognitive Kartographie.....	14
2.5.2 Wahrnehmung visueller Variablen	15
2.5.3 Farbenperzeption und Farbenassoziation.....	15
2.5.4 User-Centered Design (UCD)	16
2.6 Die Kartographie in der Fliegerei.....	17
3. Methode	18
3.1 ProbandInnen.....	18
3.2 Experimentgestaltung.....	20
3.2.1 Daten: VFR Karten.....	20
3.2.2 Experteninterview	21
3.2.3 PilotInnen - Befragung.....	23
3.2.4 Die neu entwickelten VFR Karten	24

3.2.5 Herstellung der Fragebögen	33
3.2.6 Hidden Patterns Test.....	33
3.3 VFR Karten-Test.....	33
3.3.1 Die unabhängigen Variablen.....	33
3.3.2 Die abhängigen Variablen.....	34
3.3.3 Testumfeld.....	34
3.3.4 Experimentablauf.....	36
4. Resultate	38
4.1. Quantitative Analyse.....	38
4.1.1 Effizienz.....	39
4.1.2 Einfluss der räumlichen Fähigkeiten.....	40
4.1.3 Effektivität.....	41
4.2 Qualitative Analyse.....	53
4.2.1 Qualitative Resultate der Aufgaben 2 und 5 des VFR Karten - Tests.....	53
4.2.2 Bewertung des VFR Karten-Tests und der Perzeption der neu entwickelten VFR Karten.....	55
4.3 Testbemerkungen.....	62
5. Diskussion	64
5.1 Die veränderten thematischen Variablen	65
5.1.1 Die neue Wichtigkeit der thematischen Variablen.....	70
5.1.2 Die neuen visuellen Variablen.....	71
5.2 Forschungsfragen	71
6. Fazit	75
6.1 Perzeption von VFR Karten	75
6.2 Erkenntnisse.....	75
6.3 Kritische Reflexionen	76
6.4 Ausblicke.....	76
7. Literatur- und Quellenverzeichnis.....	78
7.1 Literaturverzeichnis.....	78
7.2 Internetquellen.....	80
7.3 Audiovisuelle Quellen	81
7.4 Mündlichen Referenzen	81
8. Anhang.....	82

I. Abbildungsverzeichnis

Abb.1: Skala, Datum und geographischen Bezeichnungen in den ICAO Karten.....	8
Abb.2: Regulierung der Anhang 4 betreffend der topographischen Abbildung in den ICAO Karten.....	8
Abb.3: Die drei Informationsstufen von Jaques Bertin.....	12
Abb.4: Bertins visuelle Variablen.....	13
Abb.5: Die kartographischen Kenntnisse der 30 ProbandInnen die am VFR Karten-Test teilgenommen haben.....	19
Abb.6: Die GIS Kenntnisse der 30 ProbandInnen die am VFR Karten-Test teilgenommen haben.....	19
Abb.7: Die Kenntnisse betreffend Fliegerei der 30 ProbandInnen die am VFR Karten-Test teilgenommen haben.	20
Abb.8: Die kartographischen Fähigkeiten bezüglich Kartenlesen der 30 ProbandInnen die am VFR Karten-Test teilgenommen haben.....	20
Abb.9: Originale VFR Area Karte von Lugano (LSZA) hergestellt von skyguide, 2014.....	28
Abb.10: Neu entwickelte VFR Area Karten von Lugano (LSZA) gestützt auf die Karten von skyguide (2014).	29
Abb.11: Die 3 randomisierten Zahlenfolgen, welche für die Herstellung der Testmappe benutzt worden sind.	32
Abb.12: Testumfeld des VFR Karten-Tests mit den verschiedenen Ablenkungen.....	35
Abb.13: Der VFR Karten-Test durchgeführt von drei ProbandInnen.....	37
Abb.14: Die deskriptive Statistik der benötigten Zeit für den VFR Karten-Test.....	39
Abb.15: Die deskriptive Statistik des Hidden Pattern-Tests.....	40
Abb.16: Die deskriptive Statistik der Aufgabe 1 des VFR Karten-Tests.....	42
Abb.17: Die deskriptive Statistik der Aufgabe 3 des VFR Karten-Tests.....	43
Abb.18: Die deskriptive Statistik der Aufgabe 4 des VFR Karten-Tests (VAC Karten).....	45
Abb.19: Die deskriptive Statistik der Aufgabe 4 des VFR Karten-Tests (Area Karten).....	46
Abb.20: Die deskriptive Statistik der Aufgabe 6 des VFR Karten-Tests (VAC Karten).....	47
Abb.21: Die deskriptive Statistik der Aufgabe 6 des VFR Karten-Tests (Area Karten).....	48
Abb.22: Die deskriptive Statistik der Aufgabe 7 des VFR Karten-Tests (VAC Karten).....	49
Abb.23: Die deskriptive Statistik der Aufgabe 7 des VFR Karten-Tests (Area Karten).....	50
Abb.24: Die deskriptive Statistik betreffend die VFR VAC Karten von Lugano, Zürich und Birrfeld.....	51
Abb.25: Die deskriptive Statistik betreffend die VFR Area Karten von Lugano und Zürich.....	52

Abb.26: Die Schwierigkeiten der ProbandInnen während des VFR Karten-Tests.....	55
Abb.27: Die Resultate des Nachversuchs-Fragebogens.....	56
Abb.28: Die Antworten der 30 ProbandInnen bezüglich der neuen Farben in den VAC Karten.....	58
Abb.29: Die Resultate der Frage bezüglich der neu gefärbten Siedlungsgebiete in den VAC Karten.....	59
Abb.30: Die Resultate der Frage bezüglich der Sensitive Areas in den VAC Karten.....	59
Abb.31: Die Resultate der Frage 4 bezüglich der neuen Farben der neu entwickelten Karten.....	60
Abb.32: Die Resultate der Frage bezüglich der gelbgefärbten Siedlungsgebieten in den Area Karten.....	60
Abb.33: Die Resultate bezüglich einer idealen Karte in der Flugvorbereitungsphase.....	61
Abb.34: Die Resultate bezüglich einer idealen Karte in der Flugphase.....	62

II. Tabellenverzeichnis

Tab.1: Die nach Wichtigkeit sortierten thematischen Variablen der VFR Karten.....	24
Tab.2: Die aufgelisteten abgeänderten visuellen Variablen der neuen VFR Karten.....	27
Tab.3: Die aufgelisteten abgeänderten visuellen Variablen der neuen VFR Karten.....	30
Tab.4: Die Zeitunterschiede der ProbandInnen bei dem VFR Karten-Test	36
Tab.5: Die Bewertungen der ProbandInnen bezüglich der neu entwickelten Karten.....	57

III. Glossar

- AIP:** Die „Aeronautical Information Publication“ ist das Lufthandbuch der Schweiz, dieses enthält Luftfahrtinformationen, insbesondere zu Flugrouten, Lufträumen und An- sowie Abflugverfahren (skyguide, 2015).
- CTR:** Die „Control Zone“, Kontrollzone, ist ein definierter Luftraum, der unter der Kontrolle und Verantwortung des Flughafens beziehungsweise des Towers steht. Diese Zone beginnt beim Grundniveau und endet bei der durch die Karte definierten oberen Grenze (ivao.aereo, 2014).
- ICAO:** Die ICAO, „International Civil Aviation Organisation“, ist die Internationale Zivilluftfahrtorganisation mit Hauptsitz in Montreal. Bei der ICAO handelt es sich um eine Sonderorganisation der Vereinten Nationen dar, welche die weltweite Luftfahrt regelt (icao.int, 2014).
- NOTAM:** Durch die NOTAM Publikationen, Notice to Airmen, werden Gefahren, Änderungen im Luftraum sowie Einschränkungen (z.B. einer Piste) dargestellt. Die NOTAM werden von allen Ländern publiziert (skyguide, 2015).
- MIL:** Militärische Sicherheit (vgt.admin, 2015).
- IFR:** Die IFR (Instrument Flight Rules), Instrumentenflugregeln, fassen die Flugprinzipien zusammen, die während eines Instrumentenflugs zu beachten sind. Ein Instrumentenflug findet mit instrumenteller Hilfe statt, d.h. dass sich die PilotInnen während des Fluges mittels instrumenteller Hilfsmittel in der Luft orientieren (faa.gov, 2014).
- TMA:** Die „Terminal Area“, ist der Raum, der einen Flughafen umgibt. Dieser Luftraum wird kontrolliert und ist zirkular (faa.gov, 2014).

VMC: Die Visual Meteorological Conditions sind Richtlinien von ICAO über die Wetterbedingungen während eines Flugs. Die Sicht und die Dichte der Wolken, die notwendig sind, um einen sicheren Flug anzutreten, werden von den VCM vorgegeben (skybrary.aereo, 2014).

VFR: Die VFR (Visual Flight Rules), Sichtflugregeln, fassen die Flugprinzipien zusammen, die bei einem Flug nach Sicht zu beachten sind. Der Sichtflug ist ein Flug ohne instrumentelle Hilfe, d.h., die einzigen Hilfsmittel, die dem Pilot zur Verfügung stehen, sind die Sicht sowie die Karten (EUROCONTROL, 2009).

1. Einleitung

1.1 Problemstellung

Flugkarten sind abgebildete topographische Gebiete mit aeronautischen Informationen, die bei der Navigation helfen sollen (Abbott und Kailey, 1999). Diese werden in zwei Kategorien eingeteilt: in die Karten für den instrumentellen Flug (IFR) und in jene für den Sichtflug (VFR). Visual Flight Rules (VFR) stellen Regeln für PilotInnen dar, die unter guten Wetterbedingungen (Visual Meteorological Conditions-VMC) fähig sind, nach Sicht zu fliegen. Dies bedeutet, dass der Pilot ohne zusätzliche instrumentelle Hilfe andere Flugzeuge und Hindernisse sehen muss. Ein VFR Flug kann lediglich dann durchgeführt werden, wenn der Pilot das Flugzeug, einzig auf visuelle Anhaltspunkte gestützt, auf den Boden steuern kann (ecfr.gov, 2014). VFR Flüge werden nur mithilfe von Karten durchgeführt; es ist deshalb wichtig, dass VFR Karten richtig perzipiert werden.

Mit Perzeption wird in der vorliegenden Arbeit die Erfassung einer Karte, gemessen an ihrer Effizienz und Effektivität, durch die BenutzerInnen beschrieben. In dieser Arbeit wird die Effizienz anhand der Schnelligkeit bemessen, mit der eine Information erfasst wird. Die Effektivität wiederum definiert die Richtigkeit der erfassten Information. Eine Flugkarte ist effizient und effektiv, wenn sie den BenutzerInnen eine sichere Wahrnehmung der Realität vermittelt (jeppesen.com, 2014).

In den letzten Jahren fanden grosse Fortschritte in der kognitiven und psychologischen Kartographie statt. So brachten mehrere Forschungen über die Effizienz und Effektivität von Karten die Kartographie des 21. Jahrhunderts auf eine neue Forschungsebene. Diese Untersuchungen zeigen, dass durch die Bearbeitung visueller Variablen (Farbe, Helligkeit, Muster, Form, Grösse, Richtung und Ebene (x und y)) eine effizientere und effektivere Visualisierung erreicht werden kann (Garlantini und Fabrikant, 2009).

So stellt sich nun die Frage, ob die VFR Karten diesem neuen Forschungsstand entsprechen. Es existieren drei unterschiedliche VFR Karten: die Area Karten, die VAC (Visual Approach Chart) Karten sowie die Flughafenkarten. Für diese Arbeit werden lediglich die Area Karte und die VAC Karten hinzugezogen, wobei deren Effizienz und die Effektivität überprüft und analysiert wird. Es wird dazu untersucht, wie VFR Karten aufgebaut sind, ob sie heute von den PilotInnen richtig perzipiert werden und ob gegebenenfalls Verbesserungsmöglichkeiten bestehen.

1.2 Ziel der Arbeit

Die heutigen VFR Karten basieren auf kartographischen Prinzipien des 20. Jahrhunderts und werden durch die ICAO und die nationalen Behörden kontinuierlich aktualisiert (icao.int, 2011). Die neuen Forschungsergebnisse im Bereich der kognitiven Kartographie, welche die Perzeption einer Karte betreffen (Garlantini, Fabrikant, 2009), fanden aber einzig bezüglich der Symbolik auf die VFR Karten Anwendung (Wang et al., 2012). Die restlichen kognitiven Aspekte einer Karte, namentlich ihre Effizienz und Effektivität, wurden noch nie bei VFR Karten untersucht. Diese Arbeit möchte versuchen, diese Wissenslücke zu schliessen, weshalb das Ziel dieser Arbeit folgendermassen formuliert werden kann:

Ziel dieser Arbeit besteht darin, zu untersuchen, wie die VFR Karten von den BenutzerInnen perzipiert werden.

Die Untersuchung erfolgt durch die Erstellung neuer VFR Karten aufgrund herkömmlicher kartographischer Prinzipien (Bertin, 1982/83), welche mit den neuen Ansätzen der kognitiven Kartographie kombiniert werden kann können (Garlantini, Fabrikant, 2009). Die Perzeption dieser neu entwickelten Karten wird mittels eines praktischen Tests mit den originalen VFR Karten verglichen. Damit soll herausgefunden werden, ob die heutigen VFR Karten optimal sind oder ob sie verbessert werden könnten.

1.3 Forschungsfragen und Hypothesen

Zwei Forschungsfragen bilden den Kern dieser Arbeit. Sie dienen der Erforschung der Perzeption, insbesondere der Effektivität sowie Effizienz der VFR Karten. Sie gelangten aufgrund der Richtlinien der ICAO (Anhang 4 zur Chicago Konvention) und der neuen Forschungsergebnisse über die kognitive Kartographie (Garlantini und Fabrikant, 2009) zur Entwicklung.

Forschungsfrage 1: Werden die thematisch relevanten Informationen aus den neu entwickelten Karten besser herausgelesen als aus den heutigen VFR Karten?

Arbeitshypothese 1: Die originalen VFR VAC Karten werden von den Nutzergruppen als gleichwertig empfunden wie die neu entwickelten Karten.

Arbeitshypothese 2: Die originalen VFR Area Karten werden von den Nutzergruppen als gleichwertig empfunden wie die neu entwickelten Karten.

H_{o1} : Es besteht kein Unterschied in der Richtigkeit der Antworten zwischen den getesteten Kartentypen.

H_{o2} : Es besteht kein Unterschied in der Richtigkeit der Antworten zwischen den getesteten Nutzergruppen.

H_{o3} : Es besteht kein Unterschied in der Richtigkeit der Antworten zwischen den getesteten Kartentypen und der Nutzergruppen.

Forschungsfrage 2: Sind VFR Karten nach den kognitiven Prinzipien der Kartographie aufgebaut?

Diese Forschungsfrage wird mittels einer qualitativen Analyse beantwortet, und es werden keine Arbeitshypothesen aufgestellt.

1.4 Aufbau der Arbeit

Die Arbeit gliedert sich in fünf Teile:

Im zweiten Kapitel werden die theoretischen Grundlagen dieser Arbeit besprochen, wobei in einem ersten Teil die VFR Karten und deren Aufbau, aufgrund der ICAO Richtlinien und deren Geschichte, erklärt werden. Danach werden die Richtlinien für den Visuellen Flug erläutert (VFR) sowie deren Anwendung in der Schweiz. Nach dem theoretischen Teil, der die Fliegerei betrifft, folgt eine Darstellung der theoretischen Ansätze der Kartographie, die für diese Arbeit essenziell sind. So erfolgt in diesem Zusammenhang zuerst eine Einführung in die Ansätze von Jacques Bertin. In einem zweiten Teil werden die neuen kartographischen Forschungen des 21. Jahrhunderts dargelegt und analysiert.

Das dritte Kapitel setzt sich mit der Methode auseinander: Es findet eine Präsentation der verschiedenen Tests und Fragebögen, die für die Untersuchung genutzt wurden, statt. In einem weiteren Teil werden die Herstellung der neuen VFR Karten sowie die dahinter stehende Arbeit dargelegt. Im letzten Teil dieses Kapitels wird der VFR Karten-Test, welcher von 30 ProbandInnen durchgeführt worden ist, erklärt

Alle Resultate der Untersuchung und Tests werden in Kapitel 4 präsentiert. Dieses Kapitel wird in zwei Teile aufgeteilt: in die quantitative und in die qualitative Analyse.

Im fünften Kapitel werden die Resultate der statistischen Analyse diskutiert und im Anschluss daran in Kapitel 6 die Schlussfolgerungen gezogen.

2. Theorie und Forschungsstand

Zur Einleitung in das Thema wird ein Überblick über die Geschichte der Luftfahrt gegeben, um die Entstehung der heutigen Luftkarten verständlich zu machen. Ebenfalls werden die schweizerischen Richtlinien und Karten erklärt, die für diese Arbeit Verwendung finden. Anschliessend wird noch der aktuelle Forschungsstand in der Luftfahrtbranche bezüglich Flugkarten präsentiert.

In einem zweiten Teil gelangen die Grundkonzepte der Kartographie bezüglich Kartenaufbau und deren visuellen Variablen zur Erörterung. Dazu wird die Lehre von Jacques Bertin miteinbezogen (1982/1983) und die neuen Kartenkonzepte des 21. Jahrhunderts werden thematisiert.

Im letzten Teil dieses Kapitel werden die theoretischen Aspekte der Luftfahrt sowie der Kartographie zusammengebracht.

2.1 Entstehung der Internationalen Zivilluftfahrtorganisation (ICAO)

2.1.1 *Die Pariser und die Havanna Konvention*

Nach dem Ersten Weltkrieg wurde das grosse Potenzial der Fliegerei erkannt, zudem wuchs das Bedürfnis einer Regulierung der Sicherheit und des Waren- sowie Personentransports über grössere Distanzen. Im Rahmen der grossen Zunahme an Flugzeugen zeigte sich immer klarer, dass die Luftfahrt eine internationale Regelung benötigte. Aus diesen Gründen wurde 1919 in Paris, anlässlich der Friedenskonferenz, das erste internationale Luftfahrtabkommen verabschiedet. 27 Staaten waren dieser Konvention beigetreten, was eine Premiere für die Luftfahrt bedeutete. Das Abkommen thematisierte technische, operationelle und organisatorische Aspekte der zivilen Luftfahrt. Ausserdem legte es die Basis für die Internationale Luftfahrtkommission (ICAN). Die Gründung der ICAN wurde später als eines der zentralisierten Themen der *Pariser Konvention* anerkannt. So besass diese neue Kommission eine administrative, legislative, exekutorische und juristische Kraft, die sich später als sehr wichtig für die Verabschiedung der weiteren Gesetze, wie der ICAO Anhänge¹, erwies. Ab 1919 wurde die Luftfahrt dann auch als internationales

¹ In der Folge bezieht sich der Begriff «Anhang» in diesem Kapitel stets auf die Anhänge der ICAO.

Transportmittel anerkannt. Der erste Flugdienst fand bei Tampa Bay, Florida, statt und die Fluggesellschaft Alcock and Brown bot die Nonstop-Nordatlantik-Verbindung an (icao.int, 2011).

Im Anschluss an die *Pariser Konvention* fand am 20. Februar 1928 in Kuba die *Havanna Konferenz* statt, wo in der erarbeiteten Konvention Regeln bezüglich der Lufträume festgelegt wurden. Dabei erfolgte auch die Freigabe der Lufträume für die Luftüberflüge, worauf die Luftfahrtbranche noch weiter expandieren konnte.

Da die *Pariser Konvention* von 1919 für viele Staaten als ein von den Siegermächten diktiertes inakzeptables Abkommen erachtet wurde, das Bedürfnis einer internationalen Regelung aber weiter zunahm, wurden 1932 die 43 Artikeln revidiert, um mehrheitsfähig zu werden. Die revidierte *Pariser Konvention* sowie die *Havanna Konvention* stellen das erste Regelwerk der Luftfahrt dar, welches Bereiche regelte, die bis dahin zu vielen Auseinandersetzungen geführt hatten (icao.int, 2011).

2.1.2 Die *Chicago Konvention* von 1944

Während des Zweiten Weltkriegs wurde es offensichtlich, dass die zivile Luftfahrt eine grosse Rolle in den internationalen Beziehungen spielen würde. Regeln über den Luftverkehrsmarkt und über die Navigation bedurften einer internationalen Vereinheitlichung. Am 1. November 1944 fand in Chicago die internationale Konferenz über die zivile Luftfahrt statt. Die Vereinigten Staaten von Amerika hatten 55 Staaten eingeladen, wobei einzig die USSR sowie Saudi Arabien die Einladung nicht annahmen. Sieben Tage lang diskutierten die Delegierten der verschiedenen Staaten die vielseitigen Probleme der internationalen Luftfahrt. Am 7. Dezember 1944 schlossen 52 Staaten die *Chicago Konvention* ab, mit der Absicht, eine sichere und gleichberechtigte Luftfahrt zu garantieren, welche allen Staaten dieselben wirtschaftlichen Möglichkeiten eröffnen sollte (icao.int, 2011).

Als Resultat der *Chicago Konvention* ist auch die Gründung der ICAO zu betrachten (Internationale Zivilluftfahrtorganisation), der einzigen und universellen Institution für die zivile Luftfahrt. Zum ersten Mal in der Geschichte der Luftfahrt war es einer Organisation möglich, die gesamte Luftfahrt zu organisieren, was zu einer Vereinfachung der Richtlinien sowie zu einer Vereinheitlichung der Regeln in der Luft führte (icao.int, 2011).

2.2 Die Internationale Zivilluftfahrtorganisation (ICAO)

Die ICAO mit ihren 191 Mitgliedstaaten ist heute eine universelle Organisation. Ihr wichtigstes Regelwerk stellen die bis heute erlassenen 19 Anhänge zur *Chicago Konvention* dar (icao.int, 2011).

2.2.1 Die Anhänge

Die Anhänge enthalten in verschiedenen Richtlinien die grundlegenden Luftfahrtregeln. Die ICAN, die Vorgängerorganisation der ICAO, hatte zwischen 1922 und 1946 acht Anhänge zur Konvention erlassen. Die damaligen Anhänge hatten allerdings ausschliesslich regionale Geltung aufgrund der begrenzten Mitgliederzahl der ICAN. Die internationalen Regeln mit universeller Geltung sind ein Phänomen der späteren ICAO. Die acht Anhänge der ICAN wurden durch die ICAO überarbeitet und 1953 in die erlassenen ersten 15 Anhänge zur *Chicago Konvention* übernommen (icao.int, 2011). Folgende sind die 15 ersten Anhänge zur Chicago Konvention:

1. Personnel Licensing²
2. Rules of the Air
3. Meteorological Service for International Air Navigation
4. Aeronautical Charts
5. Units of Measurement to be used in Air and Ground Operations
6. Operation of Aircraft
7. Aircraft Nationality and Registration Marks
8. Airworthiness of Aircraft
9. Facilitations
10. Aeronautical Telecommunications
11. Air Traffic Services
12. Search and Rescue
13. Aircraft Accident and Incident Investigation
14. Aereodromes
15. Aeronautical Information Services

² Die Anhänge der ICAO werden nur in Englisch verfasst und somit in dieser Arbeit nicht auf Deutsch übersetzt.

An der *Buenos Aires Konferenz* von 1968 wurde ein weiterer Anhang erarbeitet, welcher 1971 als Annex 16 – Environmental Protection den anderen Anhängen hinzugefügt wurde. 1970 wurde aufgrund verschiedener Flugzeugsentführungen und Terroranschlägen an der Konferenz in Montreal ein weiterer Anhang hinzugefügt, der Annex 17 – Security. Schliesslich erfolgte 1981 noch die Anfügung des Anhangs 18, Annex 18 – The safe transport of dangerous goods by air, und 2013 des Anhangs 19, der Annex 19 – Safety Management (icao.int, 2011).

Die 19 Anhänge zur ICAO beinhalten die internationalen Standards und Empfehlungen zur internationalen Zivilluftfahrt, die sogenannten International Standards and Recommended Practices (SARPs). Diese werden in jedem Land gleich angewendet, um für eine sichere und konsequente Entwicklung der zivilen Luftfahrt zu sorgen (icao.int, 2011).

2.2.2 Anhang 4 – Luftfahrtkarten

Von besonderem Interesse für diese Arbeit ist der Anhang 4³, welcher die Luftfahrtkarten regelt. Diese Grundsätze basieren auf den ersten Luftfahrtkarten, welche von Elrey Berber Jeppesen (1907–1996), einem Piloten, entwickelt wurden. Er zeichnete die Landschaft sowie die Hindernisse auf, um den Flug zu erleichtern. Jeppesen sammelte die Informationen in einem Handbuch, den „Jepp Charts“, das er 1943 zu verkaufen anging. Dieses Handbuch brachte der Fliegerei grosse Fortschritte, insbesondere sorgte es für eine merkliche Reduktion der Unfälle. Der grosse Erfolg der Karten veranlasste Jeppesen zur Gründung einer Organisation: die *Jeppesen Company*, welche die Karten publizierte (icao.int, 2011).

Aufgrund der grossen Zunahme des internationalen Flugverkehrs wurden eine Standardisierung und Vereinheitlichung der Luftfahrtkarten sowie eine international bekannte Symbolik notwendig. Der Anhang 4 wurde mit dem Ziel, Karten zu standardisieren, an der *Chicago Konvention* von 1944 erarbeitet und befindet sich seit 1949 in Anwendung. Im Anhang 4 wird erklärt, wie eine Karte konstruiert sein soll, z.B. welche Farbe und Symbole sie enthalten muss. Die ICAO bemüht sich, den Anhang 4 zu optimieren sowie die dazugehörigen Veränderungen zu aktualisieren (icao.int, 2011).

In Abbildung 1 ist ein Ausschnitt des Anhangs 4 ersichtlich, wo die Skala einer Karte, das Datum und die Schrift normiert werden. In Abbildung 2 sind die verschiedenen Symbole und die Farben, die sie enthalten müssen, dargestellt.

³ Alle Anhänge der ICAO sind auf der Webseite des Bundesamts für zivile Luftfahrt (BAZL) als online Format erhältlich.

<p>2.6 Scale and projection</p> <p>2.6.1 For charts of large areas, the name and basic parameters and scale of the projection shall be indicated.</p> <p>2.6.2 For charts of small areas, a linear scale only shall be indicated.</p> <p style="text-align: center;">2.7 Date of validity of aeronautical information</p> <p>The date of validity of aeronautical information shall be clearly indicated on the face of each chart.</p> <p style="text-align: center;">2.8 Spelling of geographical names</p> <p>2.8.1 The symbols of the Roman alphabet shall be used for all writing.</p> <p>2.8.2 The names of places and of geographical features in countries which officially use varieties of the Roman alphabet shall be accepted in their official spelling, including the accents and diacritical marks used in the respective alphabets.</p> <p>2.8.3 Where a geographical term such as "cape", "point", "gulf", "river" is abbreviated on any particular chart, that word shall be spelt out in full in the language used by the publishing agency, in respect of the most important example of each type. Punctuation marks shall not be used in abbreviations within the body of a chart.</p> <p>2.8.4 Recommendation.— <i>In areas where romanized names have not been officially produced or adopted, and outside the territory of Contracting States, names should be transliterated from the non-Roman alphabet form by the system generally used by the producing agency.</i></p>
--

Abb.1: Regulierung betreffend Skala, Datum und geographischen Bezeichnungen in den ICAO Karten, vorgegeben durch den Anhang 4 in Kapitel 2, Appendix 2.6, 2.7 und 2.8 (Annex 4, 2013)

TOPOGRAPHY						
1	Contours					
2	Approximate contours					
3	Relief shown by hachures					
4	Bluff, cliff or escarpment					
5	Lava flow					
6	Sand dunes					
7	Sand area					
8	Gravel					
9	Levee or esker					
10	Unusual land features appropriately labelled	<div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="text-align: center;"> <p>Alternative</p> </div> <div style="text-align: center;"> <p>Many Small Volcanoes</p> </div> <div style="text-align: center;"> <p>Rock Outcrop</p> </div> </div>				
11	Active volcano					
12	Highest elevation on chart	<table border="1" style="width: 100%;"> <tr> <td style="text-align: center;">Alternative</td> <td style="text-align: center;">17456</td> </tr> <tr> <td></td> <td style="text-align: center;">.17456</td> </tr> </table>	Alternative	17456		.17456
Alternative	17456					
	.17456					
13	Spot elevation	<table border="1" style="width: 100%;"> <tr> <td style="text-align: center;">.6397</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">.8975</td> </tr> </table>	.6397	.8975		
.6397						
.8975						
14	Spot elevation (of doubtful accuracy)	.6370:				
15	Coniferous trees					
16	Other trees					
17	Palms					
11	Mountain pass					

Abb.2: Erklärung der topographischen Abbildung in den ICAO Karten, vorgegeben durch den Anhang 4 in Kapitel 2, Appendix 2.15 (Annex 4, 2013)

2.3 Flugregeln

Es existieren in der Fliegerei zwei Arten von Flugregeln: die Instrumental Flight Rules (IFR) und die Visual Flight Rules (VFR). Zur Anwendung kommen die IFR beim Instrumentenflug, auch bekannt als Blindflug, d.h. ein Flug, der ohne zusätzliche Anhaltspunkten möglich ist. Dies bedeutet, dass der Flug mit Instrumenten an Bord sowie durch die Fluglotsen am Boden kontrolliert wird. Die meisten kommerziellen Flüge fliegen nach IFR (ffl-flighttraining.de, 2015).

Die VFR werden beim Sichtflug angewendet, also bei einem Flug nach Sicht, der ohne Unterstützung von zusätzlichen Instrumenten stattfindet (caa.co.uk, 2011). Der Flug nach Sicht kann lediglich unter guten Wetterbedingungen stattfinden, bei denen es dem Pilot möglich ist, andere Flugzeuge und Hindernisse zu sehen. Dies bedeutet, dass der Pilot nur dank visueller Anhaltspunkte am Boden das Flugzeug steuern kann. Die Wetterbedingungen für den Sichtflug (die sogenannten Visual Meteorological Condition (VMC)) legen die Richtlinien für die benötigte Sicht bei einem VFR Flug fest (ecfr.gov, 2014).

Es bestehen präzise Regeln für den Flug nach Sicht (VFR). Am wichtigsten aber ist, dass der Pilot über Anhaltspunkte am Boden verfügt. Dazu muss der Flug stets auf einer Höhe von 1'000 Fuss bleiben, falls Hindernisse oder Orte mit vielen Menschen überflogen werden. In freien Lufträumen muss sich der Flug über 500 Fuss bewegen, mit Ausnahme von dem Vereinten Königreich, wo die Flughöhe tiefer ist. Überdies sind bei einem internationalen Flug noch weitere Regeln zu befolgen (EUROCONTROL, 2009).

2.3.1 Aeronautical Information Publication (AIP)

Die Aeronautical Information Publication (AIP) ist ein Luftfahrthandbuch, das aufgrund des Anhangs 15 den Instrumentenflug (IFR) regelt. Die AIP enthält Regeln, die die kommerzielle Luftfahrt betreffen. Ausserdem integriert die AIP Flugkarten, Flugplatzkarten, Hinderniskarten und Streckenpläne (BAZL, 2015). Die AIP wird in drei Kapitel aufgeteilt:

- Teil I: GEN (General): Enthält allgemeine Informationen bezüglich der nationalen Regeln und der Infrastruktur der Luftfahrt.
- Teil II: ENR (En-Route): Umfasst Richtlinien bezüglich der Verfahren zur Festsetzung von Lufträumen, Luftrouten und Navigationssysteme (während des Flugs).

- Teil III: AD (Aerodromes): Inkludiert Informationen bezüglich der Flughäfen und Hubschrauberlandeplätze (Annex 15, 2013).

Die AIP wird für jedes Land angepasst, basiert aber immer auf den Richtlinien des Anhangs 15 der ICAO (skyguide.ch, 2015). Das Luftfahrthandbuch der Schweiz (AIP) garantiert durch die enthaltenen Informationen einen sicheren Betrieb der kommerziellen Luftfahrt und jeder Pilot ist verpflichtet, dessen Regeln während eines Flugs zu befolgen (BAZL, 2015).

2.3.2 VFR Manual

Die ersten VFR Karten wurden, wie bereits erwähnt, 1943 von Elrey Berber Jeppesen entwickelt. Dessen Karten sind heute im Jeppesen VFR Manual-Handbuch zusammengefasst. Dabei handelt es sich um die grösste europäische Sammlung von VFR Karten, in denen mehr als 2.200 Flughäfen in 29 europäischen Ländern dargestellt sind. Das "Jeppesen Manual," wird alle 28 Tage aktualisiert, auch durch direkte Hilfe der PilotInnen (jeppesen.com, 2014).

Jeder Staat kann entscheiden, ob er ein eigenes "VFR Manual," herausgeben möchte. Manche Länder beziehen sich auf das "Jeppesen Manual,," während andere Länder, wie die Schweiz, ihr eigenes herstellen. Dies ist oft der Fall bei Ländern, die sehr viel Luftverkehr haben (skyguide, 2014/15). Alle "VFR Manuals,," bauen auf den Grundsätzen des Anhangs 4 auf, damit eine konsistente Information in der Luftfahrt gewährleistet werden kann (z.B. die Symbolik). Dennoch kann aber jedes Land seine eigenen VFR Karten anpassen (skyguide.ch, 2015).

In der Schweiz wird das "VFR Manual,," von skyguide herausgegeben und alle 28 Tage wieder aktualisiert (skyguide, 2014/15). Das Manual enthält Richtlinien und Flugkarten für den Flug nach Sicht über die Schweiz. Drei verschiedene Karten sind im VFR Manual der Schweiz zu finden (skyguide.ch, 2015):

- Area: Die Area Karte deckt die Gebiete der Terminal Area (TMA) sowie der Control Zone (CTR) um einen Flughafen ab. Der Massstab der Area Karte ist 1:250'000. Die Karte bildet eine topographische Basis für die PilotInnen und enthält Flugsicherungsangaben, die einer guten Orientierung in den Lufträumen um einen Flughafen dienen (swisstopo.admin.ch, 2014).
- VAC: Die Visual Approach Karte dient dem Anflug und dem Abflug von einem gewissen Flughafen in der Schweiz. Der Massstab der Karte ist 1:100'000, da die VAC Karten viel detaillierter als die Area Karten sind (swisstopo.admin.ch, 2014).

- Aereodrome: Die Flugplatzkarten befinden sich auch in dem “VFR Manual,, und dienen den PilotInnen als Orientierung auf dem Flughafengelände. Hier werden die verschiedenen Pisten sowie die verschiedenen Gebäude des Flughäfers abgebildet. sowie die verschiedenen Gebäude des Flughäfers abgebildet. Zudem sind Informationen über die Dienste des Flugplatzes enthalten (skyguide.ch, 2015).

Auch sämtliche VFR Karten der Schweiz stützen sich in ihrem Aufbau auf den Anhang 4 (skyguide, 2014/15).

2.4 Kartographie nach Jacques Bertin

Jacques Bertin, geboren am 27. Juli 1918 in Frankreich, war einer der Pioniere der Kartographie. Als Geograph und Kartograph legte er in mehreren Büchern die essenziellen Grundprinzipien der heutigen Kartographie fest (lodol.ehess.fr, 2014). Diese werden nun kurz dargelegt, um das Verständnis der Arbeit zu erleichtern, da die VFR Karten in ihrem Aufbau diesen Kriterien folgen.

2.4.1 Informationsebenen

Jacques Bertin verfasste 1982 das Buch “Graphische Darstellungen und die graphische Weiterverarbeitung der Information,, welches essenzielle Grundsätze der Kartographie umfasst. In Kapitel 2.1 erläutert er, welche Informationen eine Karte enthalten muss und wie die Relevanz dieser Information dargestellt werden kann. Er erörtert, dass eine Karte umso einfacher zu verstehen sei, je weniger Informationen sie enthalte. Gruppierungen ergäben dabei bessere Ergebnisse als mehrere verteilte Elemente in einer Karte (Bertin, 1982).

Nicht nur die Quantität der Informationen in einer Karte sei essenziell, sondern ebenso deren hierarchische Stufung. Die Informationen sollten ihrer Wichtigkeit entsprechend in der Karte dargestellt werden, umso die Effektivität der graphischen Darstellung zu erhöhen. Bertin differenziert zwischen drei verschiedenen Stufen, auf welchen eine jeweilige Information, abhängig vom Gewicht, das ihr zukommt, aufgezeichnet werden kann (Abb. 3). Die erste Stufe, die “elementare Stufe,, umfasst Informationen mit grundlegender Bedeutung, welche sich in einer visuellen Antwort erfüllen.⁴ Die mittlere Stufe stellt die Beziehung zwischen

⁴ Z.B. ein Punkt, definiert durch seine x;y – Position.

der Gruppe der Elemente sowie den entsprechenden Faktorengruppen dar und die letzte Stufe umfasst eine Gesamtbetrachtung aller Stufen. Diese Stufe zeigt dementsprechend die Beziehungen zwischen den Variablen, wodurch sich eine gesamte graphische Darstellung ergibt (Bertin, 1982).

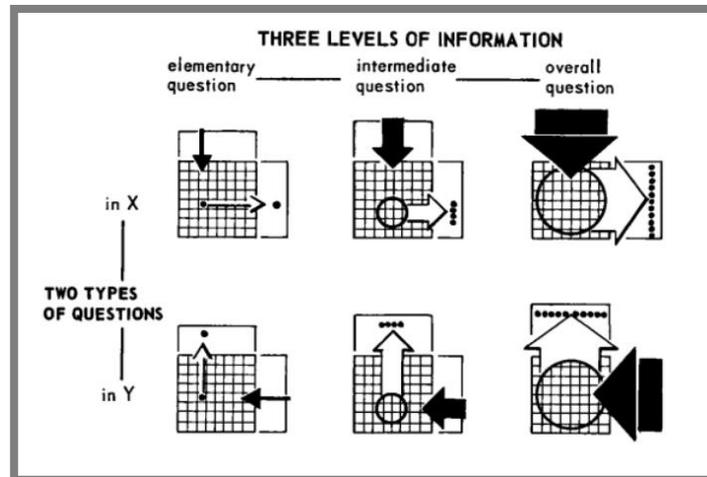


Abb. 3: Die drei Informationsstufen von Jaques Bertin. Die erste Stufe konzentriert sich auf grundsätzliche und einfache Antworten, die sich auf einen kleinen Teil der Information beziehen. Bei der zweiten Stufe wird nach mehreren Elementen gefragt, die zusammen mehrere Informationen als Antwort haben. Bei der letzten Stufe werden generelle Fragen beantwortet, die aus mehreren Informationen bestehen (Bertin, 1981, S.13).

2.4.2 Semiologie des graphischen Systems

Graphische Konstrukte bezwecken die Weitergabe von Informationen, d.h. es handelt sich um eine Kommunikationsform. Gute graphische Konstrukte erhöhen folglich dann auch die richtige Perzeption einer Darstellung (Bertin, 1983). Bertin unterscheidet zwischen acht visuellen Variablen, die er auch als graphisches Zeichensystem bezeichnet: Differenziert wird zwischen der Farbe, der Form, dem Helligkeitswert, dem Muster, der Grösse, der Richtung sowie der Ebene (bestehend aus zwei Dimensionen, x und y) (Abb. 4). Die ersten fünf Variablen (Farbe, Form, Helligkeitswert, Muster und Grösse) bezeichnet Bertin als "Retina," und die drei anderen als "Planar,," (Bertin, 1983, S 12). Gemäss Bertin besteht eine graphische Darstellung immer aus mindestens drei dieser Variablen, nämlich aus einer "Planar,- und aus zwei "Retina,-Variablen (Bertin, 1983, S 12). Diese Faktoren sind als die grundlegenden Elemente zu betrachten, auf denen das Zeichensystem aufbaut. Mit der jeweiligen Zusammensetzung dieser Elemente wird die Information auf der Karte dargestellt sowie dem Nutzer mitgeteilt. Die visuellen Variablen können dabei auch geändert werden, um die Perzeption der Karte zu verändern oder um die Darstellung zu optimieren (Bertin, 1983).

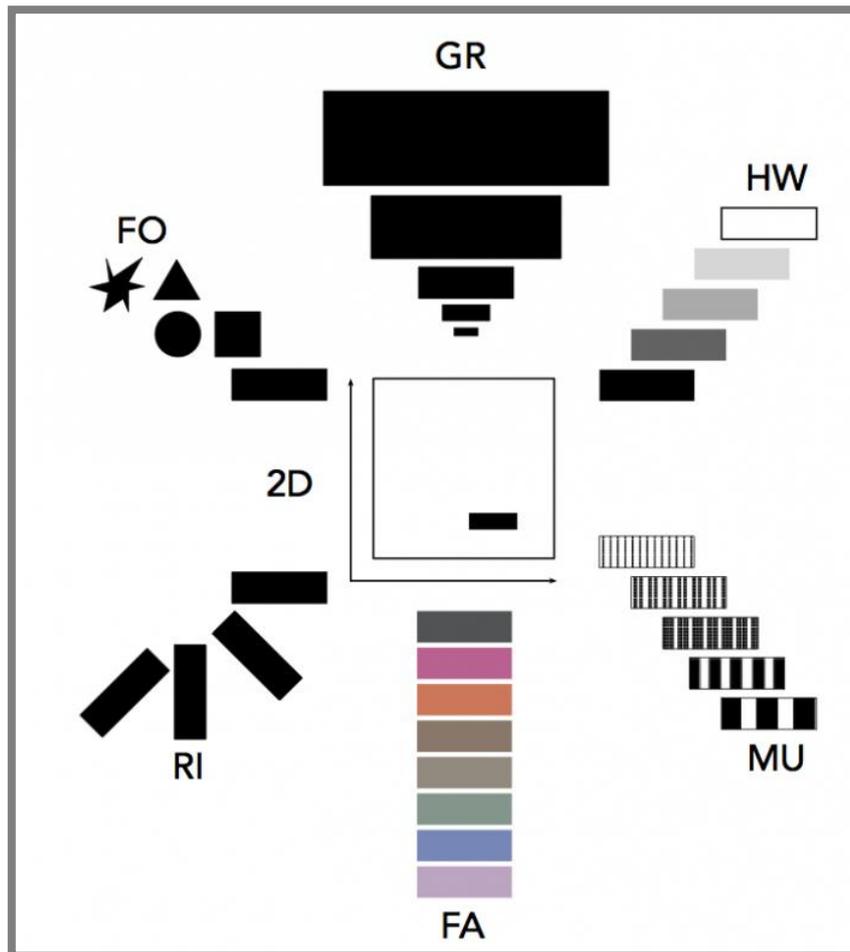


Abb. 4: Bertins visuelle Variablen: HW (Helligkeit), MU (Muster), FA (Farbe), RI (Richtung), FO (Form), GR (Grösse), sowie 2D (Ebene) (Bertin, 1974, S. 51)

Die visuellen Variablen von Jaques Bertin können auch aufgrund der Ebene unterschieden werden (Bertin, 1983; Garlantini und Fabrikant, 2009):

- Die selektiven visuellen Variablen:
Erfolgt die Wahrnehmung des Zeichnens spontan, werden die dafür gebrauchten visuellen Variablen als selektiv bezeichnet. Diese Variablen können einfach isoliert werden und bilden als Kategorie eine Familie. Ein Beispiel dafür stellt der Farbton dar (Bertin, 1983; Garlantini und Fabrikant, 2009).
- Die assoziativen visuellen Variablen:
Visuelle Variablen nennt man assoziativ, wenn die Symbole sich auf eine visuelle Charakteristik beziehen. Wenn also der Betrachter trotz einer visuellen Veränderung die Homogenität noch erkennen kann, werden die Variablen als assoziativ betrachtet. Alle visuellen Variablen sind assoziativ mit Ausnahme des Helligkeitswerts sowie der Grösse, welche dissoziativ sind. Sie können

nämlich bei Veränderungen auch eine andere Wahrnehmungen bewirken (Bertin, 2013; Garlantini und Fabrikant, 2009).

- Die geordneten visuellen Variablen:

Dissoziative visuelle Variablen bezeichnet man als geordnet. Diese Variablen können ohne zusätzliche Hilfe strukturiert und in eine Reihenfolge gebracht werden. Ein Beispiel dafür ist die Gradierung von hell zu dunkel (Bertin, 1983; Garlantini und Fabrikant, 2009).

- Die quantitativen visuellen Variablen:

Wenn die Änderung eines Symbols quantitativ bemessen werden kann, werden die visuellen Variablen als quantitativ bezeichnet. Dies ist der Fall, wenn der Betrachter ohne zusätzliche Hilfe die zahlenmässige Beziehung spontan zu erfassen vermag. Beispiel für eine quantitative visuelle Variable stellt die Grösse dar. Quantitative visuelle Variablen sind stets dissoziativ (Bertin, 1983; Garlantini und Fabrikant, 2009).

2.5 Die kognitive und psychologische Kartographie des 21. Jahrhunderts

Die Erkenntnisse von Bertin beziehen sich aber nicht auf die psychologischen und kognitiven Aspekte der Kartographie. Die Forschung bezüglich dieser neuen Faktoren der Kartographie entwickelte sich erst in den letzten Jahren. Interessante Forschungen fanden über die Perzeption der Karten durch die visuellen Variablen statt. In diesem Unterkapitel werden nur einige davon präsentiert.

2.5.1 Die kognitive Kartographie

Wie von Bertin dargestellt, gelangen die visuellen Variablen systematisch zur Ordnung (Bertin, 1983). Die systematische Anordnung der visuellen Elemente ist essenziell für das Verständnis einer Karte und bildet eine visuelle Hierarchie (Dent, 1999). Dabei kann eine effektive systematische Anordnung der Variablen für eine gute Darstellung sorgen (MacEachren, 1995). Dies bedeutet, dass die BenutzerInnen die wichtigsten Informationen lesen und verstehen können. Es wird von einem "guten Kartendesign," gesprochen, wenn der Informationsaustausch zwischen den BenutzerInnen und der Karte klar ist (Fabrikant et al., 2010). Als eine funktionierende kognitive Karte wird jene betrachtet, in der die Interpretation eines komplexen Zeichensystems funktioniert. Klar ist, dass die Karteninterpretation auch vom Vorwissen der BenutzerInnen beeinflusst ist (Montello, 1998). Die Perzeption einer Karte kann dabei auch durch die Position der

Variablen beeinflusst werden. Die falsche Platzierung gewisser Elemente kann andere thematische Informationen und Beziehungen zeigen als die gewollten. Aus diesem Grund ist die Platzierung thematischer Elemente in einer Karte von besonderer Relevanz (Gregory, 1987).

2.5.2 Wahrnehmung visueller Variablen

Die Wahl der visuellen Variablen für die Visualisierung ist ein essenzieller Prozess, welcher auf die Interaktionen mit den BenutzerInnen einwirken kann; je nachdem kann eine andere Information vermittelt werden als gewollt, indes die Variablen den Entscheidungsprozess eines Nutzers⁵ beeinflussen können (Fabrikant et al., 2010). Diese Interaktionen und Einflüsse werden im visuellen Suchprozess als „Ablenkungen“, bezeichnet und können das Niveau von Unsicherheiten erhöhen (Lans, et al., 2008, S. 451-461). Um dies zu verhindern, müssen die verwendeten visuellen Variablen, je nach Thematik der Karte, ihrer Bedeutung entsprechend platziert (Vordergrund oder Hintergrund) und ausgewählt (z.B. starke oder schwache Farbe) werden. Dadurch wird eine Karte optimiert, was zu einer graphischen Exzellenz führen kann (Rittschof und Kulhavy, 1998).

Wenn visuelle Variablen in einer Karte effizient benutzt werden sollen, hat die kognitive Visualisierung auf dem Bedarf der BenutzerInnen aufzubauen. Dies bedeutet, dass die Karte effizient und effektiv ist und deswegen folglich auch eine korrekte Perzeption stattfindet (Fabrikant et al., 2010).

Die visuellen Variablen können die Effektivität und die Effizienz sowie die richtige Perzeption einer Karte erhöhen. Deshalb ist es wichtig, dass die Benutzung visueller Variablen und deren Ebenen in einer Karte richtig angegangen wird (Bertin, 1983; Fabrikant et al., 2010). Von ebenso grosser Bedeutung sind die Farben der visuellen Variablen. Eine richtige Farbbenutzung kann relevante Aspekte einer Karte hervorheben. Die Assoziation und Perzeption der Farben können die Lesbarkeit der Karte verändern und somit eine richtige oder falsche Interpretation der Karte bewirken (Hake et al., 2010, Wäger, 2010).

2.5.3 Farbenperzeption und Farbenassoziation

Die visuellen Variablen sind häufig mit Farben verbunden, welche eine wichtige Rolle bei der geographischen Informationsvisualisierung einnehmen. Hake et al. (2010) besagen, dass Farben die häufigsten Mittel sind, um Abgrenzungen zwischen verschiedenen Karteneinheiten darzustellen. Symbole

⁵ Im Folgenden gelten die geschlechterspezifischen Ausdrücke, die im Singular verwendet werden, für beide Geschlechter.

einer Karte sind dann gut lesbar, wenn der Kontrast zwischen den unterschiedlichen Zeichen ausreichend gross ist (Hake et al., 2010). Wäger ergänzt, dass der Kontrast ‐hell-dunkel, eines der wichtigsten Mitteln ist, um Karteneinheiten zu unterscheiden. Je intensiver der Unterschied zwischen den Tonwerten einer Karte ist, desto einfacher ist es für die BenutzerInnen, die verschiedenen Karteneinheiten zu erkennen (Wäger, 2010, S. 168).

Die semantischen Aspekte der Farben spielen auch bei der Wahrnehmung einer Karte eine essenzielle Rolle. Dies ist aber eine Dimension, die schwer messbar ist, da es sich um eine menschliche Empfindung handelt und deshalb eine subjektive Wahrnehmung zur Folge hat, die von Person zu Person variiert. Dennoch können Farben assoziiert werden, was einige Schlussfolgerungen erlaubt (Wäger, 2010). Die Farben Gelb und Rot sind auch für die vorliegende Arbeit, aufgrund ihrer zentralen Rolle bei der Erstellung neuer Karten von grosser Bedeutung. Die Farbe Gelb, die hellste Farbe, ist gut bemerkbar und zieht in der Regel die Aufmerksamkeit auf sich. Oft wird Gelb als Warnfarbe benutzt, um auf eine gefährliche Situation aufmerksam zu machen. Wird gelb mit der Farbe schwarz kombiniert, erhöht sich das Warnsignal sogar zusätzlich. Die Farbe Rot ist ebenfalls eine starke Farbe, welche beim Kartenaufbau besondere Sorgfalt benötigt. Rot muss beim Kartenaufbau richtig benutzt und auf einer angebrachten Ebene platziert werden. Bei Rot besteht die Problematik, dass sich die Farbe aufgrund ihrer Dominanz und Stärke in den Vordergrund drängt, auch dann, wenn sie im Hintergrund ist beziehungsweise sein sollte. Die Farbe Rot signalisiert grosse Aufmerksamkeit (Wäger, 2010).

2.5.4 User-Centered Design (UCD)

Das User-Centered Design ist eine Methode, die in den 90er-Jahren entwickelt wurde und sich mit der Einbeziehung der NutzerInnen in den Kartenaufbau befasst (Abrams et al., 2004). Sie besagt, dass der Mensch seine Aufmerksamkeit lediglich einer gewissen Anzahl von Informationen schenken kann und er daher spezifisch nach jenen Informationen sucht, welche er im konkreten Fall benötigt. Wenn die Informationen falsch organisiert sind, kommt es folglich oft zu einer Fehlinterpretation einer Karte. Das UCD hilft, dieses Problem zu lösen, indem es spezifische Designs vorschlägt, welche die individuellen Fähigkeiten der BenutzerInnen und die Einzelfallnutzung der Karte in den Kartenaufbau einbeziehen. Daher ist ein zielorientiertes Design, welches es ermöglicht, die Karte richtig zu perzipieren, essenziell bei der Kartengestaltung (Endsley und Jones, 2004).

2.6 Die Kartographie in der Fliegerei

Ein Flug findet in einem Raum statt, in dem man sich anhand von Karten orientieren muss. Die Kartographie ist daher ein zentraler Aspekt der Fliegerei, da sie sich darauf stützt. Flugkarten sind nach kartographischen Richtlinien aufgebaut, aber auch die Benutzung visueller Variablen und verschiedener Informationsstufen erfolgt in der Fliegerei in gleicher Weise. Jede Flugkarte besteht aus bestimmten visuellen Variablen, die sich auf einer bestimmten Ebene der Karte befinden (icao.int, 2011).

Die neuen Forschungen über die Fliegerei konzentrieren sich auf die weitere Digitalisierung der aeronautischen Karten. Voudrakova, Brus, und Vozonilek untersuchten 2014 die Wichtigkeit der Legenden in digitalen Karten, wozu sie 64 PilotInnen befragten. Die Forschungsergebnisse ergaben, dass die Legende und deren Elemente eine wichtige Hilfe für die Orientierung im Raum darstellen. Überdies wurde festgestellt, dass die Digitalisierung der Karte nicht von allen PilotInnen positiv aufgenommen wurde. Die Mehrheit sieht die Digitalisierung zwar als grossen Fortschritt, aber es gibt auch PilotInnen, die sich damit überfordert fühlen (Voudrakova, et al., 2014).

Dazu wurde in den letzten Jahren auch viel bezüglich der Vereinheitlichung von VFR Karten geforscht. Bereits durch Jeppesen wurde klar, dass die Symbole dieser Karten so weit wie möglich vereinheitlicht werden sollten, damit sie in jedem Land verstanden werden. Im Paper von Horvat et al. sind verschiedene Prinzipien für eine Vereinheitlichung aufgeführt, zum Beispiel jene für die Entwicklung von neuen geographischen Symbolen (Horvat et al., 2003).

Dean et al. haben 2009 eine weitere Publikation über neue Systeme und Methoden für die Gestaltung von VFR Karten veröffentlicht. Ziel der Forscher bestand darin, eine digitale Karte zu entwickeln, die mehrere Routen beinhaltet. Diese Mehrheit geographischer Räume sollte die Bewegung im Raum verbessern. Damit entstand eine VFR Karte, die sich über ganz Nordamerika erstreckte und in der sämtliche verschiedenen VFR Karten dieser Staaten enthalten und verbunden waren (Dean et al., 2009).

Die psychologischen Aspekte der Flugkarten und deren Einfluss sowie die Perzeption der PilotInnen sind bis heute wenig untersucht worden. Wang, Li und Zhao analysierten 2012 die Perzeption der Symbolik der VFR Karten. Die Untersuchung ergab, dass die Symbole einfach dargestellt werden müssen, um ein optimales Verständnis zu erhalten (Wang et al., 2012). Trotz der Arbeit von Wang, Li und Zhao wurden keine weiteren Aspekte der Perzeption der VFR Karten untersucht. Auch erfolgten bis anhin keine weiteren Untersuchungen der Perzeption von VFR Karten.

3. Methode

In diesem Kapitel gelangen die für diese Arbeit angewendeten Methoden zur Vorstellung. In diesem Zusammenhang werden auch die durchgeführten Tests präsentiert, die für diese Arbeit erfolgt sind. Zuerst wurden ein Experteninterview und eine PilotInnen- Befragung durchgeführt, um den Aufbau der neu zu entwickelnden VFR Karten zu definieren. Diese neuen VFR Karten wurden einem Test unterzogen (VFR Karten-Test), welchem ein Vorversuchs-Fragebogen vorausgegangen ist und der durch einen Nachversuchs-Fragebogen abgeschlossen wurde. Ziel ist, mittels des VFR Karten-Tests die aufgeworfenen Forschungsfragen (Kap. 1.3) zu beantworten.

3.1 ProbandInnen

Am VFR Karten-Test haben 30 Personen für die Dauer von etwa einer 1 Stunde freiwillig teilgenommen. Die Hälfte der ProbandInnen (15 Personen) hatte aeronautische Hintergründe: 13 Privat-PilotInnen (skyguide) und zwei Linien-PilotInnen (Swiss International Airlines). Die übrigen Teilnehmenden waren StudentInnen der Universität Zürich, die graphische, GIS und GIVA Hintergründe aufwiesen (13 GeographInnen der Universität Zürich und zwei Graphiker).

Die ProbandInnen waren zwischen 25 und 47 Jahre alt. Es wurde versucht, eine Durchmischung des Geschlechts zu erreichen. Trotz Bemühungen war schliesslich der grösste Teil der ProbandInnen männlich (22 Männer und acht Frauen). Dies ist auf die Arbeitsgebiete, aus denen die ProbandInnen stammten, zurückzuführen. Dieser Unterschied hat die Arbeit jedoch nicht beeinflusst, da kein Interesse bestand, mögliche Unterschiede zwischen Männern und Frauen zu untersuchen.

Zu Beginn, im Rahmen des Vorversuchs-Fragebogens, mussten alle ProbandInnen eine Wertung ihrer Kenntnisse der Kartographie, GIS und Fliegerei angeben⁶ sowie eine persönliche Schätzung ihrer Fähigkeit im Kartenlesen vornehmen⁷. Die Mediane sind in den Abbildungen 5, 6, 7 und 8 zu sehen.

Nach dem Vorversuchs-Fragebogen fand ein Hidden Pattern-Test mit allen ProbandInnen statt. Durch diesen 8-minütigen Test konnten die räumlichen Fähigkeiten der ProbandInnen eingeschätzt werden. Ziel

⁶ < 1 Jahr, 1-2 Jahre, 2-5 Jahre und > 5 Jahre.

⁷ Unterdurchschnittlich, Durchschnittlich und Überdurchschnittlich.

dieses Tests war, eine Verbindung zwischen der Richtigkeit und der Schnelligkeit der Antworten herzustellen und einen Stressfaktor hinzuzufügen.

Das eigentliche Experiment wurde sofort nach dem Hidden Pattern-Test durchgeführt und war auf eine Dauer von 40 Minuten begrenzt.

Damit der Test an Glaubwürdigkeit gewinnt, wurde ein Nachversuchs-Fragebogen an alle ProbandInnen verteilt (Martin, 2008). Der Fragebogen hatte zum Ziel, die Probleme der ProbandInnen während des Tests zu erfassen sowie ihre persönliche Meinung bezüglich der zwei verschiedenen VFR Karten und die Herstellung einer optimalen Karte zu eruieren.

Kartographie Kenntnisse

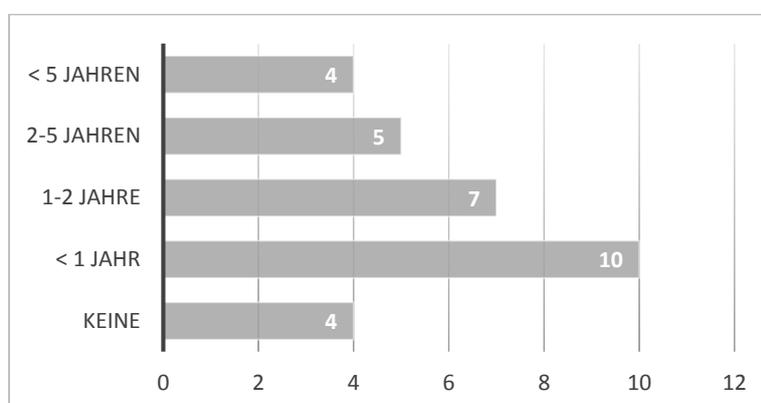


Abb.5: Die kartographischen Kenntnisse der 30 ProbandInnen, die am VFR Karten - Test teilgenommen haben. Die Mehrheit hatte weniger als 1 Jahr Erfahrung mit der Kartographie (10). Trotzdem ergibt sich, zusammengerechnet, dass 16 Teilnehmer mehr als 1 Jahr Erfahrung hatten.

GIS Kenntnisse

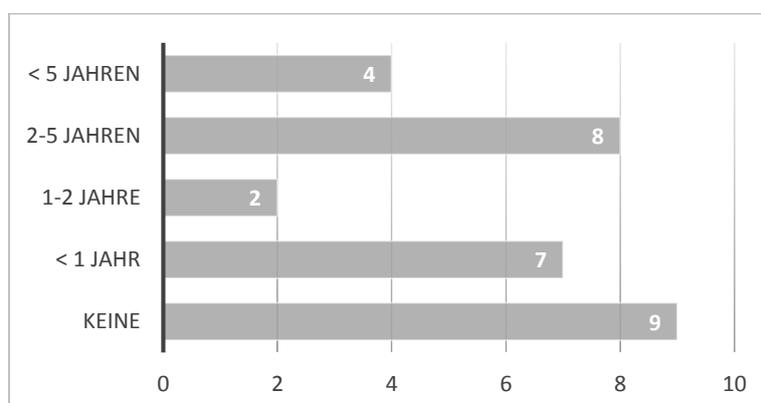


Abb.6: Die GIS Kenntnisse der 30 ProbandInnen, die am VFR Karten-Test teilgenommen haben. 9 Teilnehmer gaben an, dass sie keine Erfahrung mit GIS hatten. Dennoch ergibt sich, zusammengerechnet, dass 14 Teilnehmer mehr als 1 Jahr Erfahrung aufwiesen. In diesem Fall war die Aufteilung sehr gestreut.

Fliegerei Kenntnisse

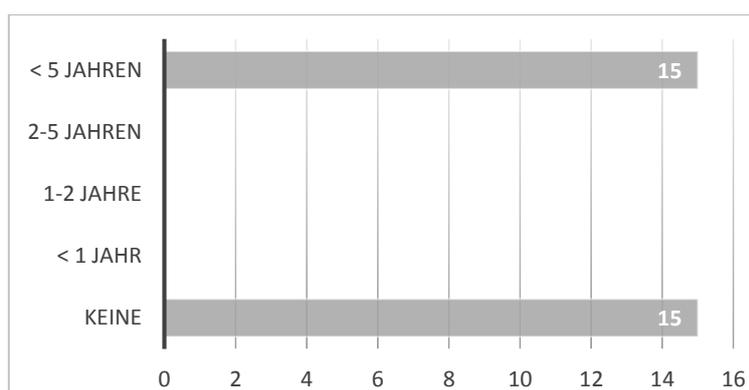


Abb.7: Die Kenntnisse betreffend Fliegerei der 30 ProbandInnen, die am VFR Karten - Test teilgenommen haben. 15 ProbandInnen hatten seit mehr als 5 Jahren mit der Fliegerei zu tun. Dies ist darauf zurückzuführen, dass von den 30 ProbandInnen 15 PilotInnen waren.

Kartographische Fähigkeiten

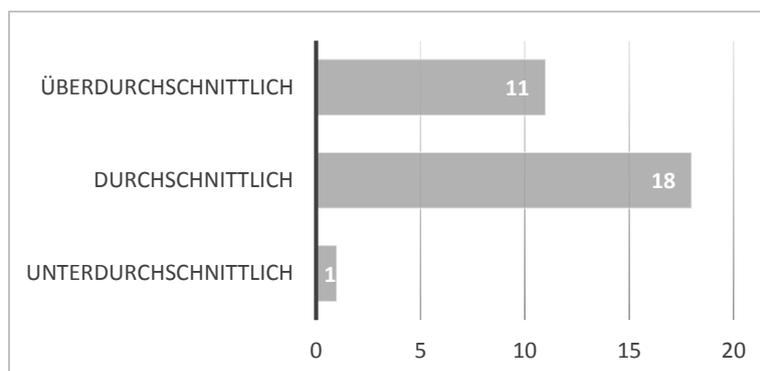


Abb.8: Die kartographischen Fähigkeiten bezüglich Kartenlesen der 30 ProbandInnen, die am VFR Karten - Test teilgenommen haben. Es ergibt sich, dass der Mehrheit der Umgang mit Karten geläufig war.

3.2 Experimentgestaltung

3.2.1 Daten: VFR Karten

Die notwendigen Daten für dieses Experiment stellen VFR Karten dar. Diese Karten konnten, dank einer Zusammenarbeit, von skyguide in Wangen b. Dübendorf hinzugezogen werden. Zurzeit befinden sich 86 Flughäfen in der Schweiz, die alle nach ICAO Richtlinien in VFR Karten kartiert sind (BAZL, 2015). Aufgrund dieser grossen Anzahl konnte im Rahmen dieser Arbeit nicht jeder Flughafen der Schweiz sowie dessen VFR Karten analysiert werden. Deshalb wurden drei Flughäfen ausgewählt: LSZH (Zürich), LSZA (Lugano) und LSZF (Birrfeld). Diese drei Flugplätze sind aufgrund ihrer speziellen Lage oder wegen des grossen Verkehrs ausgewählt geworden:

- LSZH (Zürich): grösster Flughafen der Schweiz mit dem meisten Verkehr.
- LSZA (Lugano): mittelgrosser Flughafen mit komplizierter Anflugsituation wegen der grossen Anzahl von Hindernissen sowie Hügeln und Bergen.
- LSZF (Birrfield): kleiner Flughafen, der trotz reduziertem Verkehr am Flugplatz selbst unter grossem Einfluss des Flughafens Zürich steht (skyguide, 2014/15).

Die Karten der drei Flugplätze fanden in digitaler Form (Adobe Illustrator) Verwendung. Für Zürich und Lugano wurde die VAC sowie die Area Karten analysiert, für Birrfield lediglich die VAC Karte, da die Area Karte dieselbe wie in Zürich ist. Damit wurden insgesamt fünf Karten als Referenz genommen und verändert.

3.2.2 Experteninterview

Um herauszufinden, welche visuelle Variablen in einer Karte Unsicherheiten und Probleme darstellen und welche verändert werden sollen, fand ein Interview mit drei Experten statt. Das Interview erfolgte am 9.1.2015 bei skyguide in Wangen b. Dübendorf mit Hansruedi Gafner (Pilot und Kartograph), Flavia Schnieper (Kartographin) sowie Thomas Schneiter (Kartograph). Alle Karten wurden analysiert und Verbesserungsvorschläge bezüglich visueller statischer Variablen diskutiert:

- Visuelle Variablen: Farbe, Tonwert und Füllung
 - *Wald*: Die grüne Farbe dominiert deutlich die Karte, eine erhöhte Helligkeit wurde vorgeschlagen, um den Kontrast zu erhöhen und damit andere Elemente in den Vordergrund zu bringen.
 - *Sensitive Areas*: Die gelb gefärbten Zonen provozieren Verwirrungen mit den gelben Dörfern der ICAO Karten.
 - *Siedlungsgebiete*: Das Symbol für Siedlungsgebiete bestand aus zwei verschiedenen Zeichen (Farbe und Symbole), eine Vereinfachung wurde vorgeschlagen.
 - *Autobahnen*: Eine rote Färbung der Autobahnen würde besser übereinstimmen mit der Farbe der Autobahnen der ICAO Karten.
 - *Flughäfen*: Eine violette Färbung der Flughäfen würde besser übereinstimmen mit der Farbe der Flughäfen der ICAO Karten.
 - *Relief*: Das Relief dominiert die Karte, eine erhöhte Helligkeit wurde vorgeschlagen, um den Kontrast zu erhöhen und damit andere Elemente in den Vordergrund zu rücken.
 - *Flüsse und Seen*: Die Gewässer erhalten in den Karten zu wenig Bedeutung, eine dunklere Farbe könnte dieses Problem beheben.

- Visuelle Variable: Richtung
 - *FL (Flight Levels)*: Die FL sollten am Rand des Luftraums platziert werden. Dies könnte eine schnellere Erkennung der Flughöhe während eines Flugs bewirken.
 - *Hindernisse*: Die Hindernisse sind ungenau platziert. Durch diese Ungenauigkeit verlieren die Karten an Präzision.
- Visuelle Variablen: Form und Grösse
 - *Hindernisse*: Die Form der Hindernisse ist unklar aufgrund der standardisierten Symbolik. Dazu wird auch in der Art der Hindernisse nicht differenziert (Berg, Hochhaus usw.) und es fehlt die Höhenangabe. Eine bessere Symbolik würde die Erkennung der Hindernisart erleichtern sowie den Flug vereinfachen. Eine Darstellung als Fleck, abhängig von der Höhe des Hindernisses, könnte möglicherweise die Darstellung verbessern.
 - *Landmarks*: Orientierungspunkte wie Kirchen, Spitäler usw. erscheinen nicht in jeder VFR Karte. Es ist schwierig festzustellen, nach welchen Kriterien sie dargestellt werden. Eine Untersuchung bezüglich deren Struktur und Erscheinung erweist sich als notwendig.

Alle Verbesserungsvorschläge bezüglich der VFR Karten basieren auf den visuellen Variablen von Bertin (Bertin, 1983). Die sich ergebenden Probleme der VFR Karten sind meistens auf die Darstellung der visuellen Variablen beschränkt. Ebenfalls hat sich herausgestellt, dass die Flugkarten mit zu vielen Informationen ausgestattet werden. Durch die Überfüllung der VFR Karten rücken automatisch einige Informationen, durch ihre schwächere Farbe oder Symbolik, in den Hintergrund. Dadurch verändern sich die Thematik sowie die Semantik der Karte, woraus Unsicherheiten entstehen können.

Die meisten der besprochenen Verbesserungsvorschläge fanden bei der Erstellung der neuen Karten Berücksichtigung (siehe Kap. 3.2.4). Die Vorschläge betreffend Hindernisse und Landmarks wurden nicht weiterverfolgt, da eine Abänderung aufgrund des technischen und organisatorischen Aufwands zu kompliziert gewesen wäre (bspw. das Bedürfnis, Vermessungen durchzuführen).

3.2.3 PilotInnen - Befragung

Um die sich aus dem Experteninterview ergebenden Verbesserungsvorschläge auf die VFR Karten anzuwenden, erwies sich ebenfalls eine Erforschung der Meinung der PilotInnen als notwendig. Vor der Änderung der visuellen Variablen war es wichtig zu wissen, welche thematischen Variablen für die BenutzerInnen dieser Karten relevant waren. Dadurch sollte verhindert werden, dass für die BenutzerInnen essenzielle Variablen durch eine neue Positionierung an Aufmerksamkeit verlieren oder dass Variablen verändert werden, ohne dass dafür ein Bedürfnis bestand. Um herauszufinden, welche thematischen Variablen für die PilotInnen während eines Sichtflugs mit VFR Karten am wichtigsten sind, erfolgte die Erstellung eines Fragebogens. Ziel dabei war, die thematischen Variablen gemäss einem Ranking zu klassieren.

12 VFR PilotInnen wurden mittels eines Fragebogens bei skyguide befragt. Sie mussten elf thematischen Variablen der VFR Karten nach ihrer Relevanz klassieren (von 1, der wichtigsten Variablen bis 11, der am wenigsten wichtigen). Diese elf Variablen wurden aufgrund der Sicherheit ausgewählt. Tatsächlich wurden nur Variablen ausgewählt, die über einen geographischen Anhaltspunkt am Boden verfügen. Alle auf die Sicherheit bezogenen Variablen der Karten, wie Lufträume und Hindernissen, wurden hier nicht abgefragt, da sie aufgrund ihrer Wichtigkeit während des Flugs nicht einer Kategorie zugeteilt werden können (skyguide, 2014/15).

Durch die PilotInnen-Befragung stellte sich heraus, dass die drei wichtigsten thematischen Variablen bei der Benutzung der VFR Karten Seen, Autobahnen und Siedlungen sind. Danach kamen in folgender Reihenfolge Flüsse, Bahngleise, Wälder, Reliefs, Strassen, Ortsnamen, Bergnamen und Bahnhöfe. Die Variablen wurden daher thematisch nach Wichtigkeit in drei Klassen aufgeteilt:

- 1°: Seen, Autobahnen und Siedlungen
- 2°: Flüsse, Bahngleise, Wälder und Reliefs
- 3°: Strassen, Ortsnamen, Bergnamen und Bahnhöfe

In Tabelle 1 sind die Resultate der Abfragung dargestellt. Die ProbandInnen fühlten sich bei dieser Aufgabe leicht überfordert und bemerkten, dass die Klassierung für jeden BenutzerInnen anders und deshalb subjektiv sei.

Variablen	Ranking	Prob. 1	Prob. 2	Prob. 3	Prob. 4	Prob. 5	Prob. 6	Prob. 7	Prob. 8	Prob. 9	Prob. 10	Prob. 11	Prob. 12
Seen	1	4	2	2	3	2	9	1	3	2	2	1	2
Autobahnen	2	6	6	3	1	5	4	3	1	1	5	2	1
Siedlungen	3	1	3	9	6	4	5	5	4	4	4	3	4
Flüsse	4	5	5	6	5	3	1	4	5	3	3	7	8
Bahngleise	5	7	8	5	2	6	7	2	2	10	6	5	5
Wälder	6	9	9	8	8	1	2	6	8	7	8	6	3
Reliefs	7	8	11	1	4	9	5	7	6	8	1	9	9
Strassen	8	3	4	4	7	7	10	8	7	9	9	4	10
Ortsnamen	9	2	1	7	11	8	8	9	9	5	7	8	6
Bergnamen	10	10	7	10	10	10	11	11	11	6	10	11	7
Bahnhöfe	11	11	10	11	9	11	9	10	10	11	11	10	11

Tab.1: Die durch die 15 ProbandInnen nach Wichtigkeit sortierten thematischen Variablen der VFR Karten. Es ergibt sich, dass Seen, Autobahnen und Siedlungen gemäss den ProbandInnen die wichtigsten Variablen in einer VFR Karte darstellen. Diese Variablen sind für die 15 ProbandInnen die wichtigsten, um sich mittels einer Karte im Raum zu orientieren. In einer zweiten Klasse befinden sich Flüsse, Bahngleise, Wälder und Reliefs. In einer letzten Gruppe wichtiger Variablen sind die die Strassen, die Ortsnamen, die Bergnamen sowie die Bahnhöfe enthalten.

3.2.4 Die neu entwickelten VFR Karten

Wie bereits ausgeführt, wurden die Verbesserungsvorschläge und die Informationen für die Entwicklung der neuen VFR Karten auf Basis der Experteninterview und der PilotInnen-Befragung erstellt. Die thematischen Variablen (z.B. Siedlung) der VFR Karten wurden über ihre visuellen Variablen (z.B. neue Farbe) verändert. Die Änderungen betreffen visuelle Variablen, die essenziell für die Perzeption der Karte sind und daher auch Unsicherheiten mit sich bringen können (Fabrikant et al., 2010). Bei der Entwicklung der neuen VFR Karten war es wichtig, die Lesbarkeit und somit die Verbindung zwischen der Karte und ihrem BenutzerInnen zu erhöhen (Voudrakova et al., 2014). In den neu entwickelten Karten war es ebenfalls von Bedeutung, die veränderten visuellen Variablen systematisch anzuordnen, um das Verständnis der Karte zu erhöhen (Bertin, 1993; Dent, 1999). Eine gute Darstellung sorgt nämlich dafür, dass die Karteninterpretation effizient und effektiv erfolgt (MacEachren, 1995; Fabrikant et al., 2010). Deswegen wurde auch der Platzierung der thematischen Elemente in den neuen Karten besondere Aufmerksamkeit geschenkt (Gregory, 1987).

Auswahl der zu verändernden thematischen Variablen

Als Erstes gelangten die Resultate der Fragebögen und des Interviews zur Analyse. Es wurde versucht, die Schnittstellen der zwischen den im Interview vorgeschlagenen Verbesserungen und den durch den Fragebogen erhaltenen Ergebnissen zu finden. Darauf abstützend wurde also beschlossen, folgende visuelle Variablen abzuändern: Wald, Sensitive Areas, Siedlungen, Autobahnen, FL, Strassen, Ortsnamen, Bergnamen, Bahnhöfe, Bahngleise, Reliefs, Flüsse und Seen. Die im Interview besprochenen Probleme, welche die Flughäfen sowie die Hindernisse betreffen, konnten wegen Sicherheitsvorgaben nicht analysiert werden (skyguide, 2014/15). Die Problematik mit den Landmarks konnte hingegen infolge des begrenzten Zeitumfangs wegen nicht beachtet werden.

Klassierung thematischer Variablen und Veränderung der visuellen Variablen

Die 13 thematischen Variablen, die für die Entwicklung neuer Karten ausgewählt wurden, wurden in einem zweiten Schritt nochmals anhand der Resultate der Fragebögen analysiert und ihrer Wichtigkeit entsprechend auf drei Ebenen aufgeteilt: Vor-, Mittel- sowie Hintergrund. Seen, Siedlungen und Autobahnen wurden in den Fragebögen als essenziellste Anhaltspunkte klassiert, deshalb sollten diese drei Variablen an Relevanz gewinnen. Dies wurde bewirkt, indem sie in den neu entwickelten Karten im Vordergrund platziert werden. Flüsse, Bahngleise, Wälder und Reliefs, die zweitwichtigsten Elemente sollten in der Folge im Mittelgrund der neuen Karten erscheinen. Strassen, Ortsnamen, Bergnamen und Bahnhöfe wurden konsequenterweise in den Hintergrund gesetzt. Die Helligkeit dieser Variablen wurde auf null gesetzt und sie waren damit in den neu entwickelten Karten nicht mehr ersichtlich. Die in den Fragebögen nicht abgefragten Variablen FL und Sensitive Areas werden ausschliesslich aufgrund ihrer Richtung, Füllung und Farbton verändert.

Die Struktur der neu entwickelten VFR Karten wurde nicht verändert, daher stützt sie sich wie schon bei den originalen VFR Karten auf die bereits erklärten drei Informationsebenen von Bertin (Bertin, 1982; siehe Kapitel 2.4.1).

Die Farben wurden in den neu entwickelten Karten ebenfalls verändert. Den als sehr wichtig eingestuften Variablen, d.h. den Siedlungen, den Autobahnen und den Sensitive Areas, sollte ebenso aufgrund einer neuen Farbe mehr Bedeutung zukommen. Diese drei thematischen Variablen erwiesen sich in den Fragebögen als sehr wichtig und sollten ebenso aufgrund der neuen Farbtöne an Wichtigkeit gewinnen (Wäger, 2010). Die verwendeten neuen Farben waren Gelb und Rot – starke Farben, welche mit einer starken Wahrnehmung assoziiert werden (siehe Kap. 2.5.3). Die neuen Farben, Rot und Gelb, wurden von der Farbpalette der ICAO genommen (Anhang 16). Dieser Rot- und Gelbton wurde bereits in den ICAO/MIL Airspace Karten benutzt.

Die neue Aufteilung der thematischen Variablen und ihre neuen Farben:

- Vordergrund: Die Variablen wurden aufgrund der PilotInnen-Befragung neu in einer starken Farbe dargestellt
 - Seen: Es wurde eine dunklere Färbung gewählt, entsprechend der ICAO/MIL Airspace Karte: C:80 M:- Y:- K:-
 - Siedlungen: Es wurde eine gelbe Farbe gewählt, entsprechend der ICAO/MIL Airspace Karte: C:- M:15 Y:90 K:-
 - Autobahnen: Es wurde eine rote Farbe gewählt, entsprechend der ICAO/MIL Airspace Karte: C:- M:60 Y:100 K:-
- Mittelgrund: Die Variablen wurden transparenter gestaltet, abhängig von ihrer Klassierung im PilotInnenfragebogen
 - Flüsse: Die Transparenz wurde auf 50% erhöht
 - Bahngleise: Die Transparenz wurde auf 40% erhöht
 - Wald: Die Transparenz wurde auf 30% erhöht
 - Relief: Die Transparenz wurde auf 20% erhöht und entsprechend der ICAO/MIL Airspace Karte gefärbt: C:12 M:- Y:- K:25
- Hintergrund: Die Variablen, die sich aufgrund der PilotInnen-Befragung als weniger wichtig herausstellten, wurden komplett aus dem Layer ausgeblendet
 - Strassen: Ausgeblendet
 - Ortsnamen: Ausgeblendet
 - Bergnamen: Ausgeblendet
 - Bahnhöfe: Ausgeblendet
- Flight Level (FL): Die Flight Levels wurden an den Rand der dazugehörigen Control Zone (CTR/TMA) platziert
- Sensitive Areas: Diese Area wurden mit einem gelbgestreiften Muster gefüllt.

Die folgende Tabelle zeigt die thematischen Variablen sowie deren Abänderung nach Bertins Semiologie des Kartensystems (Bertin, 1983, vgl. Kap. 2.5.2) und stellt somit eine Verbindung zum theoretischen Ansatz dieser Arbeit dar. Vier visuelle Variablen von Bertin wurden in den neuen VFR Karten verändert.

Thematische Variablen der VFR Karten	Veränderung der visuellen Variablen nach Bertins Kartenaufbau
Seen	Farbe (Blau) → Selektive visuelle Variable
Siedlungen	Farbe (Gelb) → Selektive visuelle Variable
Autobahnen	Farbe (Rot) → Selektive visuelle Variable
Flüsse	Helligkeitswert (50%) → Geordnete visuelle Variable
Bahngleise	Helligkeitswert (40%) → Geordnete visuelle Variable
Wälder	Helligkeitswert (30%) → Geordnete visuelle Variable
Reliefs	Helligkeitswert (20%) → Geordnete visuelle Variable
Strassen	Helligkeitswert (0%) → Geordnete visuelle Variable
Ortsnamen	Helligkeitswert (0%) → Geordnete visuelle Variable
Bergnamen	Helligkeitswert (0%) → Geordnete visuelle Variable
Bahnhöfe	Helligkeitswert (0%) → Geordnete visuelle Variable
Flight Level (FL)	Richtung (Am Rand der Control Zone) → Assoziativ visuelle Variable
Sensitive Areas	Muster (Gestreiftes Muster) → Assoziativ visuelle Variable

Tab.2: In dieser Tabelle sind die visuellen Variablen, die in den neuen VFR Karten abgeändert worden sind, aufgelistet. Die Änderungen werden auf vier visuellen Variablen von Bertin zurückgezogen (1983): Farbe, Helligkeitswert, Richtung und Muster.

Durch diese neue Kartenorganisation haben alle essenziellen thematischen Variablen der VFR Karten an Bedeutung gewonnen. Die Semantik, der Detailgrad, die Signatur und die Hilfsinformationen der Karten gelangten ebenfalls zur Analyse und Veränderung. Die Semantik Wald wurde mit erhöhter Transparenz dargestellt. Ziel dieser Änderung bestand darin, die Erfahrung der PilotInnen zu testen, um so zu analysieren, ob eine solche Veränderung die Wahrnehmung während des Flugs beeinflusst. Der Detailgrad und die Hilfsinformationen der Karte wurden bezüglich mehrerer Element reduziert: Strassen, Ortsnamen, Bergnamen und Bahnhöfe. Die Signatur der Sensitive Areas wurde geändert, damit die Wichtigkeit der Area für die BenutzerInnen klarer hervorsticht. Die Siedlungsgebiete hatten ein sogenanntes Cluttering-Problem, d.h., sie wurden durch übermässige und desorganisierte Informationen dargestellt (Touya et al., 2015); bis anhin wurden Siedlungsgebiete nämlich mit zwei verschiedenen Elementen signalisiert: mit einer grauen Färbung sowie mit karierten Symbolen. Deshalb erfolgte der Entschluss, die karierten Symbole

auszublenden, um die Darstellung zu vereinfachen und die Signalisation von Siedlungsgebieten einzig durch eine Information vorzunehmen.

Alle Karten wurden in Adobe Illustrator bei skyguide abgeändert und als .pdf gespeichert. In der unten stehenden Abbildung 9 ist die originale VAC Karte von Lugano ersichtlich und in der Abbildung 10 die neu entwickelte VAC Karte von Lugano.

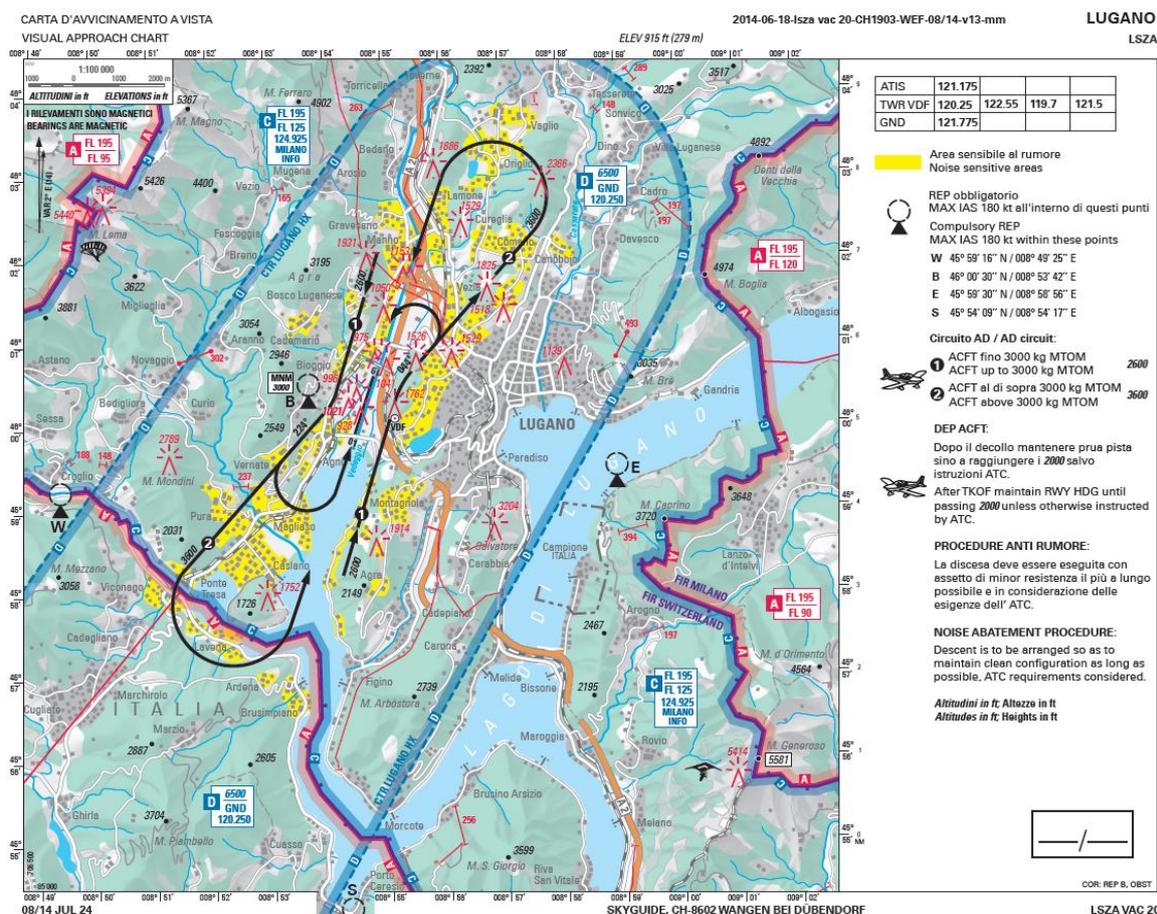


Abb.9: Originale VFR Area Karte von Lugano (LSZA) hergestellt von skyguide, 2014. In dieser VFR Karte von Lugano sind alle thematischen Variablen mit den durch skyguide und ICAO bestimmten Farbtönen enthalten.

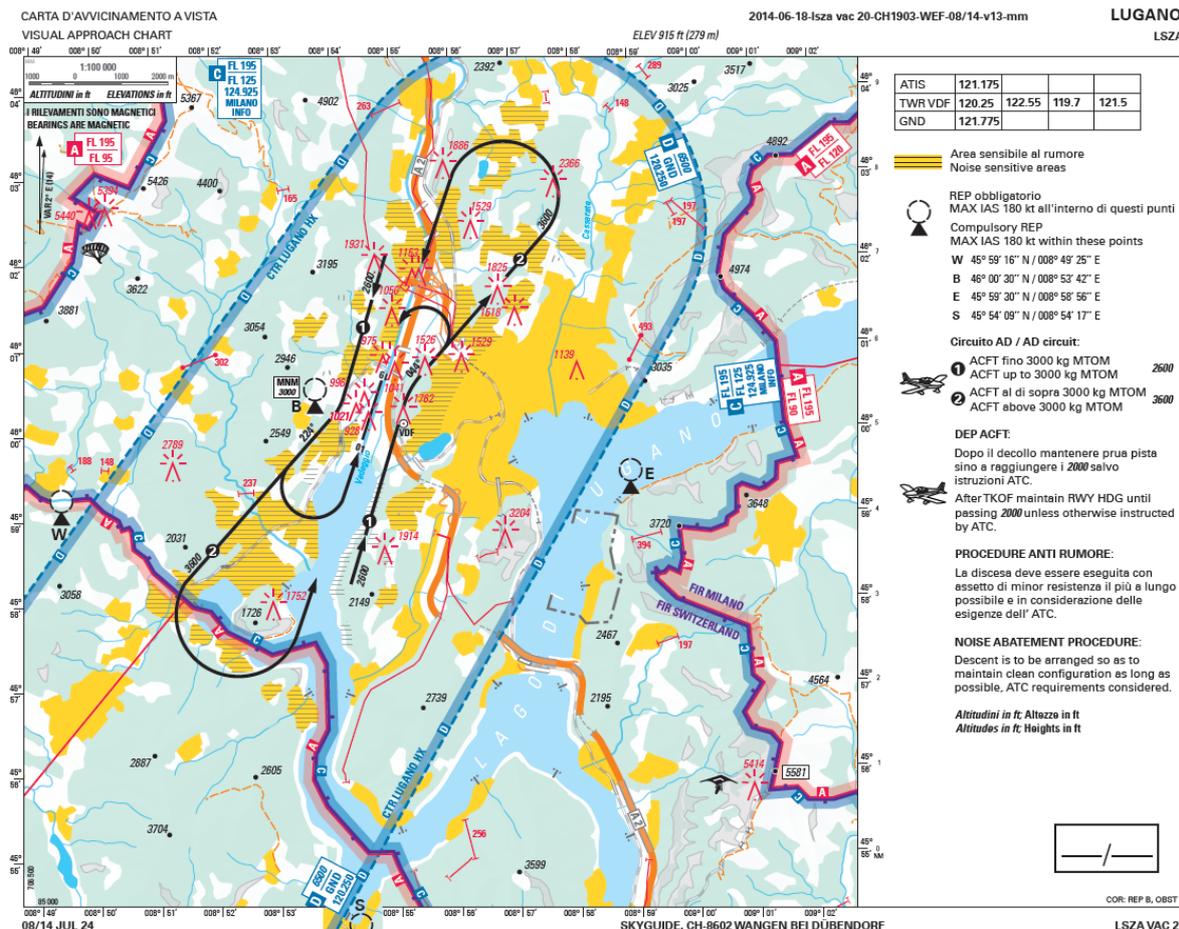


Abb.10: Neu entwickelte VFR Area Karten von Lugano (LSZA) gestützt auf die Karten von skyguide (2014). In dieser Karte sind die Änderungen der Variablen aufgenommen worden. Zu sehen ist, dass der See, die Siedlungen sowie die Autobahnen eine neue Farbe haben. Dazu wurden Reliefs, Wälder, Flüsse und Bahngleise transparenter dargestellt und schliesslich wurden die Strassen, Bahnhöfe, Ortsnamen und Bergnamen ausgeblendet. Die FL wurden am Rand der Control Zonen platziert und Sensitive Areas mit einem neuen Muster versehen.

Kartenherstellung und Aufgaben

In einem dritten Schritt wurden die beschlossenen Änderungen in die Karten aufgenommen. Diese Arbeit erfolgte mit den VAC und den Area Karten von Lugano (LSZA), Zürich (LSZH) und Birrfeld (LSZF). Die VAC Karten inkludieren andere Informationen als die Area Karten, da sie eine andere Skala haben und detaillierter sind. So wurde versucht, alle 13 geänderten Variablen, wo möglich, auf beiden Kartenarten zu testen. Leider ermöglichte die grosse Differenz im Detailgrad nicht immer die Veränderung aller Variablen auf beiden Kartenarten. Die Tabelle 3 zeigt die vorgenommenen Änderungen der Variablen abhängig von der Kartenart.

	LSZA_Area	LSZH_Area	LSZA_VAC	LSZH_VAC	LSZF_VAC
Seen					
Autobahnen					
Siedlungen					
Flüsse					
Bahngleise					
Wälder					
Reliefs					
Strassen					
Ortsnamen					
Bergnamen					
Bahnhöfe					
Flight Level					
Sensitive Areas					

Tab.3: In dieser Tabelle sind die visuellen Variablen, die in den neuen VFR Karten abgeändert worden sind, aufgelistet. In Grau sind die vorgenommenen Änderungen auf den VFR VAC und Area Karten von Lugano (LSZA), Birrfeld (LSZF) und Zürich (LSZH) dargestellt. Es wurde versucht, auf allen Karten (VAC und Area) dieselben Änderungen durchzuführen, dies war aber leider nicht möglich. Dennoch konnten die Änderungen aber auf jedem Flughafen Anwendung finden.

Die Änderungen der Transparenz, der Färbung, der Richtung und des Musters, wurden in Adobe Illustrator (CC16) bei skyguide in Wangen bei Dübendorf vorgenommen.

Nach der Erstellung der neuen Karten wurden die Fragen, welche in den VFR Karten-Test aufzunehmen waren, erarbeitet. Die Aufgabenstellung musste so ausgestaltet werden, dass damit die Arbeitshypothesen beantwortet werden können. So wurden mithilfe von Hansruedi Gafner (Pilot und Kartograph) und Flavia Schnieper (Kartographin) von skyguide sieben Fragen entwickelt:

1. Wenn Sie von Punkt A zu Punkt B fliegen, welche Höhenangabe gehört zum Luftraum, in welchem sich der Punkt B befindet?

Ziel: Testen, ob die neue Position der Flight Level die Suche nach der Flughöhe vereinfacht.

Antworttyp: Die ProbandInnen müssen hier die Antwort in der Karte ankreuzen.

2. Wenn Sie sich beim Punkt C befinden, wie melden Sie Ihren Standort dem zuständigen Flugplatz?
Ziel: Testen, wie wichtig die Bergnamen sowie die Ortsnamen für die Geolokalisation sind und ob sie bei dieser vermisst werden.
Antworttyp: Die ProbandInnen müssen hier die Antwort auf ein Blatt schreiben. Die Antwort soll mittels Stichwörtern formuliert werden.

3. Wenn Sie von E nach F fliegen, auf welche Zone müssen Sie achten?
Ziel: Prüfen, ob die neu gelbgefärbten Sensitive Areas von den ProbandInnen als solche erkannt werden.
Antworttyp: Die ProbandInnen müssen hier die Antwort in der Karte ankreuzen.

4. Wo befinden sich die Flugplätze?
Ziel: Überprüfen, ob die Flugplätze aufgrund der transparenteren Reliefs und Wälder besser erkennbar sind.
Antworttyp: Die ProbandInnen müssen hier die Antwort in der Karte ankreuzen.

5. Welche geographischen Anhaltspunkte werden Sie im blauen und im grünen Punkt brauchen, wenn Sie von G nach F fliegen (Richtung Flughafen)?
Ziel: Prüfen, ob die fehlenden Strassen und die Bahnhöfe von den ProbandInnen bei der Geolokalisation vermisst werden.
Antworttyp: Die ProbandInnen müssen hier die Antwort auf ein Blatt schreiben. Die Antwort soll mittels Stichwörtern abgegeben werden.

6. Kreuzen Sie auf der Karte zwei Punkte an, an welchen die Autobahn die Siedlungsgebiete durchquert.
Ziel: Testen, ob die Autobahnen mit der neuen roten Farbe besser erkennbar sind.
Antworttyp: Die ProbandInnen müssen hier die Antwort in der Karte ankreuzen.

7. Wie oft werden Sie während des Flugs von H nach I Hochspannungsleitungen in einem Siedlungsgebiet überfliegen?
Ziel: Testen, ob die neu gefärbten Siedlungsgebiete besser erkennbar sind.
Antworttyp: Die ProbandInnen müssen hier die Antwort in der Karte ankreuzen.

Nicht alle Aufgaben konnten sowohl bezüglich VAC als auch Area Karten abgefragt werden. Frage 1 und 2 konnten nur für die Area Karten abgefragt werden. Frage 5 konnte wiederum ausschliesslich durch die VAC Karten beantwortet werden. Die Fragen 3, 4, 6 und 7 konnten sowohl auf die VAC als ebenso auf die Area Karten angewendet werden.

Als letzte Phase der Kartenabänderung wurde bei den Aufgaben 1, 2, 5 und 7 eine zweite Variante eingeführt – dies, um sicherer zu sehen, dass die Fragen nicht durch Zufall richtig beantwortet werden konnten. Damit ergaben sich 80 Karten: 40 originale VFR Karten sowie 40 neu entwickelte VFR Karten.

Herstellung der Testmappe

Die 80 Karten wurden mit den dazugehörenden Aufgaben in eine Mappe zusammengeführt. Die Fragen waren in eine randomisierte Reihenfolge geordnet, damit die ProbandInnen die Fragen in einer zufälligen Reihenfolge beantworteten mussten (Abb.11).

Die Testmappe konnte, aus finanziellen Gründen, nicht für sämtliche 30 ProbandInnen ausgedruckt werden. Deshalb wurden lediglich drei verschiedene randomisierte Testmappen ausgedruckt, in welchen die Karten in durchsichtigen Mappen eingebunden waren. Jeder Proband konnte auf der durchsichtigen Folie mit einem wasserfesten Stift die Fragen beantworten, diese konnten danach wieder für den nächsten Probanden bereinigt werden.

19 25 10 29 77 4 78 62 5 64 9 21 43 57 75 24 20 54 50 79 76 44 6 17 1 56 60 45 49 40 66 23 27 74
48 30 36 41 53 51 39 26 65 69 67 11 0 32 68 71 72 31 15 52 59 13 3 14 16 55 37 42 8 34 73 80 47
35 46 70 7 22 18 58 38 61 12 33 2 63
65 77 70 50 48 23 61 20 38 32 51 8 78 52 29 45 76 39 31 60 27 30 17 40 67 79 64 73 57 35 72 49
63 58 71 12 37 13 25 3 44 74 26 46 56 18 42 80 15 6 14 7 21 36 53 59 22 41 5 10 34 47 19 54 9 24
2 4 43 75 62 16 55 33 0 68 66 1 69 28
23 33 16 54 65 46 52 69 35 11 73 78 20 45 60 57 39 70 55 34 29 71 10 18 13 51 3 27 68 4 17 49 9
14 76 53 15 25 32 48 37 79 74 30 64 77 80 40 31 6 67 26 72 63 62 56 36 61 50 42 7 43 1 8 24 47
22 2 5 12 75 38 19 44 0 41 66 59 58 21

Abb.11: Die 3 randomisierten Zahlenfolgen, welche für die Herstellung der Testmappe benutzt worden sind. Damit ergaben sich 3 unterschiedliche VFR Karten-Tests. Dies wurde so gehandhabt, damit mit Sicherheit feststand, dass die Antworten der ProbandInnen wirklich zufällig waren.

3.2.5 Herstellung der Fragebögen

Neben der Testmappe mit den Karten, war für diese Arbeit noch wichtig zu wissen, welche Hintergründe die verschiedenen ProbandInnen aufwiesen. Zwei verschiedene Fragebögen wurden zu diesem Zweck zusätzlich erstellt: Ein Vorversuchs- und Nachversuchs-Fragebogen. Der Vorversuchs-Fragebogen hatte zum Ziel, die persönlichen Angaben der ProbandInnen sowie ihre Erfahrungen mit GIS, Kartographie und der Fliegerei aufzunehmen. Der Nachversuchs-Fragebogen wurde mit dem Ziel hergestellt, die Meinungen der ProbandInnen nach dem Test zu erfahren. Die dazugehörenden Resultate gelangen in Kapitel 4 zur Erörterung.

3.2.6 Hidden Patterns Test

Durch den Hidden Patterns Test wurden die räumlichen Fähigkeiten der verschiedenen ProbandInnen getestet. In diesem Test mussten die Teilnehmer, in zwei aufeinanderfolgenden Testabschnitten, ein Symbol in 200 verschiedenen Zeichnungen wiedererkennen. Dafür hatten sie zweimal drei Minuten Zeit. Das Resultat wird durch die Anzahl richtiger Antworten gemessen (Rau, 2011). Im Rahmen von diesem Test wurde untersucht, ob die unterschiedlichen Hintergründe der ProbandInnen einen Einfluss auf deren Antworten im Hidden Patterns Test ausübten und somit ebenfalls die Ergebnisse des VFR Karten-Tests beeinflussen könnten.

3.3 VFR Karten-Test

Der VFR Karten-Test ist der bedeutendste Teil dieser Arbeit. Hier wurde die Wahrnehmung der ProbandInnen der neu entwickelten VFR Karten mit jener der originalen VFR Karten verglichen. Es wurde analysiert, ob die originalen VFR Karten effizient und effektiv sind und ob sie von den ProbandInnen richtig perzipiert werden. Diese Untersuchungen widerspiegelten die Prinzipien der kognitiven Kartographie des 21. Jahrhunderts.

3.3.1 Die unabhängigen Variablen

Durch die neu entwickelten VFR Karten fand eine Analyse der Wirkung der unabhängigen Variable statt. Die unabhängigen Variablen des Experiments waren:

- Farbintensität
 - dunkel oder heller
- Farbton
 - braun, gelb und rot
- Helligkeit
 - dunkelblau, mittelblau und hellblau

Die unabhängigen Variablen⁸ entstanden durch die Kartenveränderung selbst (Kap. 3.2.4), und ihre Wirkung wurde direkt mit den sieben Fragen getestet.

3.3.2 Die abhängigen Variablen

Der VFR Karten-Test erlaubte zudem eine Untersuchung der abhängigen Variablen. Die abhängigen Variablen dieses Experiments waren:

- Antwortzeit
- Richtigkeit der Antworten
- Ablenkung

Die abhängigen Variablen konnten nur aufgrund der unabhängigen Variablen sowie deren Einfluss auf den Test gemessen werden. In anderen Worten: Das Untersuchungsergebnis der abhängigen Variablen war abhängig von den Resultaten der unabhängigen Variablen. Die Ergebnisse der Untersuchung der abhängigen Variablen waren wichtig, um die Arbeitshypothesen zu beantworten (Martin, 2008).

3.3.3 Testumfeld

Der VFR Karten-Test wurde bei skyguide, an der Universität Zürich Irchel sowie in einer Privatwohnung durchgeführt. Am realistischen wäre es gewesen, wenn der Test während eines Flugs hätte vorgenommen werden können. Aus organisatorischen und Sicherheitsgründen, war es allerdings unmöglich, die 30 ProbandInnen in einem Flugzeug den Test machen zu lassen. Daher wurde versucht, das Testumfeld so zu gestalten, dass es die Situation während eines Flugs so realistisch wie möglich widerspiegelte, insbesondere diverse Ablenkungen sollten vorhanden sein.

⁸ Diese Variablen wurden nach der Kartensemiologie von Bertin aufgebaut.

Die Ablenkung war ein essenzieller Faktor in diesem Experiment, da sie während eines Flugs eine grosse Rolle spielt. Durch den Zeitdruck, das Flugzeug, den Funk und die abwechselnden Landschaften werden die PilotInnen während eines Sichtflugs immer wieder abgelenkt.

Ablenkung: Landschaft

Um die Ablenkung, welche die Landschaft während eines Flugs darstellt, im Experiment nachzuahmen, wurde ein Bildschirm vor den ProbandInnen platziert, auf dem Seitenwindlandungen in Zürich während des Sturms Felix zu sehen waren. Das Video⁹ dauerte 00:50 Minuten und enthielt auch die Töne der Landungen. Ausserdem wurde eine grosse Kartonwand um die ProbandInnen aufgestellt mit verschiedenen Zeitungsartikeln und Bildern. Die zwei Ablenkungskomponenten hatten zum Ziel, die Farben (Wand) und die Bewegungen (Video), die man während eines Flugs wahrnimmt, nachzuahmen (Abb.12).

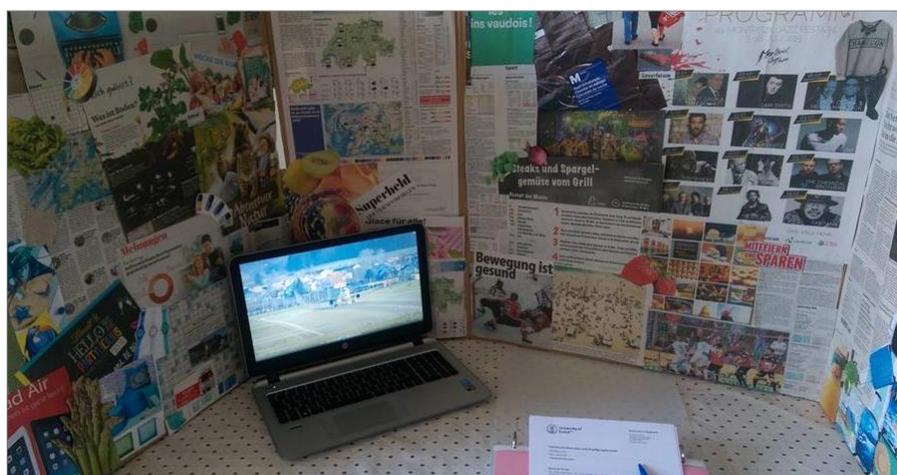


Abb.12: Testumfeld des VFR Karten-Tests mit den verschiedenen Ablenkungen (12.5.2015). Es ist die Wand zu sehen, welche die Landschaftsablenkung nachahmen sollte. Ein Video sowie ein Funkgeräusch waren ebenfalls vorhanden.

Ablenkung: Flugzeug und Zeitdruck

Um die Stimmung im Flugzeug nachzuahmen, wurde eine Zeitbegrenzung angegeben. Während eines Sichtflugs müssen die Anhaltspunkte am Boden relativ schnell erkannt werden, da das Flugzeug während des Kartenlesens weiterfliegt. Aus diesem Grund war es wichtig, dem Experiment eine Zeitbegrenzung hinzuzufügen.

Optimal wäre die Aufstellung einer individuellen Zeitangabe für jede Frage gewesen. Dies erweist sich allerdings aufgrund der Randomisierung der Fragen und infolge des unterschiedlichen Aufgabentypus als kompliziert. Einige Aufgaben mussten die ProbandInnen nämlich schriftlich beantworten, während bei

⁹ Die Quelle des Videos ist unter audiovisuellen Quellen im Literaturverzeichnis zu finden (Kap. 7).

anderen eine Markierung auf der Karte genügte. Dieser Unterschied erlaubte keine feste Zeitangabe für jede einzelne Frage.

Aus organisatorischen Gründen wurde eine feste Zeit für das ganze Experiment festgesetzt: 40 Minuten. Diese Zeitangabe wurde aus vorgängigen Tests als adäquat abgeleitet. Diese Voruntersuchung ergab nämlich, dass vier von fünf ProbandInnen in diesem Zeitrahmen den Test abschliessen konnten (Tab.4). Die 40 Minuten ergaben sich aus dem Durchschnitt des schnellsten (35 Minuten) und des langsamsten Probanden (45 Minuten) in der Voruntersuchung.

Proband Nr.	Zeit
1	45
2	40
3	38
4	39
5	35

Tab.4: Die unterschiedliche Zeit, welche die ProbandInnen benötigt haben den VFR Karten-Test abzuschliessen. Damit wurde die Zeit für den Test auf 40 Minuten begrenzt.

Ablenkung: Funk

Während eines Flugs müssen die PilotInnen stets in Funkverbindung mit dem Boden bleiben. Die ständigen Funkmeldungen wurden, während des Experiments, mit einem Lautsprecher nachgeahmt. Die abgespielte Funkmeldung war eine 50-minütige Aufnahme des Towers von Zürich vom 18. Mai 2015¹⁰. Die Aufnahme enthielt die Ankunft- und Abflugfunkgespräche um 12:30, der grössten Verkehrszeit am Flughafen Zürich.

Zusätzliche Ablenkung

Alle Testpersonen, ausser den Proband Nr. 1, 2 und 3 (aus organisatorischen Gründen), wurden gleichzeitig nebeneinander sitzend getestet. Dabei konnten maximal drei ProbandInnen gleichzeitig den Test durchführen. Die zeitgleiche Durchführung des Tests bewirkte bei den ProbandInnen noch zusätzlichen Druck und zusätzliche Ablenkung (Abb.13).

3.3.4 Experimentablauf

Es wurde versucht, den Ablauf des Tests für alle 30 ProbandInnen gleich auszugestalten, um für eine konsistente Arbeit zu sorgen.

¹⁰ Die Quelle des Videos ist unter audiovisuellen Quellen im Literaturverzeichnis zu finden (Kap. 7).

Vor dem Testbeginn wurden die ProbandInnen gebeten, ein Einwilligungsformular zu unterschreiben (siehe Anhang 1). Damit erklärten sich die TeilnehmerInnen mit einer anonymen Erhebung und Veröffentlichung der Daten einverstanden. In einem nächsten Schritt wurden die ProbandInnen gebeten, den Vorversuchs-Fragebogen auszufüllen. Hier mussten die ProbandInnen ihre persönlichen Angaben tätigen und ihre Erfahrung mit GIS, Karten und Fliegerei (siehe Anhang 2) angeben. Anschliessend wurde mit den ProbandInnen der Hidden Patterns Test durchgeführt. Dieser wurde mithilfe einer Stoppuhr ausgeführt und dauerte insgesamt sechs Minuten. Mit dem Hidden Pattern Test wurden wichtige Informationen über die räumlichen Fähigkeiten der ProbandInnen erfasst, zudem versetzte dieser sie gleichzeitig in eine Stresssituation (siehe Anhang 3). Diese Nebenwirkungen erwiesen sich als optimal für die Vorphase des eigentlichen VFR Karten-Tests.

Nach dem Vorversuchs-Fragebogen und dem Hidden Patterns Test konnten die ProbandInnen mit dem VFR Karten-Test beginnen. Es wurde die Startzeit angegeben, das Video sowie die Funkaufnahme wurden gestartet. Der Test wurde mithilfe einer Stoppuhr auf 40 Minuten begrenzt und nach 10, 20, 30 und 35 Minuten wurde den ProbandInnen die Zeit mitgeteilt. Sobald die ProbandInnen mit dem Test fertig waren, wurde ihre Zeit aufgenommen und auf ihrem Vorversuchs-Fragebogen vermerkt.

Schliesslich wurden die ProbandInnen gebeten, einen Nachversuchs-Fragebogen auszufüllen (siehe Anhang 4). Hiermit sollten die ersten Eindrücke der ProbandInnen bezüglich des Tests erfasst werden, insbesondere die Schwierigkeiten, die sie dabei empfunden hatten, sowie ihre persönliche Meinung bezüglich der originalen und der neu entwickelten VFR Karten.



Abb.13: Der VFR Karten-Test durchgeführt durch drei ProbandInnen. Zu sehen sind die VFR Karten-Testmappe und die verschiedenen Ablenkungen. Dazu wurde auch die Zeit aufgenommen, die auf 40 Minuten begrenzt wurde.

4. Resultate

In diesem Kapitel erfolgt eine Präsentation der Resultate des durchgeführten Experiments in zwei Abschnitten. Die Diskussion der Resultate wird allerdings in Kapitel 5 stattfinden.

In einem ersten Teil wird die quantitative Analyse erklärt, die bezüglich einiger Aufgaben des VFR Karten-Tests durchgeführt wurde. Bei den Aufgaben 1, 3, 4, 6 und 7 wurde eine statistische Analyse in SPSS gemacht. Auch über mögliche Unterschiede zwischen den zwei ProbandInnengruppen, GeographInnen und PilotInnen, betreffend Testzeit und Resultate im Hidden Patterns Test wurde eine quantitative Analyse vorgenommen.

In zweiten Teil werden die qualitativen Analysen präsentiert. Diese wurden auf die restlichen zwei Aufgaben des VFR Karten-Tests angewendet (Aufgaben 2 und 5) sowie bezüglich des Nachversuchs-Fragebogens durchgeführt.

In dem VFR Karten-Test hatten einige ProbandInnen gewisse Fragen nicht beantwortet – dies entweder weil sie die Antwort nicht wussten oder weil die 40 Minuten abgelaufen waren. Die fehlenden Antworten wurden bei der Auswertung als falsch betrachtet.

4.1. Quantitative Analyse

Ziel dieser Analyse war herauszufinden, ob ein Unterschied in der Richtigkeit der Antworten festzustellen ist, je nach Gebrauch der originalen VFR oder der neu entwickelten VFR Karten. Es wurde überdies untersucht, ob beim Hidden Patterns Test ein Unterschied in der benötigten Zeit oder in der Anzahl richtiger Antworten bestand, je nach Zugehörigkeit zu einer der zwei ProbandInnengruppen.

Alle statistischen Analysen fanden in SPSS IBM Statistics 23 statt. Die Daten wurden anhand des Kolmogorov-Smirnov-Tests auf Normalverteilung geprüft, was bedeutet, dass die Daten ab einem Signifikanzniveau von $p > 0.05$ als normalverteilt betrachtet werden. In allen statistischen Resultaten wird das Ergebnis des Signifikanztests als p bezeichnet. Dieser hilft bei der Überprüfung der formulierten Hypothesen (Bender und Lange, 2007). In der deskriptiven Statistik wird auch der Standardfehler analysiert. Unter dem Standardfehler wird eine Funktion verstanden, welche die Dispersion von Daten in

einer Messung zeigt (McHugh, 2007). Je kleiner der Standardfehler ist, desto präziser ist die Messung (Field, 2009).

4.1.1 Effizienz

Die Effizienz der ProbandInnen wurde anhand der Zeit, die für den VFR Karten-Test gebraucht worden ist, gemessen. Die für den Test zur Verfügung stehende Zeit wurde auf 40 Minuten begrenzt. Wie zuvor ausgeführt, konnte die Zeit für die verschiedenen Aufgaben- und Kartentypen (die originalen und neu entwickelten VFR Karten) nicht separat aufgenommen werden. Dennoch wurde die Zeit aller ProbandInnen aufgenommen, damit allfällige Unterschiede zwischen den verschiedenen Hintergründen der ProbandInnen analysiert werden konnten.

Die deskriptive Statistik zeigt, dass die PilotInnen den Test im Durchschnitt schneller abgeschlossen haben. Die PilotInnen benötigten im Durchschnitt 38 Minuten, die GeographInnen 40 Minuten (Abb.14). Kein Proband schloss den Test unter 27 Minuten ab, und der Standardfehler der beiden Gruppen ist gering.

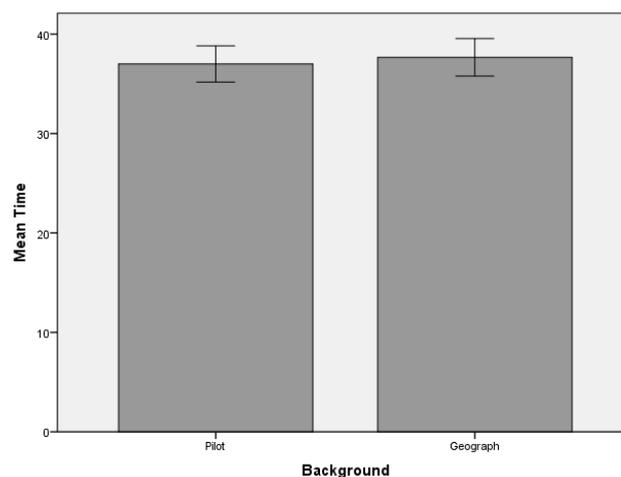


Abb. 14: In der Abbildung ist das statistische Resultat zu sehen. Auf der y-Achse ist die Zeit dargestellt und auf der x-Achse der Hintergrund der ProbandInnen.

Zur Untersuchung, ob der Zeitunterschied zwischen den jeweiligen ProbandInnengruppen statistisch signifikant war, fand ein unabhängiger T-Test statt (Field, 2009). Dabei handelt es sich um einen parametrischen Test, der sich auf eine Normalverteilung stützt. Die Wahl fiel auf diesen, weil die Varianz zwischen den beiden Gruppen gleich war und ihre Resultate unabhängig voneinander erlangt wurden. Berechnet wurde die Wahrscheinlichkeit, dass die beobachteten Unterschiede zwischen den beiden Gruppen zufällig ist (Martin, 2008). Das Resultat des unabhängigen T-Test ergab einen Signifikanzwert von $p=0.615$

($p > 0.05$). Daraus lässt sich schliessen, dass keine signifikante Unterschiede zwischen den benötigten Antwortzeiten der PilotInnen und der GeographInnen bestehen. Es gab in diesem Fall keinen Unterschied zwischen den beiden ProbandInnengruppen (Anhang 17.1).

Bei der vom Kartentyp abhängigen Antwortzeit ergab sich kein bemerkbarer Unterschied: Alle ProbandInnen reagierten gleich schnell auf die verschiedenen Karten und konnten bei beiden Karten in der gleichen Zeit eine Antwort geben. Im Nachversuchs-Fragebogen wurde nach Problemen und Schwierigkeiten während des Tests gefragt. Kein Proband empfand einen der beiden Kartentypen als schwieriger, sodass er bei jener Karte die Fragen nicht hätte beantworten können.

4.1.2 Einfluss der räumlichen Fähigkeiten

Der Hidden Patterns Test hatte die räumlichen Fähigkeiten aller Proband gemessen. Die Annahme, dass PilotInnen möglicherweise über bessere räumliche Fähigkeiten als GeographInnen verfügten, wurde hier statistisch analysiert.

Die deskriptive Statistik zeigte, dass es einen Unterschied in der Richtigkeit der Antworten zwischen den PilotInnen und GeographInnen gab: Die PilotInnen haben den Test mit einem besseren Durchschnitt abgeschlossen. Die PilotInnen hatten als bestes Resultat 92 % richtige Antworten, die GeographInnen 91 %. Die Minima ist bei den PilotInnen 20 % richtige Antworten und bei den GeographInnen 22 %. Der Standardfehler war sich bei dieser Untersuchung relativ hoch (Abb.15).

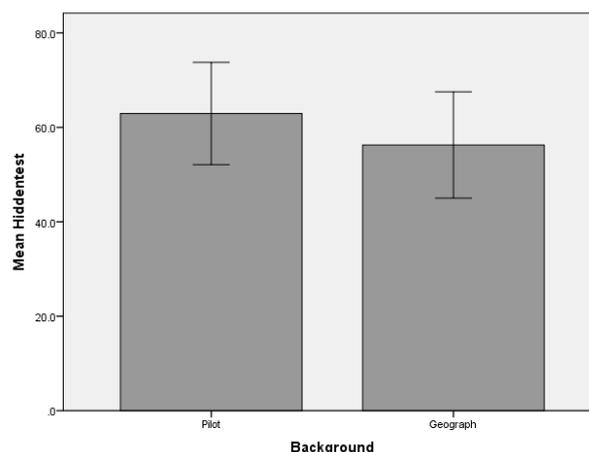


Abb.15: In der Abbildung ist das statistische Resultat zu sehen. Auf der y-Achse ist das Resultat des Hidden Patterns-Tests und auf der x-Achse der Hintergrund der ProbandInnen dargestellt.

Trotz der Unterschieden zwischen den beiden Nutzergruppen, die in der deskriptiven Statistik zu sehen waren, ergab der unabhängige T-Test einen Wert von $p=0.401$. Dieser Wert ist höher als der Signifikanzwert von $p>0.05$, woraus sich schliessen lässt, dass es statistisch keine signifikanten Unterschiede zwischen den Ergebnissen des Hidden Pattern Tests sowie den Hintergründen der beiden ProbandInnengruppen gibt (Anhang 17.2).

4.1.3 Effektivität

Die Effektivität der originalen VFR Karten und der neu entwickelten Karten wurde durch den Anteil an richtigen Antworten pro Kartentyp gemessen. In der Analyse der verschiedenen Aufgaben des VFR Karten-Tests wurden die Daten statistisch mittels einer Mixed ANOVA mit wiederholten Messungen analysiert. Ein ANOVA Mixed Design wurde gewählt, da es sich um verschiedene Gruppen sowie um verschiedene Variablen handelte (Field, 2009). Zudem erfolgte eine Überprüfung der Daten auf ihre Unabhängigkeit hin.

In der statistischen Analyse stellten die zwei verschiedenen Kartentypen den „Within-Subject-Factor“ dar. Diese beiden Niveaus von Faktoren wurden in SPSS als 1= original Karten, 2= neu entwickelte Karten definiert. Der Einfluss der zwei verschiedenen Karten wurde bezüglich zwei Gruppen getestet: PilotInnen und GeographInnen. Diese zwei Gruppen wurden deshalb als „Between-Subjects-Factor“ definiert, wobei 0=PilotInnen und 1=GeographInnen waren.

Die Resultate der statistischen Untersuchung sind in der Folge nach den Aufgaben aufgeteilt und präsentiert. Nur die Aufgabe 1, 3, 4, 6 und 7 waren statistisch analysierbar.

- Aufgabe 1: Wenn Sie von Punkt A zu Punkt B fliegen, welche Höhenangabe gehört zum Luftraum, in welchem sich der Punkt B befindet?

Ziel: Testen, ob die neue Position der Flight Level die Suche nach der Flughöhe

Ziel der ersten Aufgabe war es, zu untersuchen, ob die neu platzierten Flight Level Symbole besser erkennbar sind. Die Symbole wurden am Rande der entsprechenden Control Zone platziert. Es wurde also analysiert, ob die neu entwickelten VFR Karten die neue Platzierung der Symbole effizienter darstellen.

Test betreffend die originalen und neu entwickelten VFR Area Karten von Lugano und Zürich

Die deskriptive Statistik¹¹ der Aufgabe 1, die VFR Area Karten betrifft, ist in der Abbildung 16 ersichtlich. In den originalen VFR Karten erreichten beide Gruppen zusammen 80 % der richtigen Antworten. Auch in den neu entwickelten VFR Karten erzielten sie 80 % der korrekten Antworten. Trotz des gleichen Gesamtwertes in den beiden Karten, differenzierten sich die Antworten je nach Gruppen innerhalb des Kartentypus. Die PilotInnen erkannten die Flight Level bei beiden Karten sehr gut. Bei den originalen Karten erreichten sie 90 % richtige Antworten und bei den neu entwickelten Karten 93.3 %. Dabei war der Standardfehler bei der originalen höher als bei den neu entwickelten Karten. Die GeographInnen erreichten bei den originalen Karten 70 % richtige Antworten und bei den neuen 66.7 %. Der Standardfehler blieb hier gleich hoch für die originalen wie für die neu entwickelten Karten.

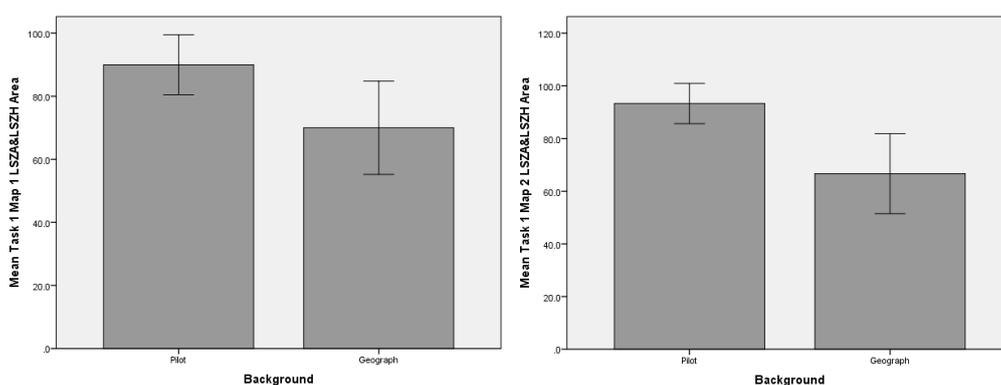


Abb.16: In der linken Abbildung sind die Resultate der Aufgabe 1 mit den originalen VFR Area Karten zu sehen. In der Rechten das Resultat mit den neu entwickelten Karten. Auf der y-Achse sind die Karten bezeichnet und der Prozentsatz (%) an richtigen Antworten ist dort ebenfalls ersichtlich. Auf der x-Achse ist der Hintergrund der ProbandInnen dargestellt.

Die statistische Analyse der ANOVA ergibt signifikante Unterschiede zwischen den Antworten der Nutzergruppen. Der ‘‘Test of Between-Subjects Effects,’’ ergab einen signifikanten Wert von $p=0.04$ ($p<0.05$). Hiermit bestand ein signifikanter Unterschied in der Richtigkeit der Antworten zwischen den getesteten Nutzergruppen. Die PilotInnen konnten in der Aufgabe 1 bei VFR Area Karten die Flight Levels besser erkennen als die GeographInnen (Anhang 17.6).

¹¹ Es ist zu bemerken, dass die Charts aufgrund des Standardfehlers bis zu 120 % erreichen.

- Aufgabe 3: Wenn Sie von E nach F fliegen, auf welche Zone müssen Sie achten?

Ziel: Prüfen, ob die neu gelbgefärbten Sensitive Areas von den ProbandInnen als solche erkannt werden.

In der dritten Aufgabe wurden die neuen Sensitive Areas getestet. Durch das neue Muster (gelb gestreift) wurde untersucht, ob die Sensitive Areas besser erkennbar ist. Mittels der neuen Farbassoziation sollte die Effektivität der Karte zur Untersuchung gelangen. Die Effektivität wurde mittels Anteil an richtigen Antworten geprüft.

Test betreffend die originalen und neu entwickelten VFR VAC Karten von Lugano, Zürich und Birrfeld

Die deskriptive Statistik zeigt, dass bei den originalen VAC Karten die beiden Nutzergruppen ein Total von 69.4 % richtigen Antworten erreicht haben. Bei den neu entwickelten Karten stieg der Wert auf 84.9 %. Die PilotInnen erreichten ca. 30 % mehr richtige Antworten bei den neu entwickelten Karten. Die Resultate der blieben nahezu gleich, tatsächlich schlossen sie bei den neu entwickelten Karten nur mit ca. 1 % mehr richtigen Antworten ab (Abb.17). Es besteht lediglich ein grosser Unterschied zwischen den Nutzergruppen bezüglich der Richtigkeit der Antwort (bei den originalen VFR Karten). Bei den neu entwickelten Karten unterschieden sich die Antworten zwischen GeographInnen und PilotInnen nur in geringer Weise. Beide Nutzergruppen hatten bei den originalen VFR Karten einen gleich hohen Standardfehler. Bei den Aufgaben mit den neu entwickelten Karten war der Standardfehler bei den PilotInnen höher als bei den GeographInnen.

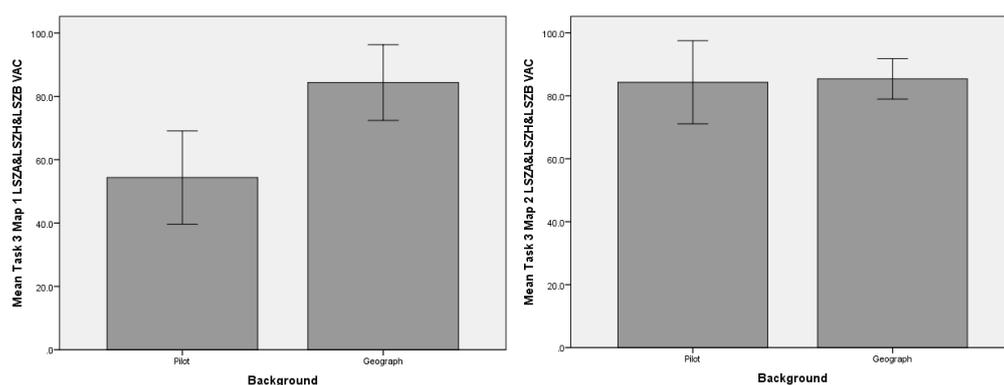


Abb.17: In der linken Abbildung sind die Resultate der Aufgabe 3 mit den originalen VFR VAC Karten zu sehen. In der Rechten das Resultat mit den neu entwickelten Karten. Auf der y-Achse sind die Karten und der Prozentsatz (%) an richtigen Antworten bezeichnet. Auf der x-Achse ist der Hintergrund der ProbandInnen dargestellt.

Das unterschiedliche Resultat der PilotInnen, zwischen der originalen und der neu entwickelten Karte in der dritten Aufgabe, erwies sich als statistisch signifikant. Die sich ergebene Signifikanz der ANOVA Analyse war $p=0.002$, also tiefer als das Signifikanzniveau von $p=0.05$ (Anhang 17.3). Dies bedeutet, dass

für die PilotInnen ein signifikanter Unterschied hinsichtlich der Richtigkeit der Antworten abhängig vom Kartentyp bestand. Die PilotInnen erkannten die Sensitive Areas signifikant besser in den neu entwickelten Karten.

Ein signifikanter Unterschied zeigte sich ebenso zwischen den beiden Nutzergruppen. Der signifikante Wert von $p=0.04$ ($<p=0.05$) verwarf die Nullhypothese. Es besteht somit ein Unterschied in der Richtigkeit der Antworten je nach getesteter Nutzergruppe: Die GeographInnen schnitten in Aufgabe 3 bezogen auf die VAC Karten besser ab als die PilotInnen.

Der "Test of Within-Subjects Effects," zeigte weiter eine signifikante Interaktion zwischen Kartentyp und Hintergrund der ProbandInnen ($p=0.003<0.05$). Es herrscht ein Unterschied in der Richtigkeit der Antworten zwischen den getesteten Kartentypen sowie den Nutzergruppen. Das Vorwissen der ProbandInnen nahm folglich einen signifikanten Einfluss auf die erhaltenen Werte. Aufgrund der neu entwickelten Karten verbesserten die PilotInnen, im Unterschied zu den GeographInnen, die Quote von richtigen Antworten, (Anhang 17.3).

- Aufgabe 4: Wo befinden sich die Flugplätze?

Ziel: Überprüfen, ob die Flugplätze aufgrund der transparenteren Reliefs und Wälder besser erkennbar sind.

In der vierten Aufgabe wurden die Flugplätze getestet. Es wurde gebeten, die Flugplätze in den Karten zu erkennen. Hiermit wurde untersucht, ob die erhöhte Helligkeit einiger Variablen anderen zu einer erhöhten Wichtigkeit verhalf. Es erfolgte eine Analyse, ob die Flughäfen, in den neu entwickelten Karten besser erkennbar sind.

Test betreffend die originalen und neu entwickelten VFR VAC Karten von Lugano, Zürich und Birrfeld

Die deskriptive statistische Untersuchung dieser Aufgabe ergab sehr unterschiedliche Resultate bei den beiden ProbandInnengruppen. Die PilotInnen konnten die Aufgabe sehr gut lösen und erzielten bei den originalen Karten 95.6 % richtige Antworten. Bei den neu entwickelten Karten erhöhte sich dieser Wert auf 97.8 %. Bei den GeographInnen hingegen blieb die Anzahl richtiger Antworten sehr tief: Bei den originalen Karten erreichten sie 39.9 % richtige Antworten und bei den neu entwickelten Karten 44.4 % (Abb.18). Es bestand somit ein grosser Unterschied zwischen den beiden ProbandInnengruppen. Unterschiedlich ist

ebenfalls der Standardfehler, welcher bei den GeographInnen bei beiden Karten sehr hoch ausfiel und bei den PilotInnen eher niedrig (Abb.18).

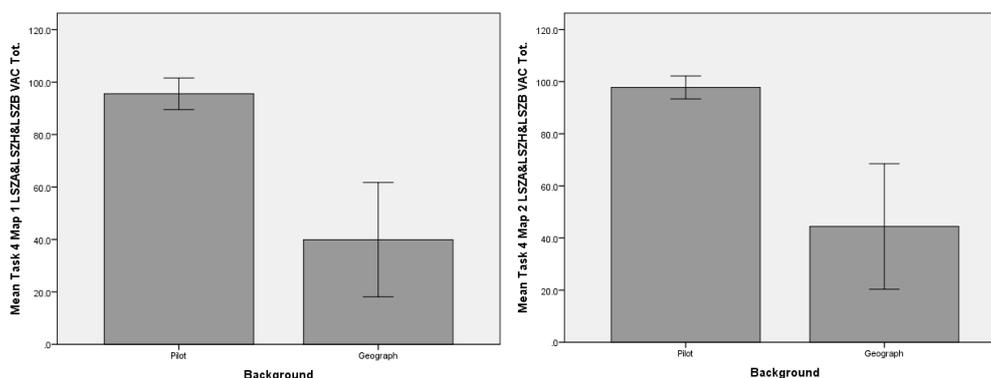


Abb.18: In der linken Abbildung sind die Resultate der Aufgabe 4 mit den originalen VFR VAC Karten zu sehen. In der Rechten das Resultat mit den neu entwickelten Karten. Auf der y-Achse sind die Karten bezeichnet und der Prozentsatz (%) an richtigen Antworten. Auf der x-Achse ist der Hintergrund der ProbandInnen dargestellt.

Der grosse Unterschied in der Anzahl richtiger Antworten zwischen PilotInnen und GeographInnen wurde statistisch geprüft (Anhang 17.4). Die ANOVA Untersuchung der “Between-Subject Effects,, ergab einen signifikanten Unterschied betreffend die Anzahl richtiger Antworten der beiden Gruppen ($p=0.000$). Es herrscht also ein Unterschied hinsichtlich der Richtigkeit der Antworten zwischen den getesteten Nutzergruppen. Die PilotInnen waren in der Aufgabe 4 bei den VAC Karten signifikant besser als die GeographInnen.

Test betreffend die originalen und neu entwickelten VFR Area Karten von Lugano und Zürich

Die deskriptive Statistik der vierten Aufgabe bezüglich der Area Karten ergab Unterschiede zwischen den Gruppen bei der Erkennung der Flugplätze. Die PilotInnen erkannten die Flugplätze bei beiden Kartentypen sehr gut und schlossen die Aufgaben mit 100 % richtigen Antworten ab. Die GeographInnen erzielten 73.3 % richtige Antworten in den Aufgaben bezüglich den originalen VFR Karten. In den Aufgaben mit den neuen Karten erhöhte sich die Anzahl richtiger Antworten auf 93.3 %. Der Standardfehler war bei den GeographInnen den originalen VFR Karten hoch (Abb.19).

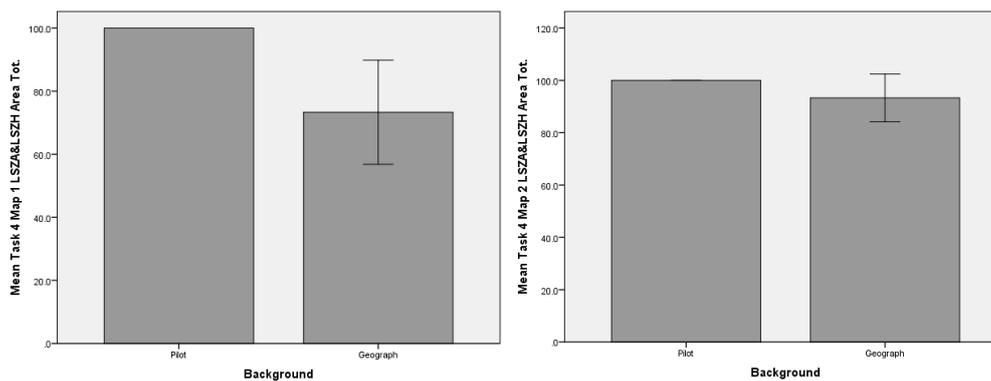


Abb.19: In der linken Abbildung sind die Resultate der Aufgabe 4 mit den originalen VFR Area Karten zu sehen. In der Rechten das Resultat mit den neu entwickelten Karten. Auf der y-Achse sind die Karten bezeichnet und der Prozentsatz (%) an richtigen Antworten. Auf der x-Achse ist der Hintergrund der ProbandInnen dargestellt.

Der grosse Unterschied zwischen der Anzahl richtiger Antworten der verschiedenen Nutzergruppen wurde statistisch untersucht. Mit einem Signifikanzwert von $p=0.008$ wurde die Nullhypothese verworfen. D.h., es gab einen signifikanten Unterschied in der Anzahl richtiger Antworten zwischen den beiden getesteten Nutzergruppen. Die PilotInnen hatten die Aufgabe 4 (VFR Area Karte) mit den originalen Karten signifikant besser abgeschlossen als die GeographInnen.

Die deskriptive Statistik in der Abbildung 19 zeigt, dass die GeographInnen bei den neu entwickelten Karten besser geantwortet haben. Die ANOVA Resultate bestätigten die Verbesserung mit einem Signifikanzwert von $p=0.005$. Es bestand somit ein signifikanter Unterschied in der Anzahl richtiger Antworten der GeographInnen je nach benutztem Kartentyp. Aufgrund der neu entwickelten Karten konnten die GeographInnen die Flugplätze signifikant besser erkennen. Überdies wurde hiermit eine Interaktion zwischen den Kartentypen und dem Hintergrund der ProbandInnen statistisch bestätigt ($p=0.005 < 0.05$). Das Vorwissen der ProbandInnen nahm einen signifikanten Einfluss auf die erfassten Werte. Das unterschiedliche Resultat der GeographInnen hing sowohl vom Kartentyp als auch von ihrem Vorwissen ab (Anhang 17.7).

- **Aufgabe 6:** Kreuzen Sie in der Karte zwei Punkte an, an welchen die Autobahn die Siedlungsgebiete durchquert.

Ziel: Testen, ob die Autobahnen mit der neuen roten Farbe besser erkennbar sind.

Bei Aufgabe 6 mussten die ProbandInnen die Autobahn in den Karten erkennen. Durch die erhöhte Transparenz einiger Variablen und der neu zugewiesenen Farbe (Rot) wurde die Effektivität der Autobahn

getestet. Es erfolgte eine Untersuchung, ob die ProbandInnen in den neu entwickelten Karten die Autobahnen besser erkennen können.

Test betreffend die originalen und neu entwickelten VFR VAC Karten von Lugano, Zürich und Birrfeld

Die Erkennung der Autobahnen in den originalen und neu entwickelten VFR Karten war für die PilotInnen den beiden Karten ein Erfolg. Die deskriptive Statistik zeigt, dass die PilotInnen bei den originalen Karten ein Wert von 95.6 % richtiger Antworten erreichten. In den neuen VFR Karten verbesserten sie sich und schlossen die Aufgabe mit 100 % richtigen Antworten ab. Der Standardfehler ist bei den PilotInnen sehr tief. Die GeographInnen erzielten mit den originalen VFR Karten einen Wert von 84.4 % richtigen Antworten und mit den neu entwickelten 86.7 %. Die GeographInnen verbesserten ihre Resultate mit den neuen VFR Karten. Insgesamt erreichten beide Nutzergruppen mit den originalen Karten 89.9 % richtige Antworten sowie mit den neu entwickelten 93.3 % (Abb.20).

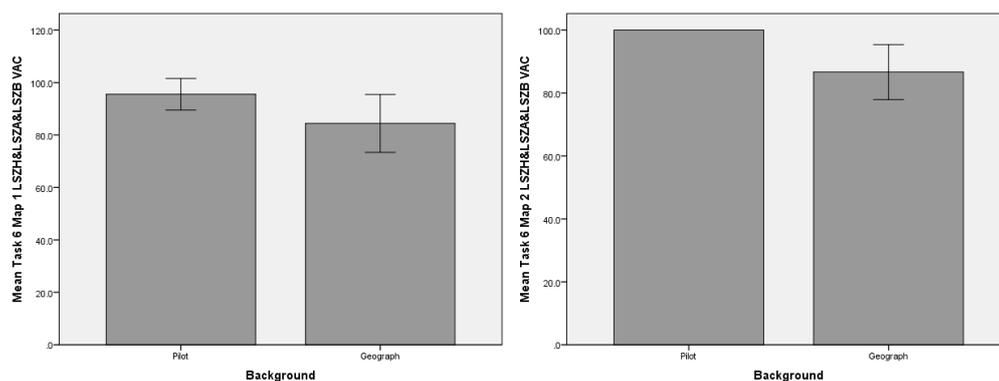


Abb.20: In der linken Abbildung sind die Resultate der Aufgabe 6 mit den originalen VFR VAC Karten zu sehen. In der Rechten das Resultat mit den neu entwickelten Karten. Auf der y-Achse sind die Karten bezeichnet und der Prozentsatz (%) an richtigen Antworten. Auf der x-Achse ist der Hintergrund der ProbandInnen dargestellt.

Im Rahmen der ANOVA Analyse der “Between-Subject Effects,, erwiesen sich die Unterschiede in der Beantwortung zwischen PilotInnen und GeographInnen als signifikant ($p=0.023 < p=0.05$). Es bestand damit ein signifikanter Unterschied in der Anzahl richtiger Antworten je nach getesteter Nutzergruppe (Anhang 17.5). Die PilotInnen konnten in Aufgabe 6 aufgrund der VAC Karten die Autobahnen besser erkennen als die GeographInnen.

Test betreffend die originalen und neu entwickelten VFR Area Karten von Lugano und Zürich

Die deskriptive Statistik zeigte, dass bei der Aufgabe 6 bezüglich den VFR Area Karten kein grosser Unterschied zwischen den zwei Kartentypen existierte. Insgesamt erreichten beide Nutzergruppen bei dieser Aufgabe mit der originalen Karte 95 % richtige Antworten und 93.3 % mit den neu entwickelten. Die

PilotInnen konnten bei beiden Karten die Aufgabe 6 mit 100 % Richtigkeit beantworten. Die GeographInnen erzielten mit den originalen Karten einen Wert von 90 % richtigen Antworten, dieser verschlechterte sich mit den neu entwickelten Karten leicht auf ein Resultat von 86.7 % (Abb.21).

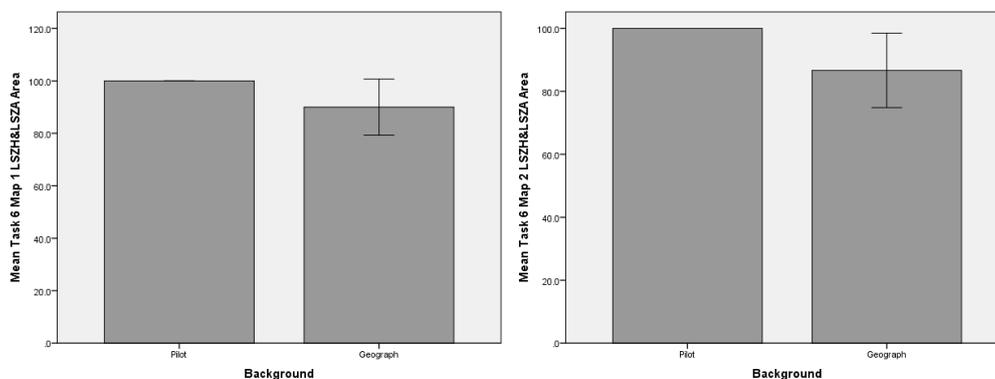


Abb.21: In der linken Abbildung sind die Resultate der Aufgabe 6 mit den originalen VFR Area Karten zu sehen. In der Rechten das Resultat mit den neu entwickelten Karten. Auf der y-Achse sind die Karten bezeichnet und der Prozentsatz (%) an richtigen Antworten. Auf der x-Achse ist der Hintergrund der ProbandInnen dargestellt.

Das unterschiedliche Resultat der beiden Nutzergruppen erwies sich als statistisch signifikant. Die ANOVA Analyse verwarf die Nullhypothese mit einem signifikanten Wert von $p=0.022$ ($p<0.05$) (Anhang 17.8). Folglich besteht ein signifikanter Unterschied zwischen den Resultaten der zwei Gruppen: Die PilotInnen konnten bei Aufgabe 6 die Autobahnen signifikant besser erkennen als die GeographInnen.

- Aufgabe 7: Wie oft werden Sie während des Flugs von H nach I Hochspannungsleitungen in einem Siedlungsgebiet überfliegen?
Ziel: Testen, ob die neu gefärbten Siedlungsgebiete besser erkennbar sind.

In Aufgabe 7 mussten die ProbandInnen Hochspannungsleitungen in Siedlungsgebieten erkennen. Ziel war zu untersuchen, wie das neu gelb gefärbte Siedlungsgebiet bei den ProbandInnen ankam.¹²

Test betreffend die originalen und neu entwickelten VFR VAC Karten von Lugano, Zürich und Birrfeld

Die deskriptive Statistik zeigt einen grossen Unterschied zwischen den beiden Gruppen sowie den beiden Karten. Beide ProbandInnengruppen verbesserten sich mit den neu entwickelten Karten. Mit einem Wert

¹² Wie schon erwähnt, wurden die Siedlungsgebiete gelb gefärbt, da diese Farbassoziation bei den ProbandInnen grössere Aufmerksamkeit bewirkt (Wäger, 2010).

von 57.6 % richtigen Antworten der PilotInnen und 53.2 % der GeographInnen, wurde die Aufgabe 7 bezüglich der originalen Karten insgesamt mit einem Wert von 55.4 % richtiger Antworten abgeschlossen. Der Standardfehler war aber bei beiden ProbandInnengruppen hoch.

Mit den neu entwickelten Karten wurden beide Gruppen besser. Die PilotInnen erreichten ein Total von 71.0 % richtigen Antworten und die GeographInnen 59.9 %. Die Übung wurde in Bezug auf die neuen Karten mit einem Total von 65.5 % abgeschlossen. Der Standardfehler war bei den PilotInnen kleiner als bei den GeographInnen (Abb.22).

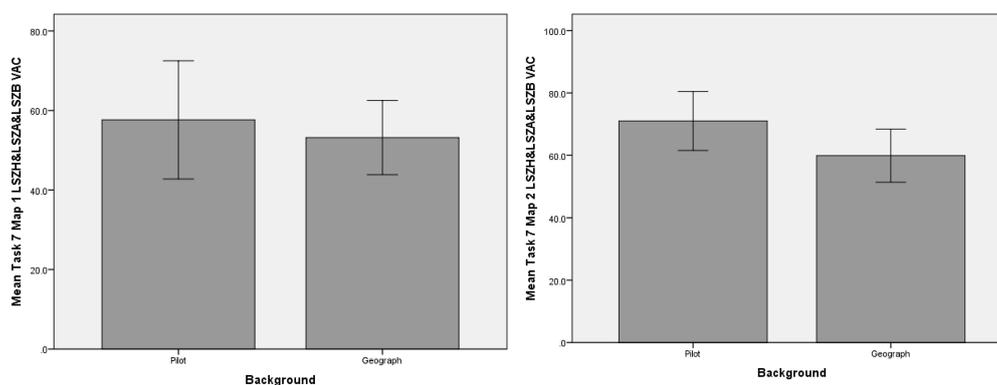


Abb.22: In der linken Abbildung sind die Resultate der Aufgabe 7 mit den originalen VFR VAC Karten zu sehen. In der Rechten das Resultat mit den neu entwickelten Karten. Auf der y-Achse sind die Karten bezeichnet und der Prozentsatz (%) an richtigen Antworten. Auf der x-Achse ist der Hintergrund der ProbandInnen dargestellt

Die Statistik der ANOVA Analyse bestätigte, dass die unterschiedlichen Resultate der ProbandInnen bezüglich der beiden Kartentypen signifikant waren. Mit einem Signifikanzniveau von $p=0.002$ ($<p=0.05$) wurde die Nullhypothese verworfen (Anhang 17.12). Es herrschte ein signifikanter Unterschied in der Anzahl richtiger Antworten je nach getestetem Kartentypen. Die PilotInnen und die GeographInnen haben die Hochspannungsleitungen in den Siedlungsgebieten mit den neu entwickelten Karten statistisch signifikant besser erkannt.

Test betreffend die originalen und neu entwickelten VFR Area Karten von Lugano und Zürich

Die deskriptive Statistik ergab Unterschiede in den Antworten zwischen den originalen und den neu entwickelten Karten. Mit den originalen Karten erreichten die PilotInnen 46.7 % richtige Antworten und die GeographInnen 51.7 %. Der Standardfehler war bei beiden Nutzergruppen hoch. Insgesamt erreichten beide Gruppen auf diesem Kartentyp 49.2 % richtige Antworten. Mit den neu entwickelten Karten erreichten hingegen die PilotInnen 91.7 % richtige Antworten und die GeographInnen 71.8 %. Der Standardfehler verringerte sich bei den PilotInnen, blieb aber gleich hoch wie jener der GeographInnen bei

den originalen Karten. Insgesamt erreichten beiden Gruppen 81.7 % richtige Antworten bei den neu entwickelten Karten (Abb.23).

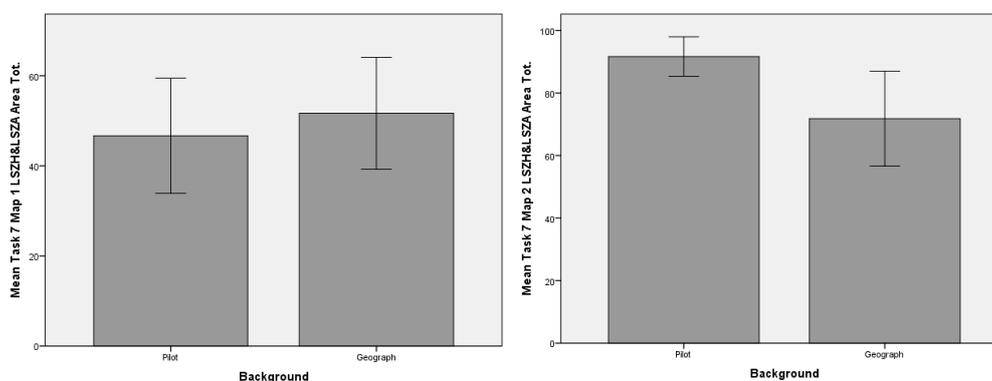


Abb.23: In der linken Abbildung sind die Resultate der Aufgabe 7 mit den originalen VFR Area Karten zu sehen. In der Rechten das Resultat mit den neu entwickelten Karten. Auf der y-Achse sind die Karten bezeichnet und der Prozentsatz (%) an richtigen Antworten. Auf der x-Achse ist der Hintergrund der ProbandInnen dargestellt.

Die ANOVA Analyse mit wiederholten Messungen bestätigte statistisch die unterschiedlichen Resultate zwischen den zwei Karten (Anhang 17.9). Es bestand ein signifikanter Unterschied zwischen den Resultaten der zwei Kartentypen ($p=0.000 < p=0.05$). Die PilotInnen verbesserten sich in der Erkennung der Hochspannungsleitungen in den neu entwickelten VFR Area Karten signifikant.

- Gesamtresultate betreffend die VFR VAC Karten von Lugano, Zürich und Birrfeld

Alle VAC Karten, die durch die Aufgaben 3, 4 und 6 getestet worden sind, werden hier zusammengefasst. Ziel ist zu analysieren wie die neuen VFR VAC Karten bei den Nutzergruppen im Vergleich zu mit den originalen VAC Karten ankamen. Für die Untersuchung wurde eine ANOVA Analyse mit wiederholten Messungen gemacht.

Die deskriptive Statistik zeigt, dass sich beide Gruppen mit den neu entwickelten VFR VAC Karten verbesserten. Die PilotInnen erreichten mit den originalen Karten 81.8 % richtige Antworten und mit den neu entwickelten 94 %. Die GeographInnen hingegen erreichten mit dem ersten Kartentyp lediglich 69.6 % richtige Antworten, mit dem zweiten schon 72.2 %. Beide Nutzergruppen zusammen erreichten mit den originalen VFR VAC Karten 75.7 % richtige Antworten und mit den neu entwickelten Karten 83.1 % (Abb.24). Der Standardfehler blieb bei den PilotInnen bei beiden Kartentypen gleich tief sowie bei den GeographInnen gleich hoch.

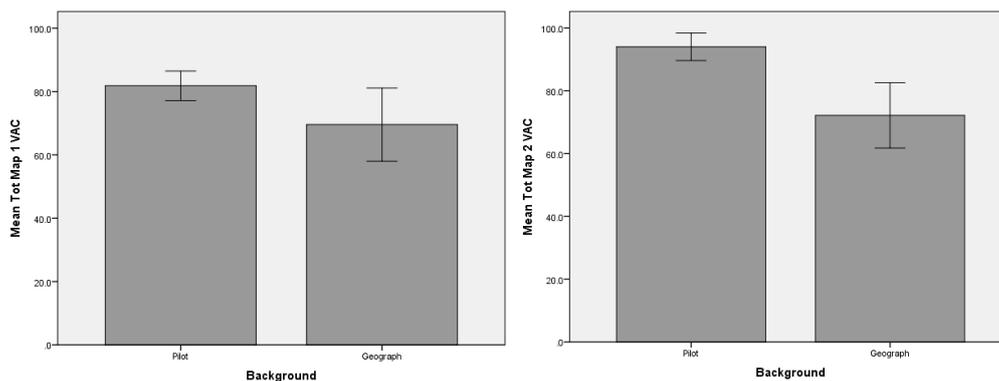


Abb.24: In der linken Abbildung sind die Gesamtergebnisse mit den originalen VAC Karten zu sehen. In der Rechten das Gesamtergebnis mit den neu entwickelten VAC Karten. Auf der y-Achse sind die Karten bezeichnet und der Prozentsatz (%) an richtigen Antworten. Auf der x-Achse ist der Hintergrund der ProbandInnen dargestellt.

Die ANOVA Analyse mit wiederholten Messungen bestätigte die unterschiedlichen Resultate der beiden Gruppen. Es gibt einen Unterschied in der Anzahl richtiger Antworten je nach getestetem Kartentyp. Die Nullhypothese wurde mit einem signifikanten Wert von $p=0.000$ ($<p=0.05$) verworfen und die Verbesserung der Ergebnissen mit den neuen VFR Karten statistisch als signifikant bezeichnet. Die PilotInnen verbesserten sich signifikant mit den neu entwickelten VAC Karten.

Statistisch signifikante Ergebnisse wurden auch bei den Unterschieden zwischen den Antworten der zwei ProbandInnengruppen festgestellt. Es bestand ein Unterschied in der Anzahl richtiger Antworten je nach getesteter Nutzergruppe ($p=0.006 < p=0.05$). Die PilotInnen lösten die Übungen bezüglich den VFR VAC Karten besser, d.h., sie erreichten einen höheren Prozentsatz an richtigen Antworten.

Eine Interaktion wurde diese Resultate betreffend ebenfalls festgestellt. So hing der Unterschied in der Anzahl richtiger Antworten nämlich sowohl von den getesteten Kartentypen wie auch von den Nutzergruppen ab. Die PilotInnen und die GeographInnen verbesserten sich jeweils mit den neuen VFR Karten, erzielten aber dennoch unterschiedliche Resultate ($p=0.000 < p=0.05$). Alle statistischen Resultate sind in Anhang 17.10 zu finden.

- Gesamtergebnisse betreffend die VFR Area Karten von Lugano und Zürich

Alle Area Karten, die durch die Aufgaben 1, 4, 6 und 7 getestet worden sind, werden hier zusammengefasst. Ziel ist zu analysieren, wie die neuen VFR Area Karten verglichen mit den originalen Area Karten bei den Nutzergruppen ankamen. Für die Untersuchung fand hier nochmals eine ANOVA Analyse mit wiederholten Messungen statt.

Das Resultat der deskriptiven Statistik zeigt, dass sowohl die PilotInnen als auch die GeographInnen sich mit den neuen Karten verbessert hatten. Die PilotInnen erreichten mit den originalen Karten 84.2 % richtige Antworten und die GeographInnen 71.3 %. Der Standardfehler war hier bei den GeographInnen höher als bei den PilotInnen. Mit den neu entwickelten Karten verbesserten sich beiden Gruppen, wobei die PilotInnen 96.3 % richtige Antworten erreichten und die GeographInnen 77.9 % (Abb.25). Der Standardfehler war bei beiden Gruppen relativ tief.

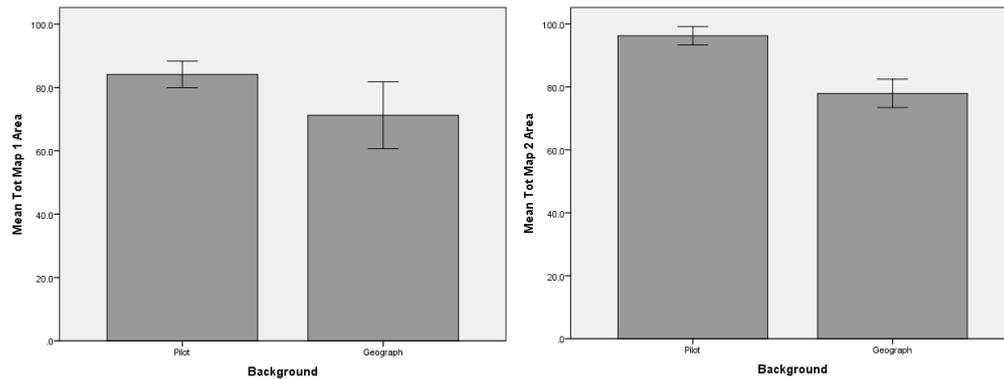


Abb.25: In der linken Abbildung sind die Gesamtergebnisse mit den originalen Area Karten zu sehen. In der Rechten das Gesamtergebnis mit den neu entwickelten Area Karten. Auf der y-Achse sind die Karten bezeichnet und der Prozentsatz (%) an richtigen Antworten. Auf der x-Achse ist der Hintergrund der ProbandInnen dargestellt.

Die statistische Analyse mittels ANOVA ergab statistisch signifikante Ergebnisse. Der Unterschied in der Anzahl richtiger Antworten zwischen dem originalen und dem neuen Kartentyp erwies sich als signifikant. Die PilotInnen verbesserten sich ebenso signifikant mit den neuen entwickelten VFR Area Karten ($p=0.002 < p=0.05$). Dazu ergab sich auch ein statistischer Unterschied betreffend die Anzahl richtiger Antworten je nach ProbandInnengruppe. Die PilotInnen antworteten signifikant besser als die GeographInnen und die Nullhypothese wurde folglich mit einem Wert von $p=0.000$ ($< p=0.05$) verworfen (Anhang 17.11).

4.2 Qualitative Analyse

In diesem Kapitel gelangen die qualitativen Resultate zur Analyse. Die Aufgaben 2 und 5 des VFR Karten-Tests und die Resultate des Nachversuchs-Fragebogens werden besprochen.

4.2.1 Qualitative Resultate der Aufgaben 2 und 5 des VFR Karten - Tests

Die Aufgaben 2 und 5 wurden durch eine Excel Analyse ausgewertet. Diese Aufgaben mussten die ProbandInnen mit Stichwörtern beantworten, die für die Analyse zusammengefasst wurden. Die Stichworte waren zum Teil sehr unterschiedlich und wurden deshalb in acht Kategorien aufgeteilt:

- Kategorie 1: Himmelsrichtung, Beispiel: "Nördlich,,
- Kategorie 2: Physikalische Merkmale, Beispiel: "Berg,,
- Kategorie 3: Ortsnamen, Beispiel: "Zürich,,
- Kategorie 4: Himmelsrichtung und physikalische Merkmale, Beispiel: "Nördlich vom Fluss,,
- Kategorie 5: Himmelsrichtung und Ortsnamen, Beispiel: "Nördlich von Lugano,,
- Kategorie 6: Physikalische Merkmale und Ortsnamen, Beispiel: "Berg Monte Lema,,
- Kategorie 7: Andere Merkmale, Beispiel: "Autobahn,, oder "Bahnhof,,
- Kategorie 8: Himmelsrichtung und andere Merkmale, Beispiel: "Südlich vom Spital,,

Die Auswertung der Aufgaben 2 und 5 wurde mit der Funktion MODALWERT in Excel berechnet. Diese gibt den Wert an, welcher am häufigsten in einer Reihe von Werten vorkommt. Folgend sind die Resultate nach Aufgabe geordnet:

- Aufgabe 2: Wenn Sie sich beim Punkt C befinden, wie melden Sie Ihren Standort dem zuständigen Flugplatz?
Ziel: Testen, wie wichtig die Bergnamen und die Ortsnamen für die Geolokalisation sind und ob sie bei dieser vermisst werden.

Für diese Aufgabe wurden keine VAC Karten benutzt, da diese für eine Standortangabe an den Flugplatz während eines Fluges nicht geeignet sind.

Bei der Beantwortung der Aufgabe 2 mittels der originalen Area Karte haben die meisten ProbandInnen die Ortsnamen und eine Proband Ortsnamen und Himmelsrichtungen als Anhaltspunkte verwendet. Bei der

Beantwortung mittels der neu entwickelten Karten erfolgte siebenmal ein Rückgriff auf die Ortsnamen und Himmelsrichtungen. Es ist hervorzuheben, dass die Ortsnamen in den neu entwickelten Karten aber gar nicht mehr vorhanden waren.

Die Unterschiede zwischen den Antworten der PilotInnen und der GeographInnen wurden ebenfalls analysiert. Dabei zeigte sich, dass die PilotInnen am häufigsten mit Himmelsrichtungen antworteten, während sich die GeographInnen vermehrt auf Ortsnamen bezogen.

- Aufgabe 5: Welche geographischen Anhaltspunkte werden Sie im blauen und im grünen Punkt brauchen, wenn Sie von G nach F fliegen (Richtung Flughafen)?
Ziel: Prüfen, ob die fehlenden Strassen und Bahnhöfe von den ProbandInnen bei der Geolokalisation vermisst werden.

Für diese Aufgabe wurde die Area Karten nicht benutzt, da sie für eine Standortangabe in der Nähe des Flughafens ungeeignet ist.

Bei Beantwortung der Aufgabe 5 mittels der originalen VAC Karte haben die meisten ProbandInnen die Ortsnamen als Anhaltspunkte verwendet. Bei den neu entwickelten Karten benutzten sie hingegen sechsmal andere Merkmale, am häufigsten Spitäler, Autobahnen, Hindernisse sowie Hochspannungsleitungen.

Die Unterschiede zwischen den Antworten der PilotInnen und der GeographInnen gelangten ebenfalls zur Untersuchung. Es ergab sich, dass die PilotInnen und die GeographInnen mit der gleichen Frequenz dieselben Merkmale angaben.

4.2.2 Bewertung des VFR Karten-Tests und der Perzeption der neu entwickelten VFR Karten

In dem Nachversuchs-Fragebogen wurden den ProbandInnen Fragen zu dem VFR Karten-Test, den zwei unterschiedlichen Karten sowie der idealen Karte gestellt.

Probleme während des VFR Karten-Tests

In der ersten Frage wurden die ProbandInnen gefragt, welche Schwierigkeiten sie während des Tests empfunden haben. Es waren offen formulierte Fragen, weshalb die Resultate auf Stichwörter vereinfacht wurden (Abb.26).

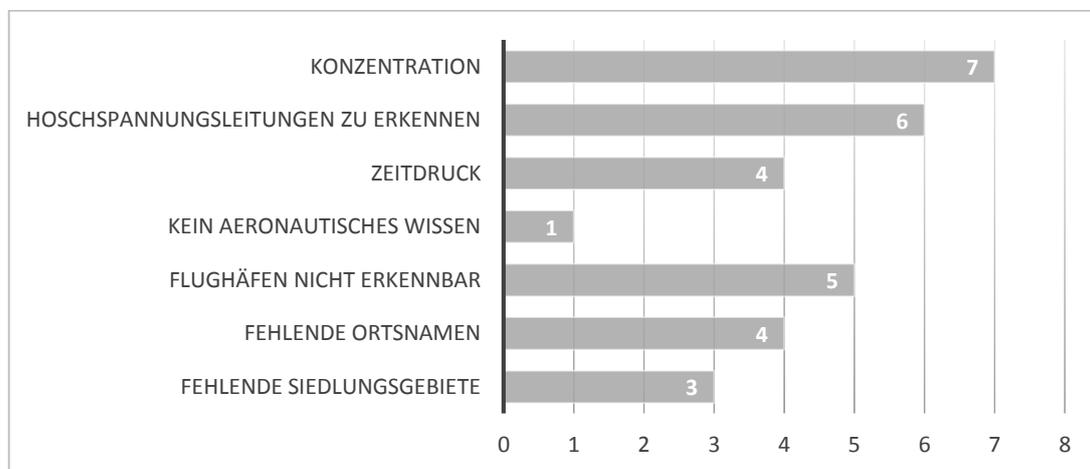


Abb.26: In dieser Abbildung sind die Resultate des Nachversuchs-Fragebogens präsentiert. Die ProbandInnen haben am häufigsten die mangelnde Konzentration als grösste Schwierigkeit des Tests angegeben. Danach wurde die Schwierigkeit Hochspannungsleitungen und Flughäfen zu erkennen genannt. Das fehlende aeronautischen Wissen wurde nur von einer GeographInnen als Problem angegeben.

Schwierigkeiten wegen fehlenden Siedlungsgebieten und Ortsnamen wurden nur von PilotInnen vermerkt (7 ProbandInnen). Probleme bezüglich der Erkennung des Flughafens bestanden lediglich seitens der GeographInnen. Zeitdruck- und Konzentrationsprobleme hatten sowohl die GeographInnen wie auch die PilotInnen (6 GeographInnen/5 PilotInnen). Einzig PilotInnen signalisierten Schwierigkeiten bei der Erkennung von Hochspannungsleitungen (6 ProbandInnen). Das fehlende aeronautische Wissen wurde nur von einem Geograph als Schwierigkeit angegeben, obwohl 15 ProbandInnen keine PilotInnen waren (Abbildung 7).

Original VFR Karten vs. neu entwickelte VFR Karten

Die zweite Frage des Nachversuchs-Fragebogens konzentrierte sich auf die zwei Kartentypen (original und neu entwickelte VFR Karten). Die Fragen wurden, sofern möglich, für die VAC und die Area Karten gleich formuliert.

Die erste Frage wurde sowohl für die VAC als auch für die Area Karte gestellt und bat die ProbandInnen anzugeben, welchen Kartentyp (die originale oder neu entwickelte Karte) sie am besten verstanden. In der Abbildung 27 sind die Resultate dargestellt.

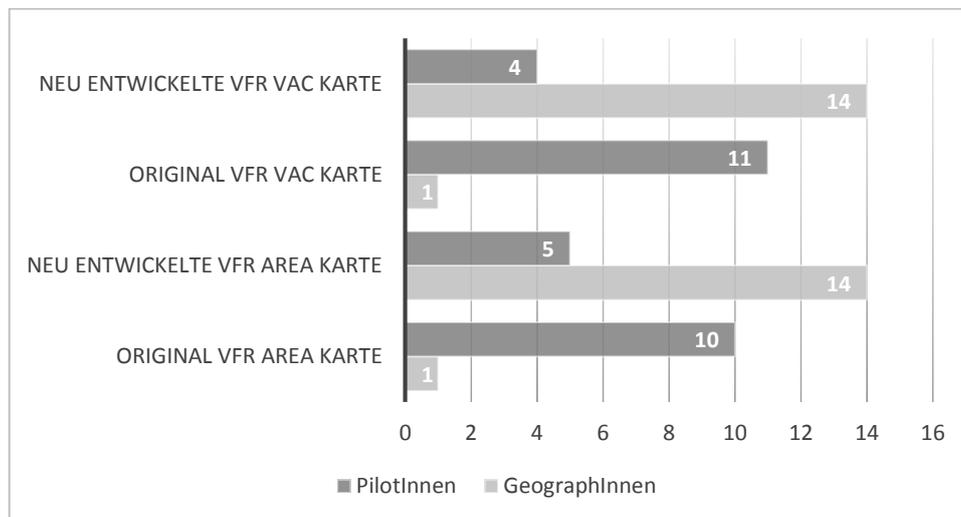


Abb.27: Die Resultate des Nachversuchs-Fragebogens. Die ProbandInnen wurden gefragt, welche der beiden Karten ihnen am besten gefiel. Die GeographInnen fanden generell die neu entwickelten VFR Karten besser. Die PilotInnen fanden allgemein die originalen Karten besser.

Die Abbildung 27 stellt in klarer Weise die unterschiedliche Meinung der GeographInnen und der PilotInnen bezüglich den zwei Kartentypen und Kartenarten dar. 10 PilotInnen fanden die originalen Area Karten besser als die neu entwickelten. Bei den GeographInnen hingegen kam die neu entwickelte Area Karte besser an: 14 von 15 GeographInnen hielten sie für besser. Die neu entwickelte VAC Karte wurde hingegen von 11 PilotInnen als schlechter erachtet; lediglich 4 PilotInnen fanden sie besser.

Danach wurden die ProbandInnen gebeten, eine Erklärung für die getroffene Entscheidung zu formulieren. Eine Zusammenfassung der Stichwörter ist in der folgenden Tabelle dargestellt.

	GeographInnen	PilotInnen
Neu entwickelte Area Karte	<p>Vorteile:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Sensitive Areas und Siedlungsgebiete besser erkennbar • Farbe sind leichter erkennbar • Ruhigere Darstellung • Farbdifferenz hilft die Karte besser zu verstehen <p>Nachteile:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Gelb zu dominant 	<p>Vorteile:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Klarer • Schneller lesbar • Flugrelevante Informationen sind klarer zu sehen <p>Nachteile:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Nicht gewöhnt
Original Area Karte	<p>Vorteile:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Lesbarer <p>Nachteile:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Zu vielen Informationen • Nicht übersichtlich 	<p>Vorteile:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Realistischere Darstellung • Gewohnheit • Die Karte ist deutlich und einfacher zu lesen <p>Nachteile:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Zu viele Informationen • Nicht übersichtlich
Neu entwickelte VAC Karte	<p>Vorteile:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Sensitive Areas und Siedlungsgebiete besser erkennbar • Farben sind leichter erkennbar • Die Karte ist übersichtlicher • Die Kontraste sind besser zu sehen <p>Nachteile:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Fehlende Ortsnamen 	<p>Vorteile:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Siedlungsgebiete sind besser erkennbar • Die Farben sind besser <p>Nachteile:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Die Hindernisse und die Reliefs sind nicht zu erkennen
Original VAC Karte	<p>Vorteile:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Lesbarer <p>Nachteile:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Zu viele Informationen • Nicht übersichtlich 	<p>Vorteile:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Realistischere Darstellung • Gewohnheit • Die Karte ist deutlich und einfacher zu lesen <p>Nachteile:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Zu viele Informationen

Tab.5: In dieser Tabelle sind die Bewertungen der ProbandInnen zusammengefasst ersichtlich. Gefragt wurde nach ihrer Bewertung der neu entwickelten Karten im Verhältnis zu den originalen Karten. Die Antworten der 30 ProbandInnen wurden in dieser Tabelle stichwortartig zusammengefasst.

Bei der Bewertung kamen die neu entwickelten Area Karten bei den ProbandInnen generell gut an. Die ProbandInnen fanden sie übersichtlicher und klarer. Die Farben fanden bei den ProbandInnen grossen Anklang, da sie die Karte leichter lesbar machten. Die GeographInnen empfanden die gelbe Farbe als zu dominant, während die PilotInnen diese Farbe nicht als ungewöhnlich betrachteten.

Die originalen Area Karten waren für einige GeographInnen lesbarer, allerdings mit zu vielen Informationen ausgestattet und aus diesem Grund nicht übersichtlich. Die PilotInnen empfanden zwar dasselbe betreffend der Zahl enthaltener Informationen und der Übersichtlichkeit, aber insgesamt hielten sie die originalen VFR Area Karten für realistischer und einfacher.

Die neu entwickelte VAC Karten kamen bei den GeographInnen ebenfalls gut an. Sie schreiben ihnen dieselben Vorteile wie den VFR Area Karten zu, nämlich dass die Sensitive Areas und die Siedlungsgebiete besser erkennbar seien. Dieselben Vorteile bemerkten auch die PilotInnen. Die GeographInnen vermissten bei den neuen VAC Karten die Ortsnamen, während für die PilotInnen die Hindernisse und das Relief nicht genügend erkennbar waren. Beide Nutzergruppen stuften die originale VAC Karte als besser lesbar und realistischer ein als die neu entwickelten Karten. Der Informationsüberschuss wurde auch bei den originalen VAC Karten wieder als Problem angeführt.

Neue Farben

Auf die Fragen bezüglich der zwei Karten folgte eine Reihe von Fragen, die sich auf die neuen Farben der Karten konzentrierten. Ziel war es, eine genaue Meinung der ProbandInnen bezüglich der Farben zu beziehen. Drei Fragen wurden über die VAC Karte gestellt und zwei über die Area Karte (in dieser Karte waren die Sensitive Areas ja nicht abgebildet).

In den Abbildungen 28, 29, 30, 31 und 32 sind die Auffassungen der ProbandInnen betreffend der Farben in den neuen Karten dargestellt. Die hellgrau gefärbten Balken spiegeln die Meinungen der PilotInnen und die dunkelgrauen jene der GeographInnen wieder.

- Fragen betreffend VAC Karten:

Frage 1: Wie gefallen Ihnen die neuen Farben in den neu entwickelten VAC Karten?

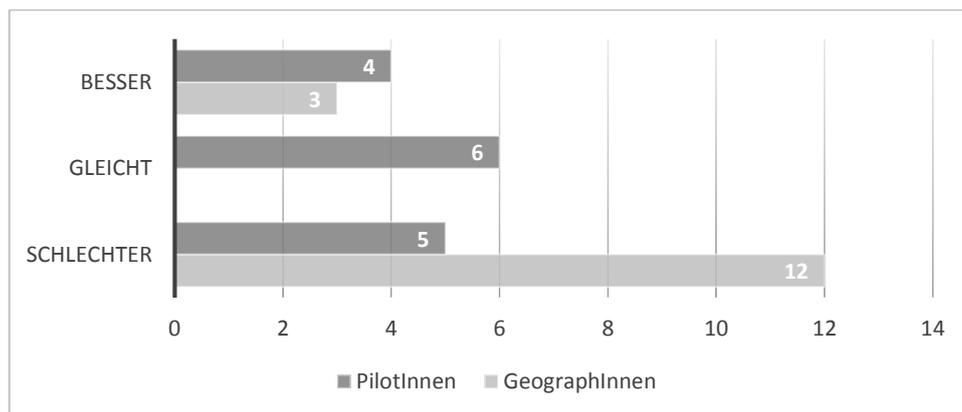


Abb.28: Die Antworten der 30 ProbandInnen bezüglich den neuen Farben in den VAC Karten.

Die PilotInnen beurteilten die neuen Farben der VAC Karten als gleich gut, die GeographInnen, hingegen, als schlechter. Diese Frage zeigte einen grossen Unterschied zwischen den Antworten der PilotInnen sowie der GeographInnen (Abb.28).

Frage 2: Wie gefallen Ihnen die gelb gefärbten Siedlungsgebiete in den neu entwickelten VAC Karten?

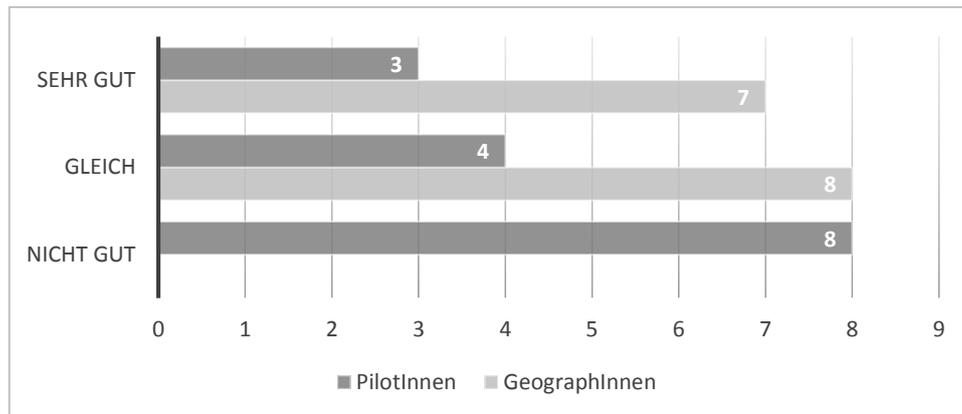


Abb.29: In dieser Abbildung sind die Resultate der Frage bezüglich der neu gefärbten Siedlungsgebiete dargestellt.

Jeweils die Hälfte der PilotInnen und der GeographInnen fanden die neue gelbe Farbe der Siedlungsgebiete gut. Die andere Hälfte der PilotInnen beurteilte sie als schlechter, während die andere Hälfte der GeographInnen keinen Unterschied feststellte (Abb.29).

Frage 3: Wie empfinden Sie die Sensitive Areas in den neu entwickelten VAC Karten?

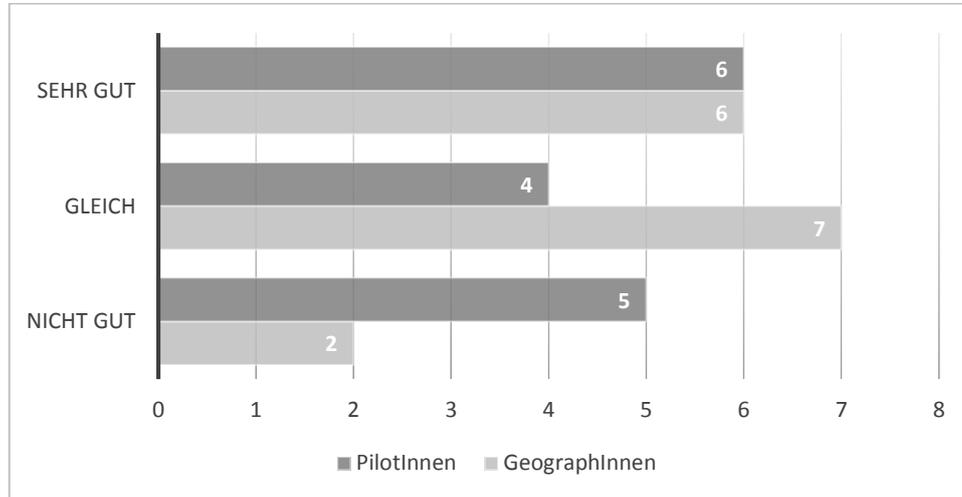


Abb.30: In dieser Abbildung sind die Resultate der Frage 3 bezüglich den Sensitive Areas dargestellt.

Die neuen Sensitive Areas wurden von den ProbandInnen gut aufgenommen. 12 ProbandInnen empfanden sie als sehr gut, 12 als gleich und 7 als schlechter. Es bestand kein grosser Unterschied zwischen den Antworten der PilotInnen und der GeographInnen (Abb.30).

- Fragen betreffend Area Karten:

Frage 4: Wie gefallen Ihnen die neuen Farben in den neu entwickelten Area Karten?

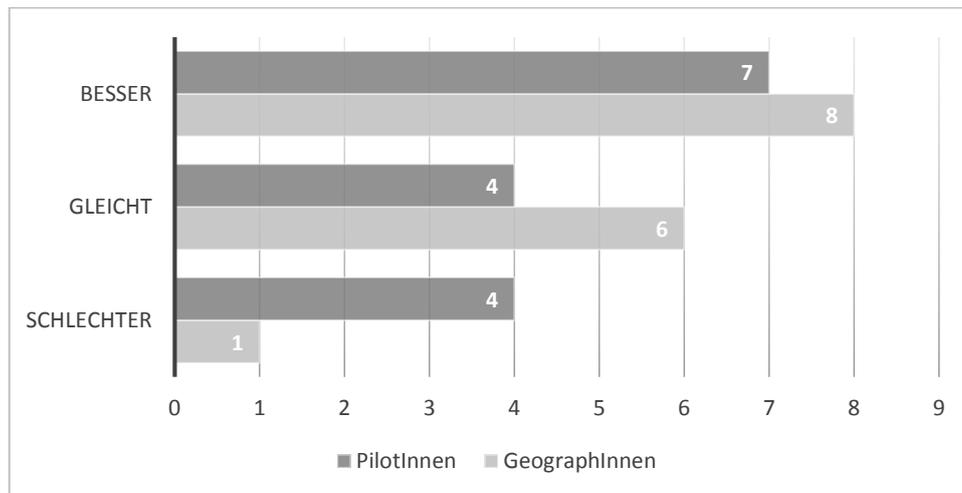


Abb.31: In dieser Abbildung sind die Resultate der Frage 4 enthalten. Gefragt wurde, wie die ProbandInnen die neuen Farben der neu entwickelten Karten fanden.

Die neuen Farben der VAC Karten kamen bei den PilotInnen und bei den GeographInnen in Allgemein gut an. 15 davon fanden sie besser, 10 gleich und 5 schlechter. Die Meinung, dass die neuen Karten schlechter seien, wurde von 1 Geograph und 4 PilotInnen geteilt (Abb.31).

Frage 5: Wie gefallen Ihnen die gelb gefärbten Siedlungsgebiete in den neu entwickelten Area Karten?

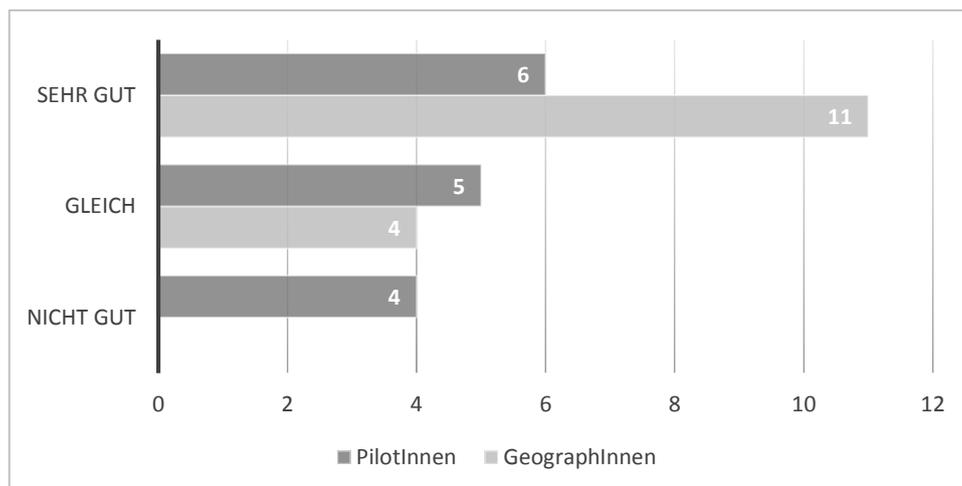


Abb.32: In dieser Abbildung sind die Resultate der Frage bezüglich den gelbgefärbten Siedlungsgebieten in der VAC Karte dargestellt.

Die Mehrheit der GeographInnen fand die neu gelb gefärbten Siedlungsgebiete gut. 9 ProbandInnen beurteilten sie als gleich gut wie in den originalen Karten und 4 PilotInnen als nicht gut (Abb.32).

Die ideale Flugkarte

Vor Abschluss des Tests wurde die Meinung der ProbandInnen über eine ideale Karte eingeholt. Sie wurden gefragt, wie sie eine Karte gestalten würden, wenn sie selbst die einzufügenden thematischen Variablen auswählen könnten. Diese Aufgabe wurde absichtlich am Ende des Tests gestellt, damit die Antwort, im Speziell jene der PilotInnen, nicht durch Übung und Gewohnheit beeinflusst wird. Folgende zwei Fragen wurden gestellt:

- "Wenn Sie in der Flugvorbereitungsphase bei einem Flug nach LSZH Ihre ideale Karte benutzen könnten, welche Informationen würde diese enthalten?,"
- "Wenn Sie in der Flugphase bei einen Flug nach LSZA Ihre ideale Karte benutzen könnten, welche Informationen würde diese enthalten? „

Die erste Frage betraf mehr die Area Karten und die zweite eher die VAC Karten. Die ProbandInnen konnten in beliebiger Reihenfolge Variablen ankreuzen. Die vorgeschlagenen Variablen entsprachen jenen auf dem PilotInnenfragebogen (siehe Kap. 3.2.3 "PilotInnen-Befragung,,").

In der Abbildung 33 sind die Resultate der ersten Fragen bezüglich der Flugvorbereitungsphase bei einem Anflug nach LSZH abgebildet.

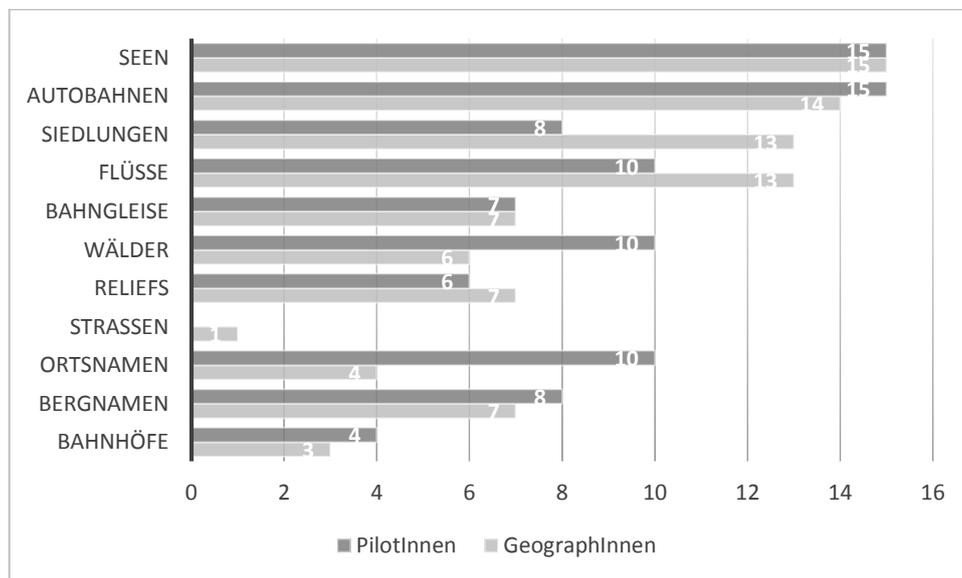


Abb.33: In dieser Abbildung sind die Resultate bezüglich einer idealen Karte in der Flugvorbereitungsphase dargestellt.

Wie im ersten Fragebogen mit den PilotInnen (Kap.3.2.3) wurden die Seen, Autobahnen und Siedlungen als essenziellste Kartenelemente angegeben. Strassen verloren hingegen gegenüber der PilotInnen-Befragung an Bedeutung und wurden jetzt als unwichtigstes Element klassiert (Abb.33).

In einer zweiten Abbildung sind die Resultate der zweiten Frage bezüglich der Flugphase bei einem Flug nach LSZA ersichtlich.

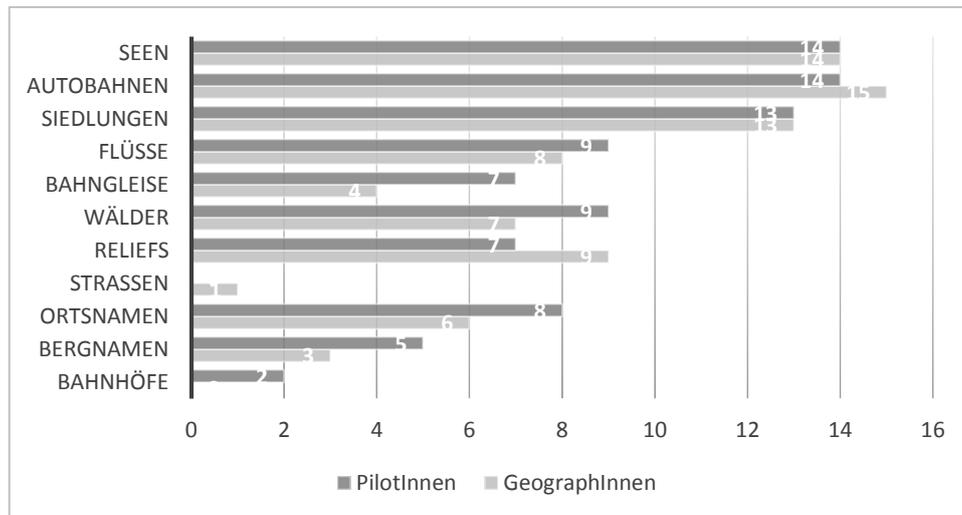


Abb.34: In dieser Abbildung sind die Resultate bezüglich einer idealen Karte während der Flugphase dargestellt.

Wie beim ersten Fragebogen mit den PilotInnen (Kap.3.2.3) wurden die Seen, Autobahnen und Siedlungen als wichtigste Kartenelemente angeführt. Strassen und Bahnhöfe verloren an Bedeutung, da sie in den neuen Karten unwichtig sind. (Abb.34).

4.3 Testbemerkungen

Während des Tests wurden interessante Bemerkungen aufgeschrieben, welche im Weiteren kurz dargestellt werden.

Vor dem VFR Karten-Test

Die GeographInnen fühlten sich vor dem Test gestresst und die verschiedenen Aufgaben mussten nochmals ausführlich erklärt werden. Der Stress erhöhte sich durch den Hidden Pattern Test. Die PilotInnen fühlten sich hingegen sehr ruhig und entspannt. Der Hidden Patterns Test erhöhte den Stress bei ihnen nicht unbedingt.

Während des VFR Karten-Tests

Die GeographInnen begannen den Test sehr langsam. Nach der Hälfte der Zeit waren sie noch nicht bei der Hälfte des Tests angelangt. Interessant war, dass sie nach der Hälfte der Zeit deutlich schneller wurden. Bei den PilotInnen verhielt sich dies genau umgekehrt: Diese fingen sehr schnell an, wurden aber mit der Zeit zunehmend langsamer.

Die Fragen 2 und 5, bei welchen die ProbandInnen mit Stichwörtern die geographischen Anhaltspunkte angeben sollten, waren für die GeographInnen sehr einfach. Sie lösten die Aufgaben problemlos, ohne Fragen zu stellen. Die PilotInnen hingegen stellten bei diesen zwei Aufgaben vielen Fragen. Für diese Gruppe war unklar, welche Stichworte sie anzugeben hatten.

Die Frage 4, bei der die ProbandInnen die Flugplätze anführen mussten, stellte die GeographInnen vor grosse Schwierigkeiten. 50 % der GeographInnen fragten, ob die Flugplätze überhaupt in den Karten eingezeichnet seien.

Nach dem VFR Karten-Test

Beide Nutzergruppen waren nach dem VFR Karten-Test sehr erschöpft. Der Test ermüdete sowohl die PilotInnen als auch die GeographInnen. Das Ziel, einen Stressfaktor mittels Ablenkungen in den Test zu integrieren, wurde somit erreicht.

5. Diskussion

Im vorliegenden Kapitel erfolgt eine Analyse der Resultate, die nach den visuellen Variablen der neu entwickelten VFR Karten aufgeteilt sind.¹³ Nach der Präsentation der Resultate bezüglich der neuen visuellen Variablen werden die Forschungsfragen diskutiert. Bevor mit der Untersuchung der Resultate begonnen wird, ist noch kurz zu erklären, was zur Erlangung der Resultate geführt hat.

Die Ergebnisse wurden in drei Teile aufgeteilt. Zu Beginn fanden die quantitativen Analysen statt. Es wurden zwei unabhängige T-Tests durchgeführt, um die Zusammenhänge zwischen den ProbandInnen und der von ihnen benötigten Zeit für den VFR Karten- Test sowie dem Hidden Patterns Test festzustellen. Danach wurden jene Aufgaben des VFR Karten- Tests statistisch analysiert, bei denen dies möglich war. Tatsächlich wurden die Aufgaben 1, 3, 4, 6 und 7 in SPSS analysiert, da die Antwort auf diese Aufgaben binär war.¹⁴ Die Analyse wurde mit SPSS vorgenommen und eine ANOVA Analyse mit wiederholten Messungen als Testverfahren gewählt. Es wurden stets drei Faktoren untersucht: die unterschiedlichen Resultate abhängig vom Kartentypen, die unterschiedlichen Resultate abhängig von der Nutzergruppe sowie die Interaktion zwischen Kartentyp und Nutzergruppe. Im zweiten Teil wurden die qualitativen Analysen vorgestellt. Die Aufgabe 2 und 5 konnten aufgrund des Antworttyps der ProbandInnen lediglich qualitativ erfasst werden (Stichwort). Die Untersuchung der Resultate erfolgte in Excel. Anschliessend wurden die Resultate des Nachversuch- Fragebogens dargestellt: Die Meinungen der ProbandInnen wurden auch hier durch Excel Tabellen erfasst. Zum Schluss wurden die während des Tests aufgezeichneten Bemerkungen dargelegt.

Alle quantitativen und qualitativen Analysen fanden statt, um die Perzeptionen der VFR Karten zu verstehen, d.h. um zu überprüfen wie die VFR Karten von den ProbandInnen erfasst wurden. Dies wurde durch eine Analyse der Effizienz (wie schnell der Test gelöst wurde) und der Effektivität (wie vielen richtige Antworten die ProbandInnen erhielten) fertiggestellt.

¹³ Die Variablen, die verändert worden sind, sind in Kapitel 3.2.4. beschrieben.

¹⁴ Unter binär wir hier verstanden: 0=falsch, 1= richtig.

5.1 Die veränderten thematischen Variablen

In der Folge werden die neu entwickelten thematischen Variablen mit den Testresultaten verglichen.

- Flight Level (FL)

Aufgabe 1: Untersucht wurde, wie die neu positionierten Flight Level bei den ProbandInnen ankamen.

Diese Aufgabe wurde statistisch in SPSS nur bezüglich der Area Karten getestet. Die neu positionierten Flight Level, die sich in den neu entwickelten Karten am Rand befanden, kamen bei den ProbandInnen nicht gut an. Beide Nutzergruppen verschlechterten ihre Ergebnisse bei der Erkennung der Flight Level mit den neuen Karten. Aus den Resultaten lässt sich schliessen, dass die zentrierten Flight Level in der Control Zone besser die Aufmerksamkeit auf sich ziehen als die randplatzierten. Die Variable Flight Level in den originalen VFR Karte wurden von den ProbandInnen deutlicher und besser erkannt. Ausserdem ergab sich ein statistisch signifikanter Unterschied zwischen den Antworten der verschiedenen Nutzergruppen: Die PilotInnen konnten die Aufgaben signifikant besser lösen als die GeographInnen. Diese Signifikanz könnte auf das Hintergrundwissen der PilotInnen zurückgeführt werden, während die GeographInnen den Umgang mit Flugkarten klar weniger gewohnt sind.

- Bergnamen und Ortsnamen

Aufgabe 2: In dieser Aufgabe wurde untersucht, ob die fehlenden Berg- und Ortsnamen einen Einfluss auf die Geolokalisierung ausüben.

Diese Aufgabe wurde qualitativ analysiert, da sie von den ProbandInnen mit Stichworten beantwortet wurde, zudem wurde sie lediglich bei den VFR Area Karten gestellt. Erfolgte die Frage nach der Lokalisierung im Raum bei den originalen VFR Area Karten, haben beide Nutzergruppen durchgehend mit Ortsnamen geantwortet (z.B. Lugano). Bei den neu entwickelten Area Karten haben die ProbandInnen am häufigsten Himmelsrichtungen und Ortsnamen angegeben, obwohl die neuen Karten gar keine Ortsnamen enthielten. Dies war nur möglich, weil die ProbandInnen die Region kannten. Dies könnte darauf hindeuten, dass für einige ProbandInnen die Ortsnamen bei der Geolokalisierung essenziell sind. PilotInnen haben aber am häufigsten mit Himmelsrichtungen geantwortet (z.B. südlich). 90 % der GeographInnen gaben wiederum ausschliesslich Ortsnamen an. Dieser Unterschied steht ebenfalls mit dem

Hintergrundwissen der ProbandInnen in Zusammenhang. Für GeographInnen ist es üblich, Orts- und Bergnamen auswendig zu kennen, was ihnen diese Aufgabe erleichterte.

- Sensitive Areas

Aufgabe 3: Untersucht wurde, wie die neu gelbgefärbten Sensitive Areas bei den ProbandInnen ankamen.

Die Sensitive Areas wurden nur bezüglich VAC Karten getestet und mit der Aufgabe 3 statistisch analysiert, als auch im Nachversuchs-Fragebogens thematisiert. Die neu gefärbten Sensitive Areas kamen bei den ProbandInnen sehr gut an. Die PilotInnen verbesserten sich bei den neu entwickelten Karten und schlossen die Aufgaben mit weniger Fehlern (30 % mehr richtige Antworten) ab. Die GeographInnen waren bei beiden Karten sehr gut und erreichten eine höhere Anzahl richtiger Antworten als die PilotInnen. Dieser Unterschied wurde statistisch bestätigt: Das Resultat der beiden Gruppen war bei Aufgabe 3 sehr verschieden. Die GeographInnen waren in dieser Aufgabe insgesamt besser als die PilotInnen. Bei der statistischen Analyse hat sich ebenfalls gezeigt, dass die ProbandInnen die Aufgaben mit den neuen Karten insgesamt besser gelöst haben. Ein signifikanter Unterschied in der Anzahl richtiger Antworten je nach Kartentyp hat sich bei den PilotInnen bestätigt. Die Erkennung der Sensitive Areas erleichterte sich für die PilotInnen mit dem neuen gelb gestreiften Muster. Die dritte statistische Untersuchung zeigte eine Interaktion zwischen dem Kartentyp sowie dem Hintergrund der ProbandInnen. Die PilotInnen haben aufgrund des Kartentyps andere Antworten als die GeographInnen gegeben. Bei den GeographInnen veränderten sich die Resultate mit den neuen Karten nicht, die PilotInnen erreichten jedoch eine höhere Anzahl richtiger Antworten. Grund für die Verbesserung könnte das neue Muster sein. Das gelb gestreifte Muster wird vom Menschen mit Gefahr assoziiert und könnte somit mehr Aufmerksamkeit auf sich ziehen¹⁵ (Wäger, 2010). GeographInnen sind an dieses Muster gewöhnt, da es in der Kartographie sehr oft gebraucht wird und waren sehr wahrscheinlich aus diesem Grund insgesamt besser als die PilotInnen.

Interessant ist es, persönlichen Meinungen der ProbandInnen bezüglich der neu gefärbten Sensitive Areas mit dem Resultat der Statistik zu vergleichen. Im Nachversuchs-Fragebogen wurde jeder Proband gefragt, wie er das neue Muster der Sensitive Areas finde. Die persönlichen Meinungen der beiden Gruppen überschritten sich genau mit den Testresultaten. Die PilotInnen, die in den neu entwickelten Karten besser

¹⁵ Diese Farbenassoziation wurde in Kapitel 2.5.3 diskutiert.

waren, fanden die neuen Sensitive Areas eigentlich besser. Die GeographInnen, die im Umgang mit beiden Karten gut waren, fanden die neuen Sensitive Areas eher gleich gut wie die originalen.

- Flugplätze

Aufgabe 4: Analysiert wurde, ob die Flugplätze der VFR VAC und Area Karten, wegen den helleren und den ausgeblendeten Variablen, besser erkennbar sind.

In der vierten Aufgabe wurden VFR VAC und Area Karten auf den Einfluss getestet, der unterschiedlichen Informationen im mittleren- und im Hintergrund zukommt. In allen Karten wurden das Relief, die Wälder, die Flüsse sowie die Bahngleise mit einer höheren Helligkeit ausgestattet. Strassen, Bahnhöfe, Ortsnamen und Bergnamen wurden komplett ausgeblendet. Ziel war es, zu untersuchen, ob die Flughäfen mit weniger Informationen in den neu entwickelten Karten besser erkennbar sind. Die Diskussion der Resultate der Aufgabe 4 erfolgt in zwei Teilen, da diese Aufgabe sowohl bei VAC als auch bei Area Karten statistisch getestet wurde.

- VFR VAC Karten

Die ProbandInnen reagierten insgesamt gut auf die neuen Karten mit weniger Variablen. Beide Nutzergruppen verbesserten sich mit den neu entwickelten Karten. Die Verbesserung erwies sich jedoch als minimal: Es wurden ca. 10 % mehr richtige Antworten bei beiden Gruppen gemessen. Sehr unterschiedlich waren die Resultate der jeweiligen Gruppen. Während die PilotInnen die Flughäfen in beiden Kartentypen problemlos finden konnten, hatten die GeographInnen grosse Schwierigkeit mit der Aufgabe und erreichten in beiden Karten nicht mehr als 45 % der richtigen Antworten. Der Unterschied zwischen den beiden ProbandInnengruppen war statistisch signifikant; die PilotInnen konnten die Aufgabe 4 signifikant besser lösen. Der Unterschied zwischen den beiden Gruppen ist mit grosser Wahrscheinlichkeit auf das Wissen der ProbandInnen zurückzuführen. Die PilotInnen kennen die Flughäfen gut und diese sind auch einer der essenziellsten Bestandteile der VFR VAC Karten. Die GeographInnen kennen die Karten nicht und konnten deshalb die Flughäfen häufig nicht erkennen, was auch im Nachversuchs-Fragebogen signalisiert wurde.

- VFR Area Karten

Bei den VFR Area Karten zeigten beide ProbandInnengruppen bessere Resultate. Die PilotInnen lösten die Aufgabe wieder problemlos und die GeographInnen erreichten mehr als 80 % richtige Antworten. Insgesamt fanden die ProbandInnen die Aufgabe der VFR Area Karten leichter. Statistisch konnte ein signifikanter Unterschied zwischen den Antworten der jeweiligen ProbandInnengruppen eruiert

werden. PilotInnen waren in dieser Aufgabe besser als die GeographInnen. Ebenfalls wurde im Rahmen der statistischen Analyse ersichtlich, dass die Antworten der GeographInnen aufgrund des neuen Kartentyps besser ausfielen. Es bestand eine signifikante Interaktion zwischen den GeographInnen sowie der neu entwickelten Karte. Grund dafür könnte der bessere Überblick der Karte sein. In den Kommentaren des Nachversuchs-Fragebogens hielten viele GeographInnen fest, dass die neu entwickelten Karten übersichtlicher seien. Auch fand Erwähnung, dass die Farbdifferenz der Karte das Verständnis erhöhe.

Aufgabe 4 ergab unterschiedliche Resultate für die VFR VAC und Area Karte. Die PilotInnen haben die Aufgabe mit beiden Karten signifikant besser gelöst als die GeographInnen. Trotzdem waren die Resultate den Erwartungen entgegengesetzt. Die VAC Karten stellen einen grösseren Abschnitt des Feldes dar, was vermuten liess, die Flughäfen seien besser erkennbar. Doch es zeigte sich das Gegenteil: Die Flughäfen wurden auf der Area Karte, die einen grösseren Massstab hat, besser erkannt. Grund dafür könnte die höhere Anzahl an Informationen in den VAC Karten sein. Dies könnte dann auch zum mangelnden Überblick der GeographInnen geführt haben.

- Bergnamen, Ortsnamen, Strassen und Bahnhöfe

Aufgabe 5: In dieser Aufgabe wurde untersucht, ob die fehlenden Berg- und Ortsnamen, Strassen und Bahnhöfe einen Einfluss auf die Geolokalisierung nehmen.

Die fünfte Aufgabe wurde qualitativ ausgewertet, da sie durch die ProbandInnen mittels Stichwörtern gelöst werden musste. Diese Aufgabe wurde lediglich für die VFR VAC Karten gestellt. Auch hier antworteten beide Nutzergruppen mit Ortsnamen bei der Lokalisierung anhand der originalen VFR VAC Karten. Bei den neu entwickelten Karten gaben beide Gruppen meistens andere Merkmale (z.B. Spitäler und Autobahnen) als Anhaltspunkte an. Die Übung wurde von den ProbandInnen problemlos gelöst. Das Resultat könnte mit dem Hintergrund der beiden Gruppen verbunden sein. PilotInnen und GeographInnen sind daran gewöhnt, geographische Anhaltspunkte anzugeben. Trotzdem wurde im Nachversuchs-Fragebogen angegeben, dass die fehlenden Ortsnamen in den neu entwickelten VAC Karten eine Schwierigkeit dargestellt haben.

- Autobahnen

Aufgabe 6: Analysiert wurde, ob die Autobahnen auf den neu entwickelten VFR VAC und Area Karten, aufgrund der helleren und der ausgeblendeten Variablen, besser erkennbar sind und ob die neue rote Farbe die Erkennung erleichtert.

Bei der sechsten Aufgabe mussten zwei Überschneidungspunkte der Autobahnen mit den Siedlungsgebieten angegeben werden. Die Autobahnen wurden in sämtlichen Fragebögen als eine der wichtigsten Variablen für den PilotInnen während eines Fluges klassiert. Die Aufgabe wurde auf beiden, den VFR VAC und den Area Karten, getestet. Die Resultate der VFR VAC und Area Karten werden hier gemeinsam diskutiert, da sie übereinstimmen.

Die PilotInnen hatten die Übung sowohl mit den originalen wie auch mit den neu entwickelten VFR VAC und Area Karten mit 100% richtigen Antworten gelöst. Die GeographInnen erreichten immer ca. 80% richtige Antworten, wurden aber in den neu entwickelten Karten besser. Die unterschiedlichen Resultate zwischen den PilotInnen und den GeographInnen wurden statistisch nachgeprüft. Es ergab sich ein signifikanter Unterschied in der Anzahl richtiger Antworten zwischen den PilotInnen sowie den GeographInnen bei den VFR VAC und Area Karten. Beide Nutzergruppen lösten die Aufgabe sehr gut, aber die PilotInnen waren besser als die GeographInnen. Der Grund für den Unterschied könnte die Schnelligkeit der PilotInnen sein. PilotInnen sind es gewohnt, rasch Informationen aus einer Flugkarte zu lesen und kennen die Karten sehr gut.

- Siedlungsgebiete

Aufgabe 7: Untersucht wurde, ob die neuen gelbgefärbten Siedlungsgebiete auf der VFR VAC und Area Karten besser erkennbar sind.

Bei dieser Aufgabe mussten die ProbandInnen die Hochspannungsleitungen in Siedlungsgebieten erkennen. Durch die neu gefärbten Siedlungsgebiete wurde getestet, ob sich das Erkennen von gewissen Variablen, wie in diesem Fall Hochspannungsleitungen, vereinfachte. Die Resultate beider Kartenarten (VAC und Area) werden gemeinsam analysiert, da sie übereinstimmen.

Bei beiden Kartenarten (VAC und Area) verbesserten sich die ProbandInnen mit den neu entwickelten Karten. Die PilotInnen verbesserten sich am meisten und erkannten viel mehr Hochspannungsleitungen in den neuen Karten als in den originalen. Diese Verbesserung betrug ca. 40 % mehr richtige Antworten und

erwies sich auch als statistisch signifikant. Das Resultat könnte mit der neuen gelben Farbe in Verbindung stehen. Gelb ist eine Farbe, welche die Aufmerksamkeit der Menschen auf sich zieht und wird häufig als Warnfarbe benutzt¹⁶ (Wäger, 2010). Den Grund für die bessere Erkennung der Hochspannungsleitungen (Rot) in Siedlungsgebieten (Gelb) könnte auch der Farbunterschied zwischen den beiden Elementen darstellen. Mit den gelb gefärbten Siedlungsgebieten wurden die Grenzen der Siedlung besser markiert und diese waren somit auch besser erkennbar.

Im Nachversuchs-Fragebogen wurden die ProbandInnen gefragt, wie sie die neue Farbe der Siedlungsgebiete empfinden. Bezüglich den VFR VAC Karten fand die Mehrheit der PilotInnen die neue Farbe nicht gut, die GeographInnen empfanden den Unterschied als nicht relevant. Bei den VFR Area Karten hingegen fand die Mehrheit der PilotInnen sowie jene der GeographInnen die neue gelbe Farbe sehr gut. Auch wenn die PilotInnen die neuen gelb gefärbten Siedlungsgebiete nur bei den Area Karten gut fanden, verbesserten sich deren Antworten aufgrund der neuen Farbe auch bei den VAC Karte. Diese unterschiedliche Bewertung durch die PilotInnen selbst könnte mit der Erfahrung der PilotInnen zu tun haben. Sie sind es gewohnt, mit gewissen Karten zu arbeiten, und sind somit auch an die alten Farben gewöhnt. Die GeographInnen empfanden die neue Farbe auch bei den Area Karten als besser, aber bei dieser Gruppe war der Unterschied zwischen den beiden Kartenarten viel geringer. Dies könnte damit zu begründen sein, dass die GeographInnen an die Arbeit mit unterschiedlichen Kartenarten gewöhnt sind.

5.1.1 Die neue Wichtigkeit der thematischen Variablen

Zum Schluss des VFR Karten-Tests wurde im Nachversuchs-Fragebogen nochmals darum gebeten, die Variablen der VFR Karten nach ihrer thematischen Wichtigkeit zu bewerten. Dies wurde schon zu Beginn mit den PilotInnen gemacht¹⁷. Interessanterweise ist zu beobachten, dass trotz der neu entwickelten Karten die Reihenfolge der wichtigsten Variablen unverändert geblieben ist. Als wichtigste Variablen der VFR Karten wurden erneut Autobahnen, Seen und Siedlungen angegeben. Die anderen Variablen aber veränderten sich, wie z.B. Orts- und Bergnamen, denen eine grössere Bedeutung als im ersten Fragebogen zugesprochen wurde. Dieses Resultat ist auf den VFR Karten-Test und die Aufgaben 2 und 5 zurückzuführen. Die fehlenden Orts- und Bergnamen haben den ProbandInnen während des Tests Komplikationen bereitet und wurden als eine der grössten Schwierigkeit eingestuft. Dagegen wurden aufgrund des Tests die Strassen als nicht wichtige Variable angegeben.

¹⁶ Auf die Farbwirkung von gelb wurde schon im Kapitel 2.5.3 eingegangen.

¹⁷ Vgl. Dazu Kapitel 3.2.3.

5.1.2 Die neuen visuellen Variablen

Die veränderten visuellen Variablen kamen bei den ProbandInnen generell gut an. Die neue Farbe der Siedlungsgebiete sowie das neue Muster der Sensitive Areas erlaubten es den ProbandInnen, eine signifikant höhere Effektivität in der Lösung der Aufgaben zu erreichen. Jene Variablen, bei denen die Helligkeit verändert wurde, kamen bei den ProbandInnen ebenfalls sehr gut an. Hingegen erwies sich das verschobene Flight Level nicht als signifikant besser: Die randplatzierten FL sind nicht effektiver als die zentrierten. Die Perception der thematischen Variablen, FL, konnte durch die Änderung der visuellen Variablen, Richtung, nicht verbessert werden. Es bestätigt sich, dass die Veränderung der visuellen Variablen bezüglich den meisten thematischen Variablen bei den ProbandInnen gut ankamen¹⁸.

Die Veränderung der Helligkeit und somit Löschung der Orts- und Bergnamen aus den Karten stellten bei der Geolokalisierung der ProbandInnen an sich keine grösseren Probleme dar, da die Antworten insgesamt plausibel waren. Wie bereits ausgeführt, antworteten viele ProbandInnen auch bei den neu entwickelten Karten, welche keine Orts- und Bergnamen enthielten, mit Ortsangaben – daraus ergibt sich, dass diese Angaben für die Geolokalisierung wichtig sind. Dementsprechend sollten diese Angaben in einer Flugkarte enthalten sein.

5.2 Forschungsfragen

In diesem Kapitel werden die zwei Forschungsfragen dieser Arbeit diskutiert und beantwortet. Die erste Forschungsfrage hatte als Ziel, herauszufinden, ob die heutigen VFR Karten durch die BenutzerInnen effektiv und effizient gelesen und ob sie daher durch den Nutzer richtig perzipiert werden. Die zweite Forschungsfrage untersucht, ob die VFR Karten nach kartographischen Prinzipien aufgebaut sind. Diese Frage kann dank den zwei ProbandInnengruppen, PilotInnen und GeographInnen, beantwortet werden.

Forschungsfrage 1: Werden die thematisch relevanten Informationen aus den neu entwickelten Karten besser herausgelesen als aus den heutigen VFR Karten?

- *Arbeitshypothese 1:* Die originalen VFR VAC Karten werden von den Nutzergruppen als gleichwertig wie die neu entwickelten Karten empfunden.

¹⁸ Die Änderung der visuellen Variablen erfolgte nach Bertins Semiologie des graphischen Systems (Bertin, 1983).

H_{o1} : Es besteht kein Unterschied in der Richtigkeit der Antworten zwischen den getesteten Kartentypen.

H_{o2} : Es besteht kein Unterschied in der Richtigkeit der Antworten zwischen den getesteten Nutzergruppen.

H_{o3} : Es besteht kein Unterschied in der Richtigkeit der Antworten zwischen den getesteten Kartentypen und der Nutzergruppen.

Die drei Nullhypothesen beziehen sie sich auf die gesamten Resultate der VFR VAC Karten Tests (Aufgaben 3, 4, 6 und 7). Die erste Nullhypothese H_{o1} wurde mit einem Wert von $p=0.000$ (<0.05) verworfen. Die PilotInnen verbesserten ihre Antworten in den neu entwickelten Karten signifikant. Die deskriptive Statistik zeigte eine Verbesserung von ca. 15 % der richtigen Antworten. Die Nullhypothese H_{o2} wurde mit einem Signifikanzwert von $p=0.006$ (<0.05) ebenso verworfen. Ein signifikanter Unterschied ergab sich in der Anzahl richtiger Antworten je nach getesteter Nutzergruppe. PilotInnen erreichten in den Aufgaben mit den VFR VAC Karten einen grösseren Anteil an richtigen Antworten. Dies führt zu einer Interaktion der beiden statistisch geprüften Faktoren in der dritten Nullhypothese H_{o3} . Die dritte Nullhypothese wurde mit einem Signifikanzwert von $p=0.003$ (<0.05) verworfen. Es herrschte ein Unterschied in der Anzahl richtiger Antworten je nach getestetem Kartentyp sowie je nach Nutzergruppe. Der Anteil an richtigen Antworten nahm bei den PilotInnen in den neuen entwickelten Karten zu. Die PilotInnen erreichten auch insgesamt einen grösseren Anteil an richtigen Antworten als die GeographInnen.

Die VFR VAC Karten kamen somit bei den ProbandInnen gut an. Beide Nutzergruppen verbesserten ihren Anteil an richtigen Antworten in den neuen Karten und die PilotInnen wurden sogar signifikant besser. Die PilotInnen erreichten signifikant bessere Resultate als die GeographInnen wobei sich eine Interaktion zwischen Kartentyp und Hintergrund der ProbandInnen feststellen lies.

Die erste Arbeitshypothese wird hiermit verworfen: Die originalen VFR VAC Karten werden von den Nutzergruppen nicht gleich betrachtet wie die neu entwickelten Karten.

- *Arbeitshypothese 2*: Die originalen VFR Area Karten werden von den Nutzergruppen als gleichwertig wie die neu entwickelten Karten empfunden.

H_{o1} : Es besteht kein Unterschied in der Richtigkeit der Antworten zwischen den getesteten Kartentypen.

H_{o2} : Es besteht kein Unterschied in der Richtigkeit der Antworten zwischen den getesteten Nutzergruppen.

H_{o3} : Es besteht kein Unterschied in der Richtigkeit der Antworten zwischen den getesteten Kartentypen und der Nutzergruppen.

Die drei Nullhypothesen beziehen sie sich auf die Gesamtergebnisse des VFR Area Karten Tests (Aufgaben 1, 4, 6 und 7). Die erste Nullhypothese $H_{0,1}$ wurde statistisch durch die ANOVA Analyse mit wiederholten Messungen verworfen. Es herrschte ein Unterschied in der Anzahl richtiger Antworten je nach getestetem Kartentyp ($p=0.002 < p=0.05$). Die deskriptive Statistik erwies, dass die PilotInnen und die GeographInnen signifikant mehr richtige Antworten mit den neu entwickelten Karten erreicht haben. Die zweite Nullhypothese $H_{0,2}$ wurde auch verworfen, da ein signifikanter Unterschied in der Richtigkeit der Antworten zwischen den Nutzergruppen vorlag ($p=0.000 > 0.05$). PilotInnen und GeographInnen differenzieren sich signifikant in ihren Antworten. Die PilotInnen erreichten signifikant bessere Resultate als die GeographInnen wobei sich keine Interaktion zwischen Kartentyp und Hintergrund der ProbandInnen feststellen lässt, deshalb wurde die dritte Nullhypothese $H_{0,3}$ nicht verworfen ($p=0.332 > 0.05$).

Die neu entwickelten Karten kamen bei beiden ProbandInnengruppen gut an. PilotInnen und GeographInnen verbesserten sich mit den neuen VFR Area Karten und erzielten einen ähnlichen Anteil an richtigen Antworten.

Die zweite Arbeitshypothese wird hiermit verworfen: Die originalen VFR Area Karten werden von den Nutzergruppen nicht gleich betrachtet wie die neu entwickelten Karten.

Alle Resultate des durchgeführten Tests mit den originalen Karten zeigten, dass die Karten für die ProbandInnen gut lesbar sind. Die Herstellung der neuen Karten und die diesbezüglichen Resultate zeigten aber, dass die neu entwickelten Karten effektiver als die originalen VFR Karten sind. Dieses Ergebnis stützt sich auf den Anteil an richtigen Antworten, die während des Tests erzielt wurden. GeographInnen und PilotInnen zeigten statistisch signifikante Verbesserungen bei der Benutzung der neuen VFR VAC und Area Karten. Es bestätigen sich die Aussagen von Fabrikant et al., dass klare Kartenelemente zu einer verbesserten Perception führen (Fabrikant et al., 2010). Bertin führt an, dass die richtige Benutzung von visuellen Variablen die Effektivität erhöhen kann (Bertin, 1983). Folglich kann angenommen werden, dass insbesondere die neue Farbe der Siedlungsgebiete und das neue Muster der Sensitive Areas einer solchen besseren Benutzung der visuellen Variablen entsprechen. Auch die Reduktion der Informationen durch die erhöhte Helligkeit einiger thematischen Variablen führte zu einer besseren Lesbarkeit der Karte und zu weniger Fehler.¹⁹, wie dies auch Bertins theoretischer Ansatz besagt (Bertin, 1982).

¹⁹ Vgl. die Resultate zur Erkennung des Flughafens durch die GeographInnen in Aufgaben 4.

Forschungsfrage 2: Sind VFR Karten nach den kognitiven Prinzipien der Kartographie aufgebaut?

Zur Untersuchung, ob die VFR Karten nach kognitiven Prinzipien aufgebaut sind, erfolgt ein Vergleich der Resultate der beiden Gruppen mit den zwei Kartentypen.

Alle Aufgabe, ausser der Aufgabe 1 (VFR VAC Karte) und der Aufgabe 6 (VFR Area Karte), wurden von alle ProbandInnen besser in den neu entwickelten Karten gelöst. Die GeographInnen empfanden, wie im Nachversuchs-Fragebogen ersichtlich ist (Tab 4), dass die neuen Karten für sie besser verständlich sind. Sie schlussfolgten, dass die Sensitive Areas und Siedlungsgebiete in den neuen Karten trotz der dominanten gelben Farbe besser erkennbar seien. Die GeographInnen konnten, in den neu entwickelten Karten, die Kontraste besser unterscheiden und somit wurden die Karten für sie übersichtlicher (da weniger Informationen vorhanden waren). Die PilotInnen, die zwar durchschnittlich bessere Resultate erzielten, bezeichneten die Karten als gleich gut und in einigen Fällen sogar als schlechter. Dies ist wohl darauf zurückzuführen, dass sie sehr an den Umgang mit den originalen Karten gewöhnt sind.

Die heutigen VFR Karten sind nach kartographischen Prinzipien aufgebaut und befolgen kartographische Regeln. PilotInnen verstehen die heutigen VFR Karten gut und können sie gut gebrauchen. Auch die GeographInnen lesen die heutigen VFR Karten gut, auch ohne spezielle Flugerfahrungen. Dies entspricht dem Ergebnis des Hidden Patterns Tests, nämlich dass die räumlichen Fähigkeiten der ProbandInnen nicht von ihrem Hintergrund abhängig sind. Die besseren Resultate der GeographInnen und der PilotInnen mit den neuen Karten stehen wahrscheinlich mit dem angewandten User-Centered Design der neuen Karten in Zusammenhang. Die neuen Karten stützten sich einerseits auf die kognitiven Prinzipien der Kartografie, andererseits aber auch auf die Wünsche und Empfehlung von PilotInnen (anfängliche PilotInnen-Befragung). Dadurch wurde bei der Gestaltung der neuen Karten auch auf die künftigen NutzerInnen Rücksicht genommen, was deren Verständnis der neuen Karten gefördert hat (Endsley und Jones, 2004).

Ebenfalls zu beachten ist, dass die Entscheidungsprozesse eines Nutzers von dessen Vorwissen beeinflusst sind (Montello, 1998). Dies könnte erklären, weshalb die GeographInnen im Durchschnitt besser mit den auf neuen kartographischen Prinzipien aufgebauten Karten gearbeitet haben. Durch ihr Vorwissen konnten sie diese Karten effektiver lesen.

All diese Faktoren zeigen, dass die neu entwickelten, mittels kartografischen kognitiven Prinzipien aufgebauten Karten, durch die ProbandInnen besser perzipiert wurden. Daraus kann die Schlussfolgerungen gezogen werden, dass die originalen VFR Karten nicht vollumfänglich den aktuellsten kognitiven Prinzipien der Kartographie entsprechen und somit in diesem Bereich Verbesserungspotenzial besteht.

6. Fazit

6.1 Perzeption von VFR Karten

Diese Arbeit untersuchte die Perzeption der heutigen VFR Karten. Dazu analysierte sie die Effizienz und Effektivität dieser Karten, aufgrund eines Vergleichs von originalen VFR mit neu entwickelten VFR Karten. Die neu entwickelten Karten wurden aufgrund kartographischer Prinzipien erstellt, wozu insbesondere gewisse visuelle Variablen abgeändert wurden. Durch den Vergleich mit den originalen Karten gelangten sodann die Schnelligkeit (Effizienz), mit welcher die Karten gelesen werden können, sowie das richtige Verständnis (Effektivität) der thematisch relevanten Informationen der neuen VFR Karten zur Überprüfung.

6.2 Erkenntnisse

Die empirische Evaluation dieser Arbeit brachte positive Resultate. Die ProbandInnen erzielten mit den neu entwickelten Karten generell einen höheren Anteil an richtigen Antworten, die ebenso statistisch signifikant waren. Die angewandten Prinzipien der kognitiven Kartographie in den neu entwickelten Karten halfen den BenutzerInnen also, die Karten besser zu verstehen. In anderen Worten erhöhte sich die Effektivität der VFR Karten dank den neu entwickelten Karten signifikant. Durch die Neuentwicklung und Veränderung der visuellen Variablen, insbesondere der Farbe, der Helligkeit und des Musters, wurden die VFR Karten durch die ProbandInnen besser erfasst. Die eingefügte gelbe Farbe erreichte ihr Ziel: Die Variablen in den Karten zogen mehr Aufmerksamkeit auf sich. Die erhöhte Helligkeit gewisser Variablen hat die Lesbarkeit der Karten erleichtert und die darin enthaltenen Informationen vereinfacht.

Es stellt sich nun die Frage, ob die Möglichkeit herrscht, gemäss dieser Analyse, die VFR Karten mit einem effizienteren und effektiveren Design darzustellen. Die Möglichkeit für eine Verbesserung der Effektivität der VFR Karten besteht. Durch die Veränderung der visuellen Variablen und mit der Anpassung an kognitiven Prinzipien konnten diese Karten von den NutzerInnen besser verstanden werden. Die Resultate der statistischen Analyse lassen den Schluss zu, dass die originalen VFR Karten verbessert werden können. Die Möglichkeit einer Verbesserung der Effizienz konnte in diese Arbeit hingegen nicht bestätigt werden. Die Untersuchung der Effizienz der originalen VFR Karten ergab keinen Unterschied in der Schnelligkeit der Lesbarkeit zwischen den beiden Karten (originalen und neu entwickelten). Diese Annahme wurde

anhand des Nachversuchs-Fragebogens bestätigt, da die ProbandInnen keine Beschwerden bezüglich der Effizienz äusserten.

6.3 Kritische Reflexionen

Die Analyse der Perception der VFR Karten stützte sich auf die Testergebnisse von 30 ProbandInnen. Die Anzahl ProbandInnen könnte unter Umständen zu niedrig sein, um den Schluss zuzulassen, dass die heutigen VFR Karten verbessert werden müssen. Die statistischen Resultate erwiesen sich aber, trotz der kleinen Teilnehmerzahl, eine Stichprobengruppe von 30 ProbandInnen, mehrmals als signifikant. Es zeigte sich bei der deskriptiven Statistik ebenso, dass der Standardfehler manchmal hoch sein kann. Dies stützt die These, dass eine grössere Anzahl ProbandInnen die Präzision der erreichten Ergebnisse erhöhen und damit auch den Standardfehler senken könnte. Diese Arbeit wurde mit PilotInnen durchgeführt, die daran gewöhnt sind, mit den originalen Karten zu arbeiten und zu fliegen. So könnten auch die hier gewonnenen Resultate von der Erfahrung der PilotInnen beeinflusst worden sein. Diese Gewohnheit zeigt sich im Nachversuchs-Fragebogen, wenn die PilotInnen behaupten, die neuen Karten schlechter zu finden, obwohl sie mit diesen bessere Resultate erzielt hatten.

6.4 Ausblicke

Die in dieser Arbeit erreichten Erkenntnisse sind als das Ergebnis einer Masterarbeitsforschung zu betrachten. So wurden auch im Rahmen dieser Abschlussarbeit die hier verwendeten Daten gesammelt sowie die dazu verwendeten Tests konzipiert und durchgeführt. Um das damit erreichte Ergebnis verallgemeinern zu können, sollten die erfassten Resultate anhand einer grösseren Probandengruppe erneut zur Überprüfung gelangen. Diese Arbeit dient so als konzeptuelle Grundlage einer Weiterentwicklung dieses Themas. Am Ende dieser Arbeit wurden sämtliche neuen visuellen Variablen der neu entwickelten VFR Karten analysiert. Einige Resultate zeigen, dass die neuen Variablen bei der Mehrheit der ProbandInnen signifikant besser ankamen, dies war aber nicht der Fall bei allen analysierten Variablen.

Im Rahmen der gesamten Arbeit wurde auch immer wieder festgestellt, dass die Benutzung der VFR Karten subjektiv erfolgt. Sicher ist, dass alle thematischen Variablen in den VFR Karten notwendig sind. Aber gewisse PilotInnen benötigen für die Orientierung im Raum Variablen, welche die anderen wiederum nicht

beachten. Dieses Ergebnis bestätigt sich ebenfalls bei der PilotInnen-Befragung sowie im Nachversuchs-Fragebogen. Es erweist sich somit als sinnvoll, eine VFR Karte herzustellen, die situationsbedingt stets der Relevanz angepasst werden kann. Dies könnte durch die Herstellung einer Karte erfolgen, die einen Grunddatensatz mit festen Symbolen enthält. Somit könnten alle BenutzerInnen die thematischen Variablen je nach Situation und Bedürfnis in die Karten einblenden (z.B. es werden neue Informationen benötigt, wenn sich das Wetter plötzlich ändert). Es könnte sich somit empfehlen, ein Digitales Ebene.pdf für die VFR Karten zu erstellen, in dem jeder Nutzer seine Ebenen und thematischen Variablen sowie deren visuelle Ausgestaltung auswählen und definieren könnte. Damit würde dann auch die Problematik der unnötigen Variablen und des Informationsüberschusses gelöst.

7. Literatur- und Quellenverzeichnis

7.1 Literaturverzeichnis

- Abbott, M. und Kailey, L. (1999): *Private Pilot Manual*. Jeppesen Sanderson.
- Abras, C., Maloney-Krichmar, D. und Preece, J. (2004): *User-Centered Design*. Encyclopedia of Human-Computer Interaction. Thousand Oaks: Sage Publications.
- Bender, R. und Lange, S. (2008): *Was ist der p-Wert?* In: Deutsche Medizinische Wochenschrift, Bd. 132, Köln, S. 15-16.
- Bertin, J. (1974): *Graphische Semiologie: Diagramme, Netzze, Karten*. Berlin: De Gruyter.
- Bertin, J. (1981): *Graphics and Graphic Information Processing*. New York: De Gruyter.
- Bertin, J. (1982): *Graphische Darstellung und Graphische Verarbeitung von Informationen*. Berlin: De Gruyter.
- Bertin, J. (1983): *Semiology of Graphics: Diagrams, Networks, Maps*. In: University of Wisconsin Press, Madison.
- Dean, C., Rock, C. und Krawczyk, T. (2009): *Methods and Systems for Visual Flight Rule (VFR) Chart Generation*. In: Patent Application Publication, USA.
- Dent, B. D. (1999): *Cartography: Thematic Map design*. Dubuque, IA: Wm. C. Brown Publishers.
- Endsley, M. R. und Jones, D. G. (2004): *Designing for Situation Awareness. Approach to User-Centered Design*. Second Edition. NW: CRC Press.
- EUROCONTROL (2009): *EUROCONTROL Guidance Notes for Pilot. 1. Rules for VFR Flight*. European Organisation for the Safety of Air Navigation, Brussels, Belgium.
- Fabrikant, S. I., Hespanha, S. R. und Hegarty, M. (2010): *Cognitively Inspired and Perceptually Salient Graphic Displays for Efficient Spatial Interference Making*. In: Annual of the Association of American Geographers, Nr. 100, S. 1-17.
- Field, A. (2009): *Discovering statistics using SPSS*. Third Edition. London, UK: SAGE Publications.
- Garlantini, S. und Fabrikant, S. I. (2009): *Evaluating the Effectiveness and Efficiency of Visual Variables for Geographic Information Visualization*. Berlin: Springer Verlag.
- Goh, J. und Wiegmann, D. (2002): *Visual Flight Rules (VFR) Flight into Instrument Meteorological Conditions (IMC): A Review of the Accident Data*. University of Illinois, Savoy, Illinois.
- Gregory, R. L. und Zangwill, O. L. (1987): *The Oxford Companion to the Mind*. Oxford University, New York, NY, USA, S. 491-493.

- Horvat, S., Zeleznjak, Z. und Jandris-Sacer, M.** (2003): *Generalisation of Geographic Elements on Aeronautical Chart*. 21th International Cartographic Conference (ICC), Durban, South Africa.
- Lans, R., Pieters, R. und Wedel, M.** (2008): *Eye-Movement Analysis of Search Effectiveness*. In: Journal of the American Statistical Association, Bd. 103, Nr. 482, S. 452-461.
- MacEachren, A.M.** (1995): *How Maps Work. Representation, Visualization, and Design*. New York: Guilford Press.
- Martin, D.W.** (2008): *Doing Psychology Experiments*. 7th Edition North Carolina State University.
- Mchugh, M. L.** (2008): *Standard error: meaning and interpretation*. In: Biochemia Medica, Bd. 18, Indiana, USA, S. 7-13.
- Montello, D. R.** (1998): *Kartenverstehen: Die Sicht der Kognitionspsychologie*. In: Zeitschrift für Semiotik, Bd. 20, Tübingen, S. 91-103.
- Rau, P.** (2011): *Internationalization, Design and Global Development*. 4th International Conference, IDGD, Orlando, Florida, USA.
- Rittschof, K.A. und Kulhavy, R.W.** (1998): *Learning and Remembering from Thematic Maps of Familiar Regions*. In: Educational Technology Research and Development, Bd. 46, Nr. 1, S. 19-38.
- Touya, G., Christophe, S. und Hoarau, C.** (2015): *Clutter and Map Legibility in Automated Cartography: A Research Agenda*. 27th International Cartographic Conference, 16th General Assembly, Rio de Janeiro, Brazil.
- Voudrakova, A., Brus, J. und Vozonilek, V.** (2014): *Digital Aeronautical Charts: Survey of 64 Czech Air Force Pilots*. In: Modern Trends in Cartography, Bd. 21, Nr. 534.
- Wäger, M.** (2010): *Grafik und Gestaltung. Das umfassende Handbuch*. Bonn: Galileo Press.
- Wang, H., Li, P. und Zhao, Y.** (2012): *Evaluation of the Visual Navigation Chart Based on Visual Perception*. 2012 International Conference on Automobile and Traffic Science, Materials, Metallurgy Engineering, Tianjin, China.

7.2 Internetquellen

- BAZL** (Bundesamt für Zivilluftfahrt) (2015): *Flugplätze*. <http://www.bazl.admin.ch/themen/infrastruktur/00300/index.html?lang=de> (Zugriff: 19.9.2015, Stand: 2015).
- BAZL** (Bundesamt für Zivilluftfahrt) (2015): *Luftfahrtinformationen*. <http://www.bazl.admin.ch/experten/flugverkehr/03281/index.html?lang=de> (Zugriff: 19.9.2015, Stand: 2015).
- BAZL** (Bundesamt für Zivilluftfahrt) (2015): *Regulation und Grundlagen*. <http://www.bazl.admin.ch/experten/regulation/03086/03103/03105/03699/index.html?lang=de> (Zugriff: 29.06.2015, Stand: 2015).
- CAA** (Civil Aviation Authority) (2011): *Guide to Visual Flight Rules (VFR) in the UK*. <https://www.caa.co.uk> (Zugriff: 18.9.2015, Stand: 2011).
- Federal Aviation Administration** (2015): *Pilot/Controller Glossary*. https://www.faa.gov/air_traffic/publications/media/PCG.pdf (Zugriff: 13.08.2015, Stand: 2015).
- FFL** (2015): *Die Ausbildung zum Instrumentenflug*. <http://www.ffl-flighttraining.de/ifr-ir-ausbildung/> (Zugriff: 18.9.2015, Stand: 2015)
- GPO** (U.S. Government Printing Office) (2014): *Electronic Code of Federal Regulations*. <http://www.ecfr.gov/cgi-bin/text-idx?node=14:2.0.1.3.10> (Zugriff: 20.07.2015, Stand: 2014).
- Jeppesen VFR Manual** (2014): *Jeppesen. A Boeing Company*. <http://ww1.jeppesen.com/personal-solutions/aviation/bottlang-airfield-manual.jsp> (Zugriff: 22.05.2015, Stand: 2014).
- International Virtual Aviation Organisation** (2015): *Control Zone Management*. https://www.iva.aero/training/documentation/books/ADC_Control_zone_manage.pdf (Zugriff: 28.08.2015, Stand: 2015).
- L'Ecole des Hautes Etudes en Sciences Sociales** (2014): Jacques, Jean, Louis Bertin. <http://lodel.ehess.fr/archives/document.php?id=4600> (Zugriff: 07.08.2015, Stand: 2014).
- Schweizer Armee** (2015): *Militärische Sicherheit*. <http://www.vtg.admin.ch/internet/vtg/de/home/schweizerarmee/organisation/fsta/milit.html> (Zugriff: 22.08.2015, Stand: 2015).
- skyguide** (2015): *Zivile und Militärische Flugsicherung*. <http://www.skyguide.ch/de/hauptseite/> (Zugriff: 09.09.2015, Stand: 2015).
- SKYbrary** (2014). *Visual Meteorological Conditions*. [http://www.skybrary.aero/index.php/Visual_meteorological_Conditions_\(VMC\)](http://www.skybrary.aero/index.php/Visual_meteorological_Conditions_(VMC)) (Zugriff: 17.9.2015, Stand: 2014).
- Swisstopo** (Bundesamt für Landestopographie) (2015): *Luftfahrkarte ICAO*. <http://www.swisstopo.admin.ch/internet/swisstopo/de/home/products/maps/aero/icao.html> (Zugriff: 22.06.2015, Stand: 2015).

7.3 Audiovisuelle Quellen

Live Air Traffic (2015): LSZH Tower #1 - Zurich, Switzerland. 15.05.2015, http://www.liveatc.net/flisten.php?mount=lszh_twr&icao=lszh.

Trainfart (2015): *Crosswind landing & take-off / storm Felix in Zurich complete day-Sturmtief Christian*. 18.01.2015, <https://www.youtube.com/watch?v=hG1NiBhXmpE>.

7.4 Mündlichen Referenzen

skyguide (2014/15): Vielen Informationen dieser Arbeit sind von Experten (Hansruedi Gafner und Flavia Schnieper), mündlich erhalten worden. Wangen bei Dübendorf.

8. Anhang

Anhang 1: Einwilligungsf formular der Universität Zürich, das für den VFR Karten-Test gebraucht worden ist.

	University of Zurich ^{UZH}	Department of Geography University of Zurich Department of Geography Winterthurerstrasse 190 CH-8057 Zurich www.geo.uzh.ch/giva
---	--	--

Teilnehmerinformation und Einwilligungsf formular

VFR Charts Test

Mai – Juni 2015

Teilnehmer-Nummer:

Zweck der Studie

Sie sind eingeladen, an einer Studie zur Untersuchung der Nutzung von Visual Flight Charts teilzunehmen. Wir möchten dabei Informationen über die Effizienz, Effektivität und Salienz von VFR Charts gewinnen. Dieses Experiment wird von Masterstudentin Juliette Marx im Zusammenhang mit ihrer Masterarbeit «Usage of VFR Charts» ausgeführt. Die Masterarbeit wird von Prof. Dr. Sara Fabrikant am Geographischen Institut der Universität Zürich geleitet und von Herr Gafner und Frau Schnieper von skyguide begleitet.

Ablauf der Studie und damit verbundene mögliche Risiken

Falls Sie sich entscheiden, an der Studie teilzunehmen, werden Sie gebeten, einige kleine Aufgaben bezüglich Flugkarten zu lösen und Fragen dazu zu beantworten. Vor und nach dem Experiment werden Sie gebeten, einen kurzen Fragebogen auszufüllen, in welchem Sie unter anderem Angaben zu Ihrer Person machen und ein kurzes Feedback zum Experiment geben. Es werden insgesamt folgende Daten anonymisiert registriert: Antworten zu den gestellten Fragen und des Fragebogens und die Antwortzeiten. Der Versuch dauert ungefähr 40 Minuten und beinhaltet keinerlei Risiken für Sie.

Vertraulichkeit der Daten

Jegliche Information, die während der Studie in Verbindung mit Ihnen gebracht werden kann, wird vertraulich behandelt und nur mit Ihrer ausdrücklichen Erlaubnis an Dritte weitergegeben. Mit Ihrer Unterschrift erlauben Sie uns, die anonymisierten Ergebnisse des Versuchs mehrmals zu publizieren. Dabei werden keinerlei Informationen veröffentlicht, die es ermöglichen, Sie zu identifizieren.

Entschädigung

Für die Teilnahme an der Studie bieten wir eine kleine Entschädigung an (Schokolade, usw.). Kosten, die Ihnen für die Teilnahme an der Studie entstehen sollten, können leider nicht erstattet werden.

Bekanntgabe der Ergebnisse

Wenn Sie über die Ergebnisse der Studie auf dem Laufenden gehalten werden möchten, bitten wir Sie, dem Versuchsleiter oder der Versuchsleiterin Ihre Anschrift zu hinterlassen. Eine Kopie von zukünftigen Publikation(en) wird Ihnen daraufhin zugestellt.



**University of
Zurich** ^{UZH}

Department of Geography

Einwilligung

Ihre Entscheidung, an der Studie teilzunehmen oder nicht, wird zukünftige Beziehungen mit der Universität Zürich nicht beeinträchtigen. Entscheiden Sie sich dafür, an der Studie teilzunehmen, steht es Ihnen jederzeit frei, die Teilnahme ohne Begründung abubrechen. Sollten Sie Fragen haben, zögern Sie bitte nicht, uns diese zu stellen. Sollten zu einem späteren Zeitpunkt Fragen aufkommen, wird Prof. Dr. Sara I. Fabrikant (044 635 51 50, sara@geo.uzh.ch), diese gerne beantworten. Sie erhalten eine Kopie dieses Dokuments.

Mit Ihrer Unterschrift bestätigen Sie, oben stehende Informationen gelesen und verstanden zu haben, und willigen ein, unter den dort beschriebenen Bedingungen am Experiment teilzunehmen.

Unterschrift des Teilnehmers

Unterschrift des Experimentleiters

Vor- und Nachname in Blockschrift

Vor- und Nachname in Blockschrift

Ort/Datum: _____

Widerruf der Einwilligung

Hiermit möchte ich meine Einwilligung, an der oben beschriebenen Studie teilzunehmen, widerrufen.

Unterschrift des Teilnehmers

Vor- und Nachname in Blockschrift

Ort/Datum: _____

Mit dem Widerruf der Einwilligung beeinträchtigen Sie in keiner Weise Ihre Beziehungen mit der Universität Zürich. Der Widerruf kann jederzeit und ohne Angabe von Gründen beantragt werden.

Den Widerruf der Einwilligung bitte an *Prof. Dr. Sara I. Fabrikant, Geographische Informationsvisualisierung und Analyse, Geographisches Institut, Universität Zürich, Winterthurerstr. 140, 8057 Zürich* senden.

Anhang 2: Vorversuchs-Fragebogen, der für den VFR Karten - Test gebraucht worden ist.

Vorversuchs-Fragebogen

TeilnehmerIn-Nr. : ____

Geschlecht: Männlich Weiblich

Alter: _____

Tragen Sie eine Brille oder Kontaktlinsen? Ja Nein

Wurde Ihnen mitgeteilt, dass Sie Schwierigkeiten haben Farben zu unterscheiden (Farbenblindheit)?

Nein Ja, Rot-Grün Ja, Blau-Gelb Ja, andere

Wie würden Sie Ihre Fähigkeiten einschätzen, Karten zu lesen? (Zum Beispiel Strassen- oder topographische Karten)

Unterdurchschnittlich Durchschnittlich Überdurchschnittlich

Wie oft betreiben Sie Hobbies, die Kartenlesen erfordern? (Zum Beispiel Wandern, Orientierungslauf oder Segeln)

Nie Gelegentlich Regelmässig

Wieviele Jahre Erfahrungen (in Beruf oder Ausbildung/Universität) haben Sie in den folgenden Bereichen sammeln können?

	Keine	< 1 Jahr	1-2 Jahren	2-5 Jahren	> 5 Jahren
Geographische Informationssysteme	<input type="checkbox"/>				
Kartographie	<input type="checkbox"/>				
Fliegerei	<input type="checkbox"/>				

Anhang 3: Hidden Pattern Test, der für den VFR Karten-Test gebraucht worden ist.

Hidden Patterns Test (Kit of Reference Tests for Cognitive Factors; 1976) GIVA UZH 2013

Participant-Nr: _____

HIDDEN PATTERNS TEST

How quickly can you recognize a figure that is hidden among other lines?

This test contains many rows of patterns. In each pattern you are to look for the model shown below:



The model must always be in this position, not on its side or upside down.

In the next row, when the model appears, it is shown by heavy lines:


(O)


(X)


(O)


(O)


(X)


(O)


(O)

Your task will be to place an X in the space below each pattern in which the model appears and an O below the pattern where the model does not appear. Now, try this row:

1.

()

2.

()

3.

()

4.

()

5.

()

6.

()

7.

()

8.

()

9.

()

10.

()

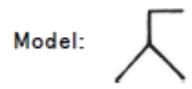
You should have marked an X below patterns 1, 3, 4, 8, and 10, because they contain the model. You should have marked an O below patterns 2, 5, 6, 7, and 9 because they do not contain the model.

Your score on this test will be the number marked correctly minus the number marked incorrectly. Work as quickly as you can without sacrificing accuracy.

You will have 3 minutes for each of the two parts of this test. Each part has two pages. When you have finished Part I, STOP. Please do not go on to Part II until you are asked to do so.

PLEASE DO NOT TURN THIS PAGE UNTIL ASKED TO DO SO.

PART I (3 minutes)



 ()									
 ()									
 ()									
 ()									
 ()									
 ()									
 ()									
 ()									

GO ON TO THE NEXT PAGE...

Hidden Patterns Test (Kit of Reference Tests for Cognitive Factors; 1976)

GIVA UZH 2013

PART I (continued)

Model:



 ()									
 ()									
 ()									
 ()									
 ()									
 ()									
 ()									

DO NOT GO ON TO THE NEXT PAGE UNTIL ASKED TO DO SO.
STOP.

PART II (3 minutes)

Model:



()	()	()	()	()	()	()	()	()	()
()	()	()	()	()	()	()	()	()	()
()	()	()	()	()	()	()	()	()	()
()	()	()	()	()	()	()	()	()	()
()	()	()	()	()	()	()	()	()	()
()	()	()	()	()	()	()	()	()	()

GO ON TO THE NEXT PAGE...

PART II (continued)

Model:



									
()	()	()	()	()	()	()	()	()	()
									
()	()	()	()	()	()	()	()	()	()
									
()	()	()	()	()	()	()	()	()	()
									
()	()	()	()	()	()	()	()	()	()
									
()	()	()	()	()	()	()	()	()	()
									
()	()	()	()	()	()	()	()	()	()
									
()	()	()	()	()	()	()	()	()	()
									
()	()	()	()	()	()	()	()	()	()
									
()	()	()	()	()	()	()	()	()	()
									
()	()	()	()	()	()	()	()	()	()

DO NOT GO BACK TO PART I. STOP!

Anhang 4: Nachversuchs-Fragebogen, der für den VFR Karten-Test gebraucht worden ist.

Nachversuchs-Fragebogen

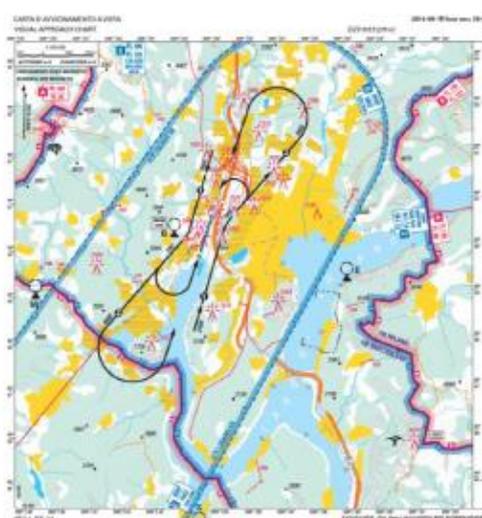
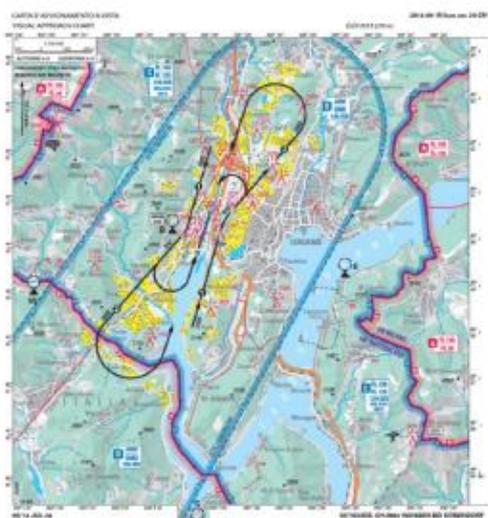
TeilnehmerIn-Nr. : ____

Welche Schwierigkeiten hatten Sie während des Tests?

Welche der beiden Kartenthematiken hat Ihnen am besten gefallen und wieso?

Kartenthematik 1:

Kartenthematik 2:



Wie gefällt Ihnen die gelb gefärbten Siedlungsgebiete in der Kartenthematik 2?

- Nicht gut Gut Sehr gut

Nachversuchs-Fragebogen

Juliette Marx
Masterarbeit

Wie finden Sie die *Sensible Area* in der Kartenthematik 2?

- Nicht gut Gut Sehr gut

Wie gefällt Ihnen die neuen Farben in der Kartenthematik 2?

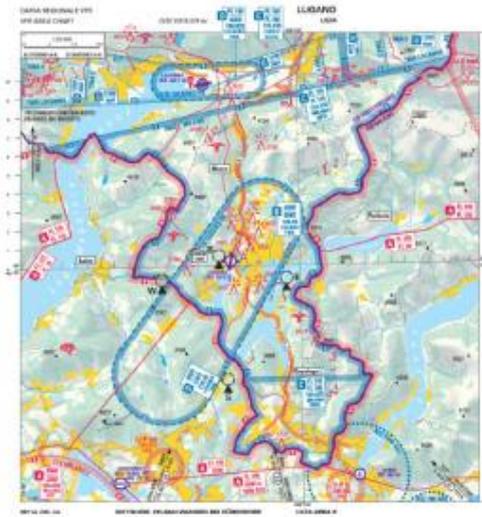
- Schlechter Gleich Besser

Wieso?

Welche der beiden Kartenthematiken hat Ihnen am besten gefallen und wieso?

Kartenthematik 3:

Kartenthematik 4:



Nachversuchs-Fragebogen

Juliette Marx
Masterarbeit

Wie gefällt Ihnen die gelb gefärbten Siedlungsgebiete in der Kartenthematik 4? Nicht gut Gut Sehr gut*Wie finden Sie die Sensible Area in der Kartenthematik 4?* Nicht gut Gut Sehr gut*Wie gefällt Ihnen die neuen Farben in der Kartenthematik 2?* Schlechter Gleich Besser

Wieso?

Nachversuchs-Fragebogen

Juliette Marx
Masterarbeit

Wenn Sie, in der Flugsvorbereitungsphase für einen Flug nach LSZH, Ihre Ideale Karte benutzen könnten, welche Information würde Sie erhalten?

- Seen
- Autobahnen
- Siedlungen
- Flüssen
- Bahngleisen
- Wald
- Relief
- 2er Strassen
- Ortschaftsräten
- Bergnamen
- Bahnhöfen

Wenn Sie, in der Flugphase für eine Landung in LSZA, Ihre Ideale Karte benutzen könnten, welche Information würde Sie erhalten?

- Seen
- Autobahnen
- Siedlungen
- Flüssen
- Bahngleisen
- Wald
- Relief
- 2er Strassen
- Ortschaftsräten
- Bergnamen
- Bahnhöfen

Anhang 5: PilotInnenfragebogen, mit dem die wichtigsten thematischen Variablen ermittelt wurden.

Masterarbeit: "Usage of VFR Charts" Juliette Marx
06713457
Februar 2015

Fragebogen: visuellen Variablen in VFR Karten

Im Rahmen meiner Masterarbeit möchte ich rausfinden, wie die einzelnen visuellen Variablen in den VFR Karten in die Flugsvorbereitungsphasen, sowie in der Flugphase, wahrgenommen werden.

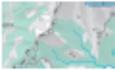
In diesem kurzen Fragebogen bitte ich euch die visuellen Variablen zu bewerten. Bewerten Sie sie von 1 bis 11, wobei 1 die grösste Wichtigkeit hat und 11 die kleinste.

Ich bedanke mich für eure Kooperation!

1. Wald



2. Relief



3. Seen



4. Flüssen



5. Siedlungsgebieten



6. Strassen



1

Masterarbeit: "Usage of VFR Charts"

Juliette Marx
06713457
Februar 2015

7. Autobahnen



8. Bahnhöfen



9. Bahngleisen



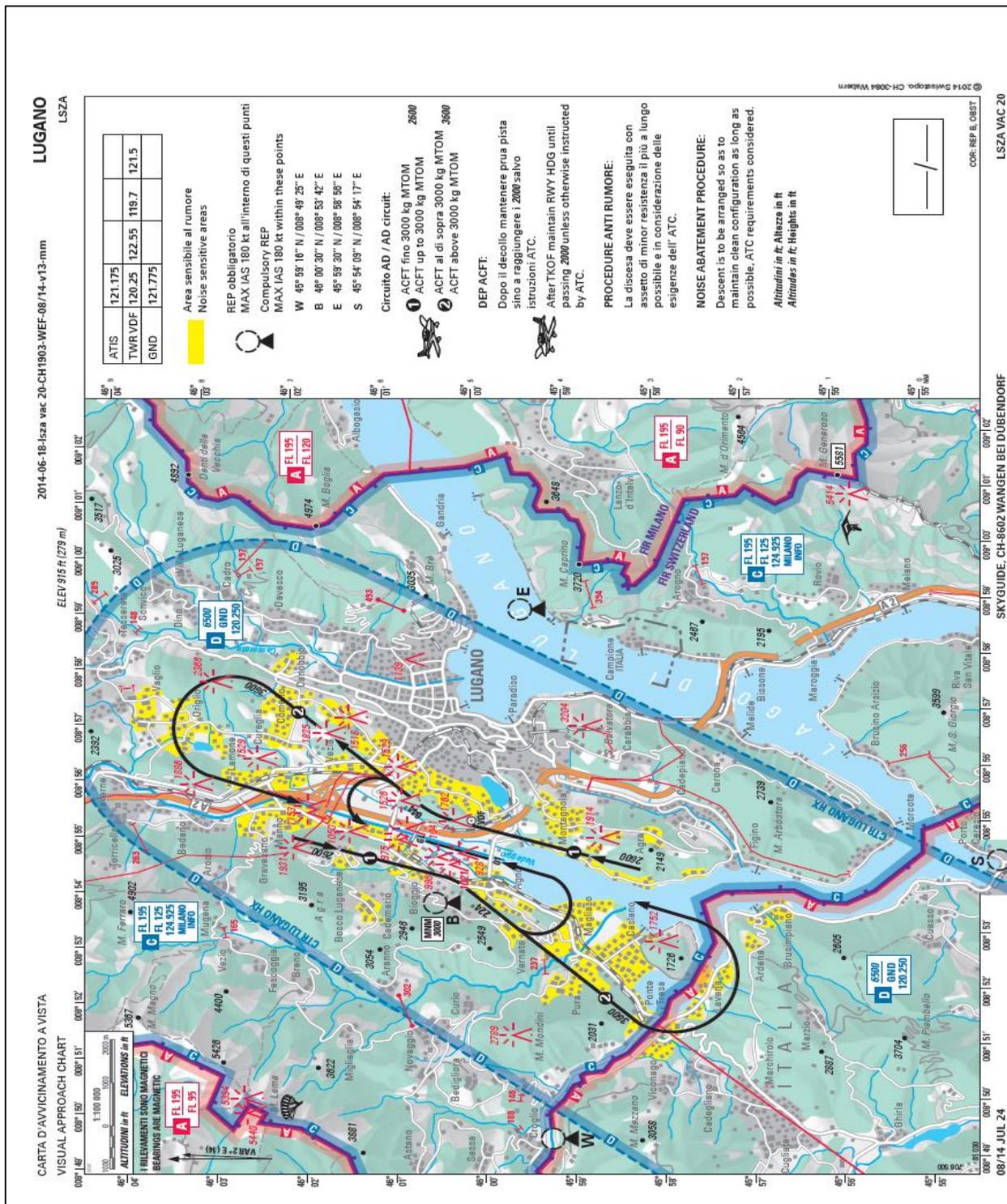
10. Ortschaften (Namen)



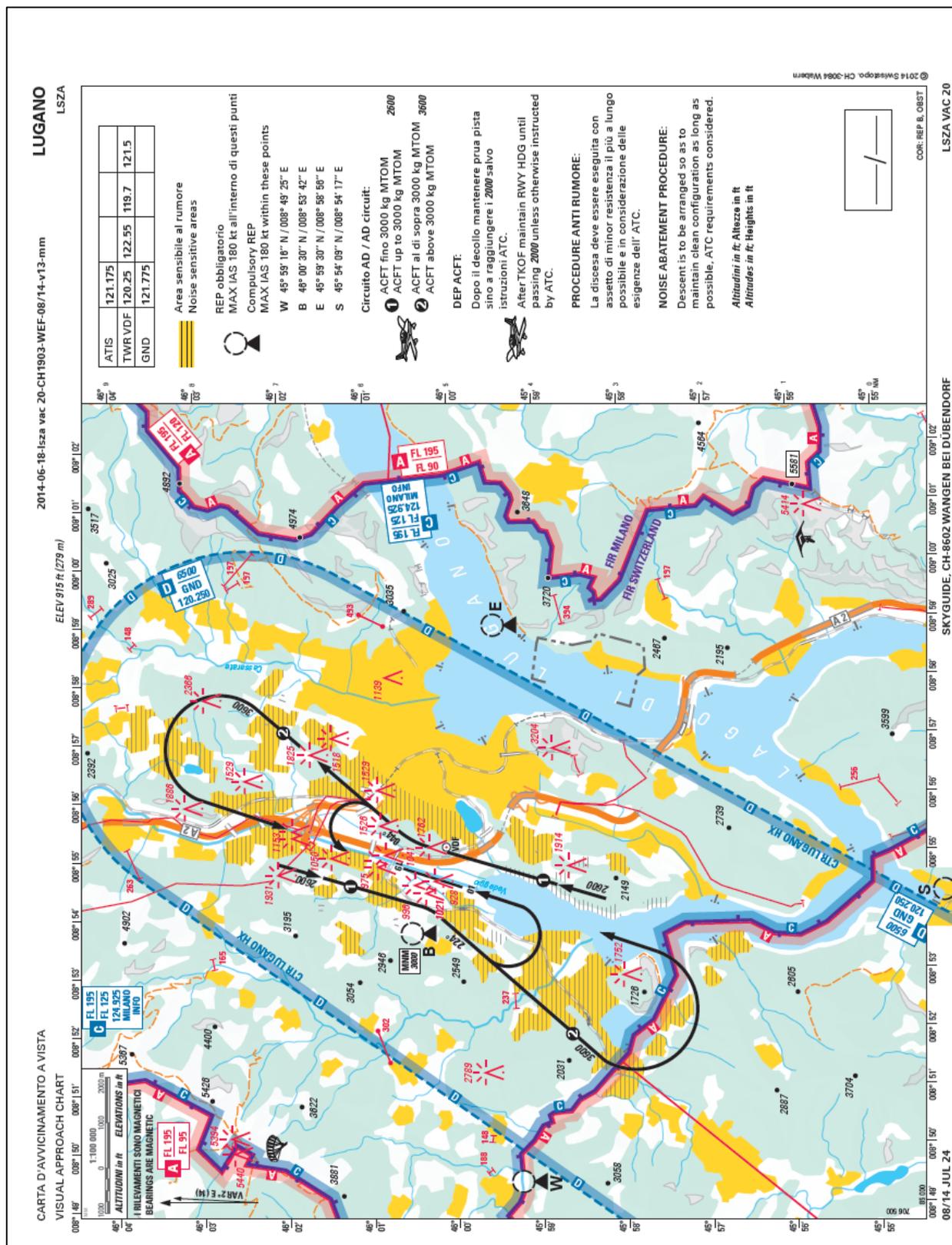
11. Bergnamen



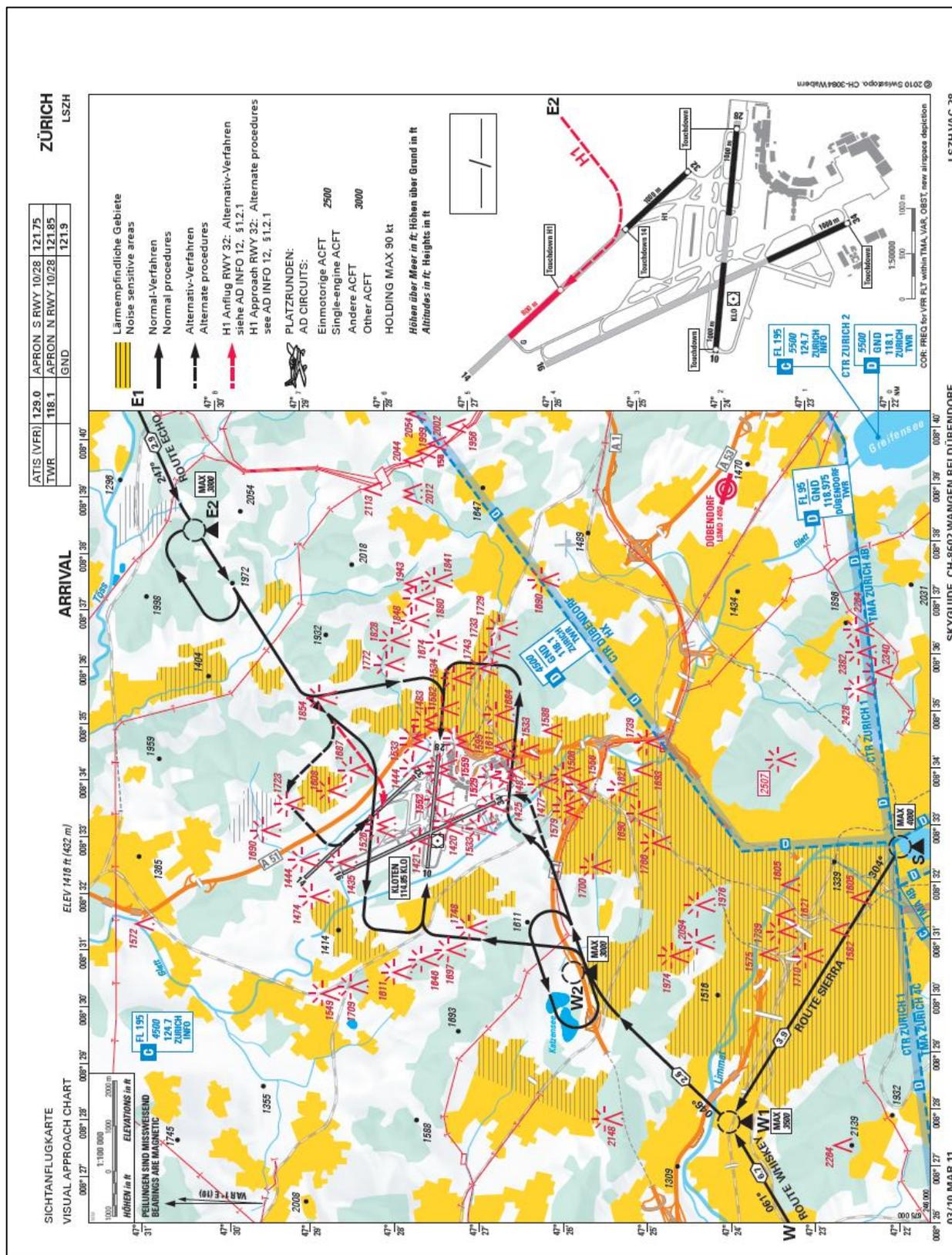
Anhang 6: Originale VAC Karte von Lugano (LSZA).



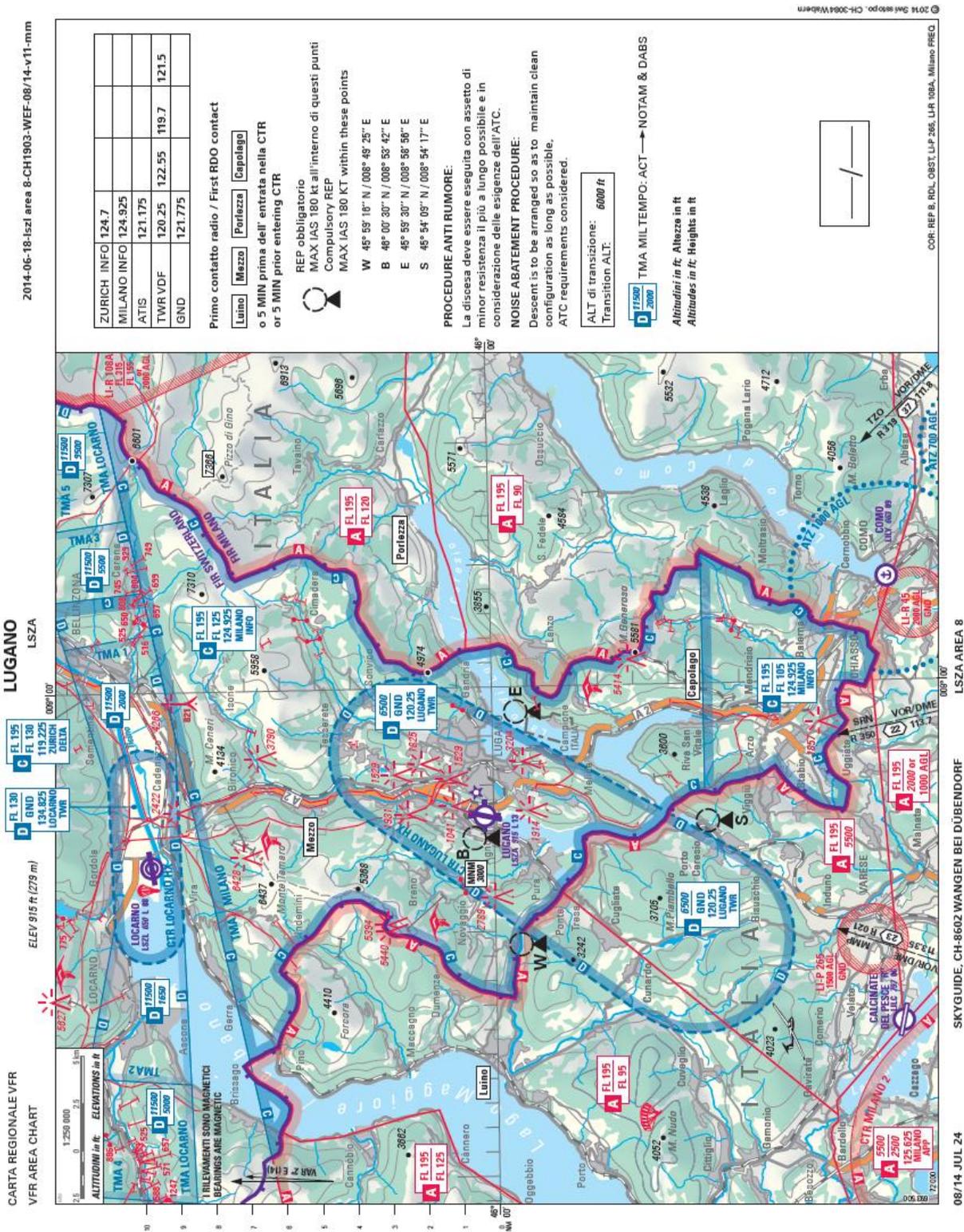
Anhang 7: Neu entwickelte VAC Karte von Lugano (LSZA).



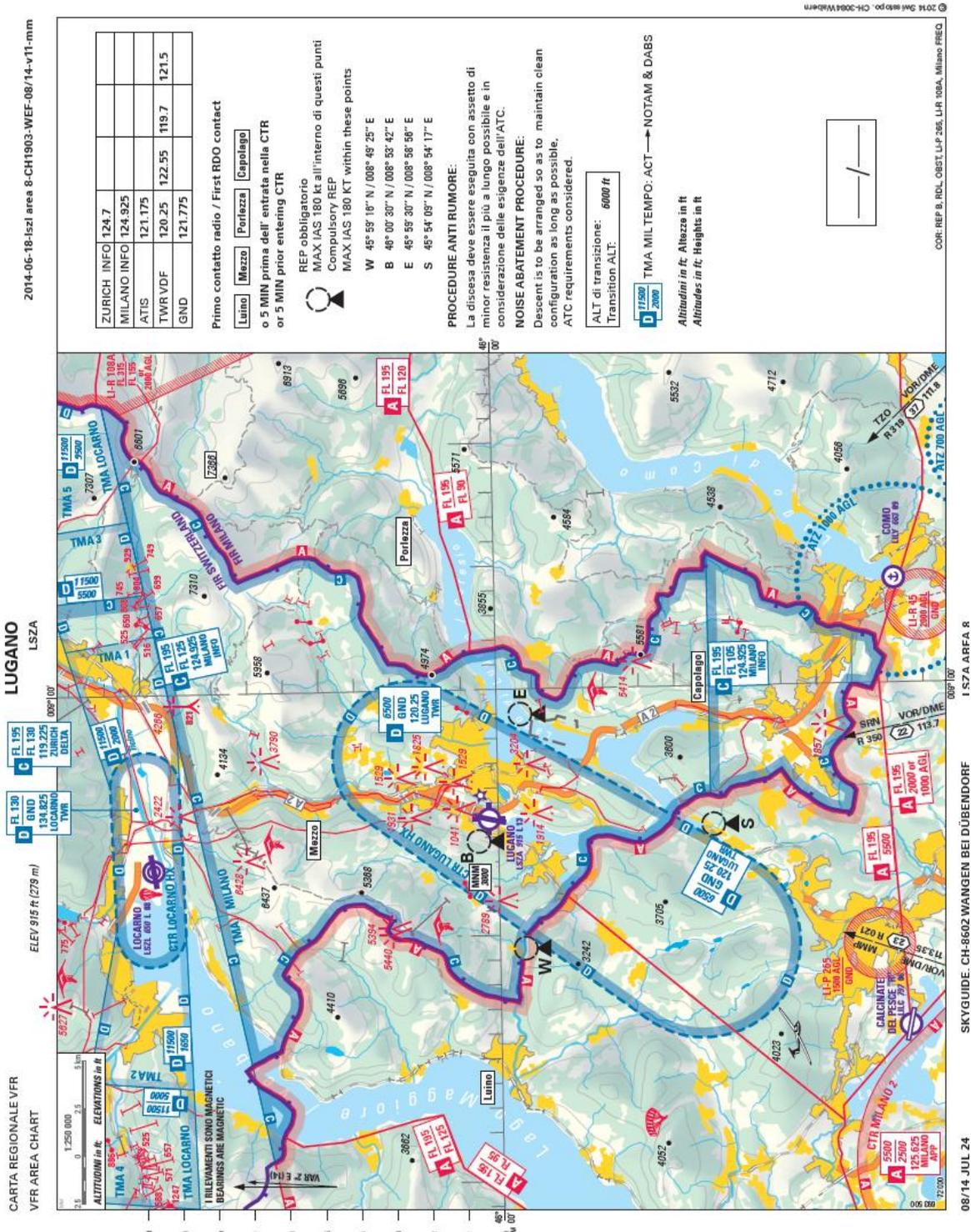
Anhang 9: Neu entwickelte VAC Karte von Zürich (LSZH).



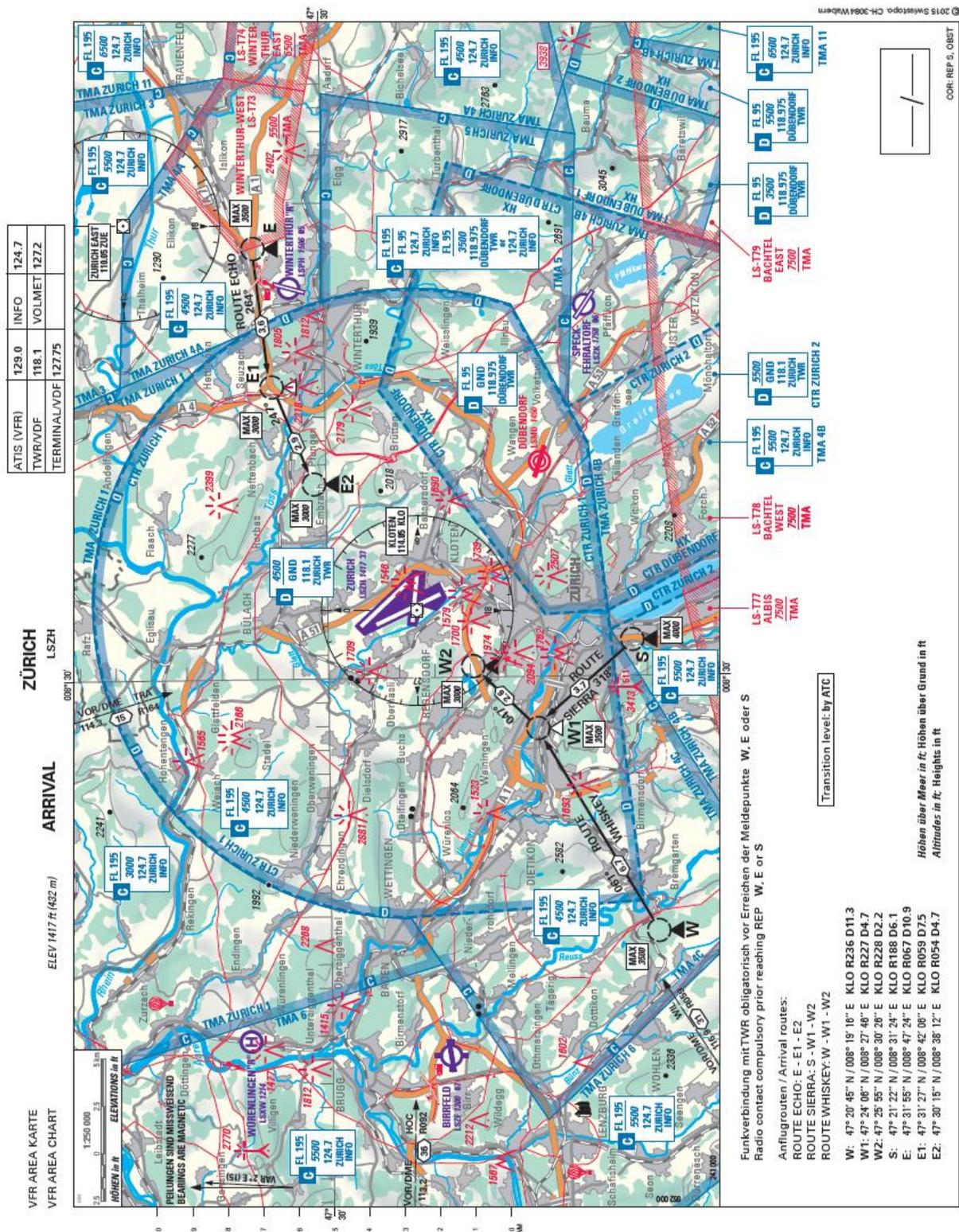
Anhang 12: Originale Area Karte von Lugano (LSZA).



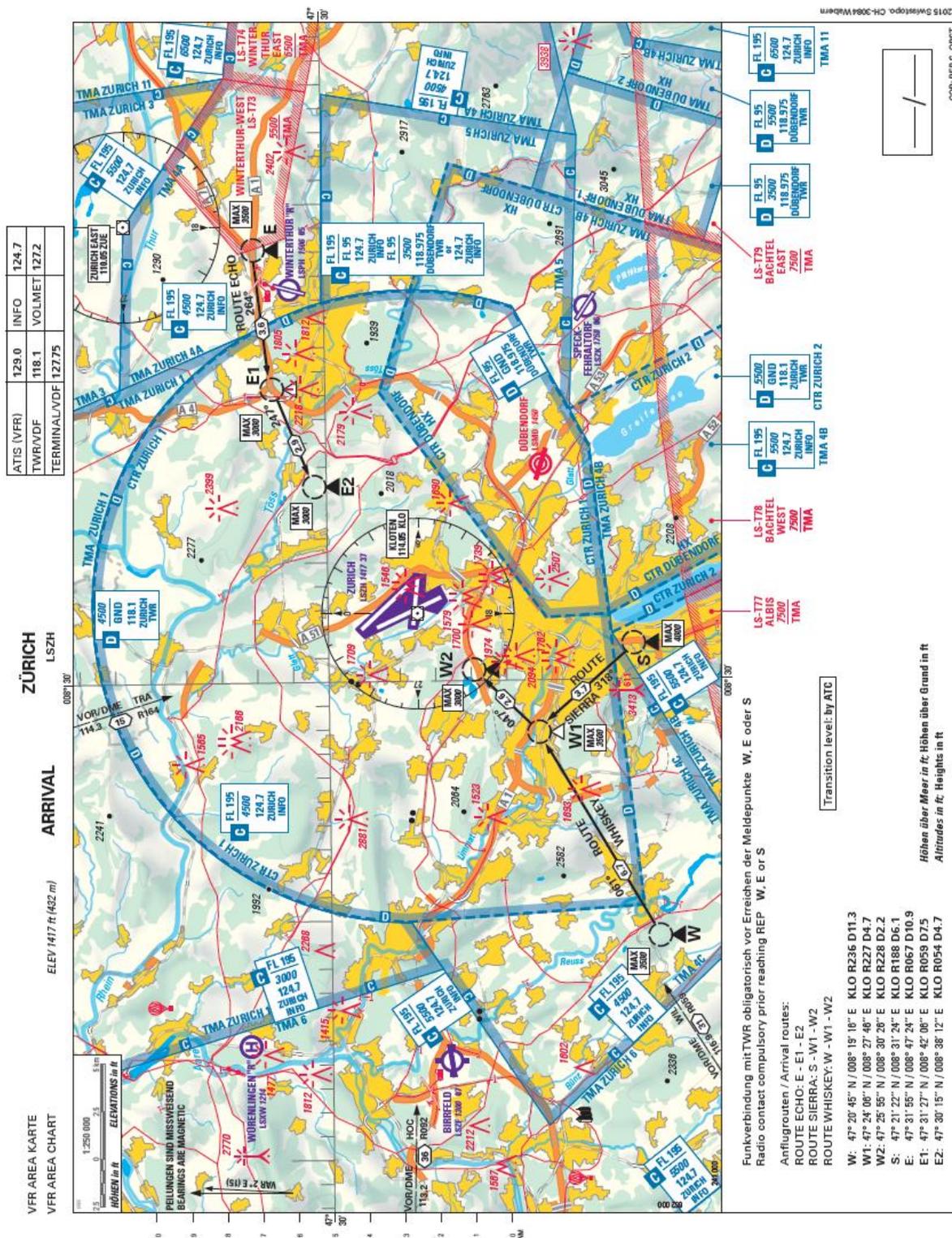
Anhang 13: Neu entwickelte Area Karte von Lugano (LSZA).



Anhang 14: Originale Area Karte von Zürich (LSZH).



Anhang 15: Neu entwickelte Area Karte von Zürich (LSZH).



Anhang 16: Die ICAO Farbpalette, benutzt für die Herstellung der neuen Karten.

Farbwerte für ICAO/MIL Airspace-TIFF
4-Farben-Druck Euroskala

Hypstöne	18400ft	C: 25	M: 65	Y: 100	K: -
Hypstöne	11800ft	C: 17	M: 58	Y: 89	K: -
Hypstöne	8900ft	C: 9	M: 44	Y: 67	K: -
Hypstöne	6900ft	C: -	M: 26	Y: 58	K: -
Hypstöne	5000ft	C: -	M: 19	Y: 44	K: -
Hypstöne	3000ft	C: -	M: 10	Y: 36	K: -
Hypstöne	2000ft	C: -	M: -	Y: 27	K: -
Hypstöne	1000ft	C: -	M: -	Y: 19	K: -
Hypstöne	1000ft	C: -	M: -	Y: 8	K: -

Ortsnamen	grau	C: -	M: -	Y: -	K: 76
Landesgrenze	grau	C: -	M: -	Y: -	K: 40
Strassen/AB	rot	C: -	M: 60	Y: 100	K: -
Bahnen	schwarz	C: -	M: -	Y: -	K: 100
Gewässer	blau	C: 80	M: -	Y: -	K: -
Seeton	hellblau	C: 32	M: -	Y: -	K: -
Kurven	braun	C: 22	M: 62	Y: 100	K: -
Städteton	gelb	C: -	M: 15	Y: 90	K: -
Grenzband (MIL)	grün	C: 60	M: -	Y: 80	K: -
Relief (im Illustrator)		C: 12	M: -	Y: -	K: 25

Farbeinstellung für Photoshop

Violett	100%	C: 70	M: 90	Y: -	K: -
Violett	40%	C: 28	M: 36	Y: -	K: -
Violett	20%	C: 18	M: 25	Y: -	K: -
Blau	100%	C: 100	M: 50	Y: -	K: -
Blau	70%	C: 70	M: 35	Y: -	K: -
Blau	40%	C: 45	M: 12	Y: -	K: -
Blau	25%	C: 25	M: 13	Y: -	K: -
Grün	100%	C: 100	M: -	Y: 100	K: -
Grün	40%	C: 40	M: -	Y: 40	K: -
Farbb. Kat. A	40%	C: -	M: 35	Y: 35	K: -
Sperrzonen	100%	C: -	M: 80	Y: 50	K: -
Puffer	100%	C: -	M: 80	Y: 100	K: -
Puffer	40%	C: -	M: 40	Y: 50	K: -
Naturschutzgeb.	100%	C: -	M: 90	Y: 80	K: -
Naturschutzgeb.	40%	C: -	M: 30	Y: 30	K: -
Hindernisse	100%	C: -	M: 97	Y: 100	K: -
Hochspannungsl. unterbr.		C: -	M: 97	Y: 100	K: -
Hochspannungsl. ganz	30%	C: -	M: 29	Y: 30	K: -
Rote Flugplätze, Schrift		C: -	M: 90	Y: 80	K: -
Überlappung CIV/MIL-Flugpl		C: 20	M: 90	Y: 80	K: -

Überlappungen Rasterbänder Farbkorrekturen

	Violett 40	Blau 40	Blau Tempo	Grün 40	Puffer	Wolkenflugz.	Grenzband
	C28 M36 Y--	C45 M12 Y--	C25 M13 Y--	C40 M-- Y40	C-- M40 Y50	C52 M-- Y52	C60 M-- Y80
Violett 40		C48 M36 Y--	C40 M32 Y--	C47 M20 Y38	C22 M49 Y40	C55 M32 Y40	C66 M23 Y65
Violett 20					C20 M47 Y31		
Blau 40				C52 M09 Y30	C36 M38 Y40	C65 M16 Y38	C72 M05 Y68
Blau Tempo					C20 M38 Y40		
Grün 40					C35 M30 Y62		C76 M-- Y88
Puffer							
Naturschutzgeb				C30 M22 Y50			C50 M27 Y90
Violett + Blau					C45 M55 Y40		C70 M30 Y60
Violett + Grün							C74 M30 Y80
Blau + Grün	C70 M40 Y32						C80 M22 Y100
Viol + Blau + Grün							C86 M40 Y100

Quelle: swisstopo, 2015.

Anhang 17: Statistische Analysen

17.1 T-Test der unabhängigen Variablen

Arbeitshypothese: Die benötigte Zeit für den VFR Karten - Test ist bei den PilotInnen dieselbe wie bei den GeographInnen.

H_0 : Es besteht kein Unterschied zwischen den Resultate der beiden Gruppen.

Background	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
Time Pilot	15	37.00	3.525	.910
Geograph	15	37.67	3.658	.944

		Levene's Test for Equality of Variances		t-test for Equality of Means						
		F	Sig.	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	95% Confidence Interval of the Difference	
									Lower	Upper
Time	Equal variances assumed	.314	.580	-.508	28	.615	-.667	1.312	-3.354	2.020
	Equal variances not assumed			-.508	27.962	.615	-.667	1.312	-3.354	2.020

Die Nullhypothese H_0 wird mit ein Signifikanzwert von $p=0.615$ (> 0.05) nicht verworfen. Es besteht kein signifikanter Unterschied zwischen den beiden Gruppen betreffend die Testzeit (PilotInnen und GeographInnen).

17.2 T-Test der unabhängigen Variablen

Arbeitshypothese: Die Resultate des Hidden Pattern Tests sind bei den PilotInnen gleichen wie bei den GeographInnen.

H_0 : Es besteht kein Unterschied zwischen den Resultate der beiden Gruppen.

Group Statistics

	Background	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
Hiddentest	Pilot	15	62.933	20.9846	5.4182
	Geograph	15	56.267	21.7796	5.6235

Independent Samples Test

		Levene's Test for Equality of Variances		t-test for Equality of Means						
		F	Sig.	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	95% Confidence Interval of the Difference	
									Lower	Upper
Hiddentest	Equal variances assumed	.000	.988	.854	28	.401	6.6667	7.8090	-9.3293	22.6627
	Equal variances not assumed			.854	27.961	.401	6.6667	7.8090	-9.3303	22.6637

Die Nullhypothese H_0 wird mit einem Signifikanzwert von $p=0.401$ (> 0.05) nicht verworfen. Es besteht kein signifikanter Unterschied zwischen den beiden Gruppen in den Hidden Patterns - Test (PilotInnen und GeographInnen).

17.3 Die ANOVA mit wiederholten Messungen für die Aufgabe 3, Kartentyp 1 und 2 von Lugano, Birrfeld und Zürich VAC

Arbeitshypothese: Die originalen VFR VAC Karten werden von den Nutzergruppen als gleichwertig empfunden wie die neu entwickelten Karten.

H_{01} : Es besteht kein Unterschied in der Richtigkeit der Antworten zwischen den getesteten Kartentypen.

H_{02} : Es besteht kein Unterschied in der Richtigkeit der Antworten zwischen den getesteten Nutzergruppen.

H_{03} : Es besteht kein Unterschied in der Richtigkeit der Antworten zwischen den getesteten Kartentypen und der Nutzergruppen.

Between-Subjects Factors

	Value Label	N
Background 0	Pilot	15
1	Geograph	15

Within-Subjects Factors

Measure: MEASURE_1

Karten_Typ	Dependent Variable
1	T3_K1_F171 821222526_L ZBV
2	T3_K2_F192 023242728_L ZBV

Descriptive Statistics

	Background	Mean	Std. Deviation	N
Task 3 Map 1 LSZA&LSZH&LSZB VAC	Pilot	54.367	28.5287	15
	Geograph	84.380	23.1704	15
	Total	69.373	29.7499	30
Task 3 Map 2 LSZA&LSZH&LSZB VAC	Pilot	84.313	25.5676	15
	Geograph	85.407	12.4073	15
	Total	84.860	19.7536	30

Tests of Within-Subjects Effects

Measure: MEASURE_1

Source		Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.	Partial Eta Squared	Noncent. Parameter	Observed Power ^a
Karten_Typ	Sphericity Assumed	3597.553	1	3597.553	12.180	.002	.303	12.180	.920
	Greenhouse-Geisser	3597.553	1.000	3597.553	12.180	.002	.303	12.180	.920
	Huynh-Feldt	3597.553	1.000	3597.553	12.180	.002	.303	12.180	.920
	Lower-bound	3597.553	1.000	3597.553	12.180	.002	.303	12.180	.920
Karten_Typ * Type	Sphericity Assumed	3136.374	1	3136.374	10.619	.003	.275	10.619	.882
	Greenhouse-Geisser	3136.374	1.000	3136.374	10.619	.003	.275	10.619	.882
	Huynh-Feldt	3136.374	1.000	3136.374	10.619	.003	.275	10.619	.882
	Lower-bound	3136.374	1.000	3136.374	10.619	.003	.275	10.619	.882
Error(Karten_Typ)	Sphericity Assumed	8270.223	28	295.365					
	Greenhouse-Geisser	8270.223	28.000	295.365					
	Huynh-Feldt	8270.223	28.000	295.365					
	Lower-bound	8270.223	28.000	295.365					

a. Computed using alpha = .05

Tests of Between-Subjects Effects

Measure: MEASURE_1

Transformed Variable: Average

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.	Partial Eta Squared	Noncent. Parameter	Observed Power ^a
Intercept	356818.817	1	356818.817	455.223	.000	.942	455.223	1.000
Type	3628.593	1	3628.593	4.629	.040	.142	4.629	.547
Error	21947.341	28	783.834					

a. Computed using alpha = .05

H_{o1} : Die Nullhypothese wird verworfen, da der Signifikanzwert der Variable "Karten_Typ", $p= 0.002$ ($p<0.05$) ist. Es besteht ein Unterschied zwischen den Resultaten der zwei Kartentypen.

H_{o2} : Die Nullhypothese wird verworfen, da der Signifikanzwert der Variable "Type", $p= 0.040$ ($p<0.05$) ist. Es besteht ein Unterschied zwischen den Resultaten der beiden Gruppen.

H_{o3} : Die Nullhypothese wird verworfen, da der Signifikanzwert der Variable "Karten_Typ*Type", $p= 0.003$ ($p<0.05$) ist. Eine Interaktion zwischen den Kartentypen und dem Hintergrund der ProbandInnen ist vorhanden. Es besteht ein Unterschied zwischen den Resultaten der beiden Gruppen abhängig von den zwei Kartentypen.

17.4 Die ANOVA wiederholten Rechnungen für die Aufgabe 4, Kartentyp 1 und 2 von Lugano, Birrfeld und Zürich VAC

Arbeitshypothese: Die originalen VFR VAC Karten werden von den Nutzergruppen als gleichwertig empfunden wie die neu entwickelten Karten.

H_{o1} : Es besteht kein Unterschied in der Richtigkeit der Antworten zwischen den getesteten Kartentypen.

H_{o2} : Es besteht kein Unterschied in der Richtigkeit der Antworten zwischen den getesteten Nutzergruppen.

H_{o3} : Es besteht kein Unterschied in der Richtigkeit der Antworten zwischen den getesteten Kartentypen und der Nutzergruppen.

Between-Subjects Factors

	Value Label	N
Background 0	Pilot	15
1	Geograph	15

Descriptive Statistics

Within-Subjects Factors

Measure: MEASURE_1

Karten_Typ	Dependent Variable
1	T4_K1_F343 638_LZBV
2	T4_K2_F333 537_LZBV

	Background	Mean	Std. Deviation	N
Task 4 Map 1 LSZA&LSZH&LSZB VAC Tot.	Pilot	95.560	11.7171	15
	Geograph	39.913	42.1805	15
	Total	67.737	41.5456	30
Task 4 Map 2 LSZA&LSZH&LSZB VAC Tot.	Pilot	97.780	8.5980	15
	Geograph	44.427	46.5839	15
	Total	71.103	42.6555	30

Tests of Within-Subjects Effects

Measure: MEASURE_1

Source		Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.	Partial Eta Squared	Noncent. Parameter	Observed Power ^a
Karten_Typ	Sphericity Assumed	170.017	1	170.017	1.831	.187	.061	1.831	.257
	Greenhouse-Geisser	170.017	1.000	170.017	1.831	.187	.061	1.831	.257
	Huynh-Feldt	170.017	1.000	170.017	1.831	.187	.061	1.831	.257
	Lower-bound	170.017	1.000	170.017	1.831	.187	.061	1.831	.257
Karten_Typ * Type	Sphericity Assumed	19.723	1	19.723	.212	.648	.008	.212	.073
	Greenhouse-Geisser	19.723	1.000	19.723	.212	.648	.008	.212	.073
	Huynh-Feldt	19.723	1.000	19.723	.212	.648	.008	.212	.073
	Lower-bound	19.723	1.000	19.723	.212	.648	.008	.212	.073
Error(Karten_Typ)	Sphericity Assumed	2599.341	28	92.834					
	Greenhouse-Geisser	2599.341	28.000	92.834					
	Huynh-Feldt	2599.341	28.000	92.834					
	Lower-bound	2599.341	28.000	92.834					

a. Computed using alpha = .05

Tests of Between-Subjects Effects

Measure: MEASURE_1

Transformed Variable: Average

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.	Partial Eta Squared	Noncent. Parameter	Observed Power ^a
Intercept	289148.184	1	289148.184	145.490	.000	.839	145.490	1.000
Type	44553.750	1	44553.750	22.418	.000	.445	22.418	.995
Error	55647.326	28	1987.404					

a. Computed using alpha = .05

H_{o1} : Die Nullhypothese wird nicht verworfen, da der Signifikanzwert der Variable "Karten_Typ", $p = 0.187$ ($p > 0.05$) ist. Es besteht kein Unterschied zwischen den Resultaten der zwei Kartentypen.

H_{o2} : Die Nullhypothese wird verworfen da der Signifikanzwert der Variable "Type", $p = 0.000$ ($p < 0.05$) ist. Es besteht ein Unterschied zwischen den Resultaten der beiden Gruppen.

H_{o3} : Die Nullhypothese wird nicht verworfen, da der Signifikanzwert der Variable "Karten_Typ*Type", $p = 0.648$ ($p > 0.05$) ist. Es ist keine Interaktion zwischen den Kartentypen und dem Hintergrund der ProbandInnen vorhanden. Es besteht kein Unterschied zwischen den Resultaten der beiden Gruppen abhängig von den zwei Kartentypen.

17.5 Die ANOVA wiederholten Messungen für die Aufgabe 6, Kartentyp 1 und 2 von Lugano, Birrfeld und Zürich VAC

Arbeitshypothese: Die originalen VFR VAC Karten werden von den Nutzergruppen als gleichwertig empfunden wie die neu entwickelten Karten.

H_{01} : Es besteht kein Unterschied in der Richtigkeit der Antworten zwischen den getesteten Kartentypen.

H_{02} : Es besteht kein Unterschied in der Richtigkeit der Antworten zwischen den getesteten Nutzergruppen.

H_{03} : Es besteht kein Unterschied in der Richtigkeit der Antworten zwischen den getesteten Kartentypen und der Nutzergruppen.

Between-Subjects Factors

	Value Label	N
Background 0	Pilot	15
1	Geograph	15

Descriptive Statistics

Within-Subjects Factors		Background	Mean	Std. Deviation	N
Measure: MEASURE_1					
Karten_Typ	Dependent Variable				
1	T6_K1_F565	Pilot	95.560	11.7171	15
	860_LZBV	Geograph	84.433	21.3786	15
		Total	89.997	17.8589	30
2	T6_K2_F555	Pilot	100.000	.0000	15
	759_LZBV	Geograph	86.680	16.8862	15
		Total	93.340	13.5477	30

Tests of Within-Subjects Effects

Source		Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.	Partial Eta Squared	Noncent. Parameter	Observed Power ^a
Karten_Typ	Sphericity Assumed	167.668	1	167.668	3.149	.087	.101	3.149	.403
	Greenhouse-Geisser	167.668	1.000	167.668	3.149	.087	.101	3.149	.403
	Huynh-Feldt	167.668	1.000	167.668	3.149	.087	.101	3.149	.403
	Lower-bound	167.668	1.000	167.668	3.149	.087	.101	3.149	.403
Karten_Typ * Type	Sphericity Assumed	18.040	1	18.040	.339	.565	.012	.339	.087
	Greenhouse-Geisser	18.040	1.000	18.040	.339	.565	.012	.339	.087
	Huynh-Feldt	18.040	1.000	18.040	.339	.565	.012	.339	.087
	Lower-bound	18.040	1.000	18.040	.339	.565	.012	.339	.087
Error(Karten_Typ)	Sphericity Assumed	1491.027	28	53.251					
	Greenhouse-Geisser	1491.027	28.000	53.251					
	Huynh-Feldt	1491.027	28.000	53.251					
	Lower-bound	1491.027	28.000	53.251					

a. Computed using alpha = .05

Tests of Between-Subjects Effects

Source		Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.	Partial Eta Squared	Noncent. Parameter	Observed Power ^a
Measure: MEASURE_1									
Transformed Variable: Average									
Intercept		504185.000	1	504185.000	1304.527	.000	.979	1304.527	1.000
Type		2241.148	1	2241.148	5.799	.023	.172	5.799	.642
Error		10821.687	28	386.489					

a. Computed using alpha = .05

H_{o1} : Die Nullhypothese wird nicht verworfen, da der Signifikanzwert der Variable "Karten_Typ", $p= 0.087$ ($p>0.05$) ist. Es besteht kein Unterschied zwischen den Resultaten der zwei Kartentypen.

H_{o2} : Die Nullhypothese wird verworfen, da der Signifikanzwert der Variable "Type", $p= 0.023$ ($p<0.05$) ist. Es besteht ein Unterschied zwischen den Resultaten der beiden Gruppen.

H_{o3} : Die Nullhypothese wird nicht verworfen, da der Signifikanzwert der Variable "Karten_Typ*Type", $p= 0.565$ ($p>0.05$) ist. Es ist keine Interaktion zwischen den Kartentypen und dem Hintergrund der ProbandInnen vorhanden. Es besteht kein Unterschied zwischen den Resultaten der beiden Gruppen abhängig von den zwei Kartentypen.

17.6 Die ANOVA wiederholten Messungen für die Aufgabe 1, Kartentyp 1 und 2 von Lugano und Zürich Area

Arbeitshypothese: Die originalen VFR Area Karten werden von den Nutzergruppen als gleichwertig empfunden wie die neu entwickelten Karten.

H_{o1} : Es besteht kein Unterschied in der Richtigkeit der Antworten zwischen den getesteten Kartentypen.

H_{o2} : Es besteht kein Unterschied in der Richtigkeit der Antworten zwischen den getesteten Nutzergruppen.

H_{o3} : Es besteht kein Unterschied in der Richtigkeit der Antworten zwischen den getesteten Kartentypen und der Nutzergruppen.

Between-Subjects Factors

	Value Label	N
Background 0	Pilot	15
1	Geograph	15

Descriptive Statistics

	Background	Mean	Std. Deviation	N
Task 1 Map 1 LSZA&LSZH Area	Pilot	90.000	18.4197	15
	Geograph	70.000	28.6606	15
	Total	80.000	25.7642	30
Task 1 Map 2 LSZA&LSZH Area	Pilot	93.333	14.8404	15
	Geograph	66.667	29.3785	15
	Total	80.000	26.5875	30

Within-Subjects Factors

Measure: MEASURE_1

Karten_Typ	Dependent Variable
1	T1_K1_F125 6_LZA
2	T1_K2_F347 8_LZA

Tests of Within-Subjects Effects

Measure: MEASURE_1

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.	Partial Eta Squared	Noncent. Parameter	Observed Power ^a
Karten_Typ	Sphericity Assumed	.000	1	.000	.000	1.000	.000	.050
	Greenhouse-Geisser	.000	1.000	.000	.000	1.000	.000	.050
	Huynh-Feldt	.000	1.000	.000	.000	1.000	.000	.050
	Lower-bound	.000	1.000	.000	.000	1.000	.000	.050
Karten_Typ * Type	Sphericity Assumed	166.667	1	166.667	.544	.467	.019	.110
	Greenhouse-Geisser	166.667	1.000	166.667	.544	.467	.019	.110
	Huynh-Feldt	166.667	1.000	166.667	.544	.467	.019	.110
	Lower-bound	166.667	1.000	166.667	.544	.467	.019	.110
Error(Karten_Typ)	Sphericity Assumed	8583.333	28	306.548				
	Greenhouse-Geisser	8583.333	28.000	306.548				
	Huynh-Feldt	8583.333	28.000	306.548				
	Lower-bound	8583.333	28.000	306.548				

a. Computed using alpha = .05

Tests of Between-Subjects Effects

Measure: MEASURE_1

Transformed Variable: Average

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.	Partial Eta Squared	Noncent. Parameter	Observed Power ^a
Intercept	384000.000	1	384000.000	470.891	.000	.944	470.891	1.000
Type	8166.667	1	8166.667	10.015	.004	.263	10.015	.863
Error	22833.333	28	815.476					

a. Computed using alpha = .05

H_{o1} : Die Nullhypothese wird nicht verworfen, da der Signifikanzwert der Variable "Karten_Typ", $p = 0.100$ ($p > 0.05$) ist. Es besteht kein Unterschied zwischen den Resultaten der zwei Kartentypen.

H_{o2} : Die Nullhypothese wird verworfen, da der Signifikanzwert der Variable "Type", $p = 0.004$ ($p < 0.05$) ist. Es besteht ein Unterschied zwischen den Resultaten der beiden Gruppen.

H_{o3} : Die Nullhypothese wird nicht verworfen, da der Signifikanzwert der Variable "Karten_Typ*Type", $p = 0.467$ ($p > 0.05$) ist. Es ist keine Interaktion zwischen den Kartentypen und dem Hintergrund der ProbandInnen vorhanden. Es besteht kein Unterschied zwischen den Resultaten der beiden Gruppen abhängig von den zwei Kartentypen.

17.7 Die ANOVA wiederholten Messungen für die Aufgabe 4, Kartentyp 1 und 2 von Lugano und Zürich Area

Arbeitshypothese: Die originalen VFR Area Karten werden von den Nutzergruppen als gleichwertig empfunden wie die neu entwickelten Karten.

H_{01} : Es besteht kein Unterschied in der Richtigkeit der Antworten zwischen den getesteten Kartentypen.

H_{02} : Es besteht kein Unterschied in der Richtigkeit der Antworten zwischen den getesteten Nutzergruppen.

H_{03} : Es besteht kein Unterschied in der Richtigkeit der Antworten zwischen den getesteten Kartentypen und der Nutzergruppen.

Between-Subjects Factors

	Value Label	N
Background 0	Pilot	15
1	Geograph	15

Within-Subjects Factors

Measure: MEASURE_1

Karten_Typ	Dependent Variable
1	T4_K1_F303 2_LZA
2	T4_K2_F293 1_LZA

Descriptive Statistics

	Background	Mean	Std. Deviation	N
Task 4 Map 1	Pilot	100.000	.0000	15
LSZA&LSZH Area Tot.	Geograph	73.333	31.9970	15
	Total	86.667	26.0415	30
Task 4 Map 2	Pilot	100.000	.0000	15
LSZA&LSZH Area Tot.	Geograph	93.333	17.5933	15
	Total	96.667	12.6854	30

Tests of Within-Subjects Effects

Measure: MEASURE_1

Source		Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.	Partial Eta Squared	Noncent. Parameter	Observed Power ^a
Karten_Typ	Sphericity Assumed	1500.000	1	1500.000	9.333	.005	.250	9.333	.839
	Greenhouse-Geisser	1500.000	1.000	1500.000	9.333	.005	.250	9.333	.839
	Huynh-Feldt	1500.000	1.000	1500.000	9.333	.005	.250	9.333	.839
	Lower-bound	1500.000	1.000	1500.000	9.333	.005	.250	9.333	.839
Karten_Typ * Type	Sphericity Assumed	1500.000	1	1500.000	9.333	.005	.250	9.333	.839
	Greenhouse-Geisser	1500.000	1.000	1500.000	9.333	.005	.250	9.333	.839
	Huynh-Feldt	1500.000	1.000	1500.000	9.333	.005	.250	9.333	.839
	Lower-bound	1500.000	1.000	1500.000	9.333	.005	.250	9.333	.839
Error(Karten_Typ)	Sphericity Assumed	4500.000	28	160.714					
	Greenhouse-Geisser	4500.000	28.000	160.714					
	Huynh-Feldt	4500.000	28.000	160.714					
	Lower-bound	4500.000	28.000	160.714					

a. Computed using alpha = .05

Tests of Between-Subjects Effects

Measure: MEASURE_1

Transformed Variable: Average

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.	Partial Eta Squared	Noncent. Parameter	Observed Power ^a
Intercept	504166.667	1	504166.667	996.471	.000	.973	996.471	1.000
Type	4166.667	1	4166.667	8.235	.008	.227	8.235	.791
Error	14166.667	28	505.952					

a. Computed using alpha = .05

H_{o1} : Die Nullhypothese wird verworfen, da der Signifikanzwert der Variable "Karten_Typ", $p= 0.005$ ($p<0.05$) ist. Es besteht ein Unterschied zwischen den Resultaten der zwei Kartentypen.

H_{o2} : Die Nullhypothese wird verworfen, da der Signifikanzwert der Variable "Type", $p= 0.008$ ($p<0.05$) ist. Es besteht ein Unterschied zwischen den Resultaten der beiden Gruppen.

H_{o3} : Die Nullhypothese wird verworfen, da der Signifikanzwert der Variable "Karten_Typ*Type", $p= 0.005$ ($p<0.05$) ist. Eine Interaktion zwischen den Kartentypen und dem Hintergrund der ProbandInnen ist vorhanden. Es besteht ein Unterschied zwischen den Resultaten der beiden Gruppen abhängig von den zwei Kartentypen.

17.8 Die ANOVA wiederholten Messungen für die Aufgabe 6, Kartentyp 1 und 2 von Lugano und Zürich Area

Arbeitshypothese: Die originalen VFR Area Karten werden von den Nutzergruppen als gleichwertig empfunden wie die neu entwickelten Karten.

H_{01} : Es besteht kein Unterschied zwischen den Erwartungswerten der zwei Kartentypen.

H_{02} : Es besteht kein Unterschied zwischen den Erwartungswerten der zwei Gruppen.

H_{03} : Es besteht kein Unterschied in der Richtigkeit der Antworten zwischen den getesteten Kartentypen und der Nutzergruppen.

Between-Subjects Factors

	Value	Label	N
Background	0	Pilot	15
	1	Geograph	15

Within-Subjects Factors

Measure: MEASURE_1

Karten_Typ	Dependent Variable
1	T6_K1_F525 4_LZA
2	T6_K2_F515 3_LZA

Descriptive Statistics

	Background	Mean	Std. Deviation	N
Task 6 Map 1 LSZH&LSZA Area	Pilot	100.000	.0000	15
	Geograph	90.000	20.7020	15
	Total	95.000	15.2564	30
Task 6 Map 2 LSZH&LSZA Area	Pilot	100.000	.0000	15
	Geograph	86.667	22.8869	15
	Total	93.333	17.2873	30

Tests of Within-Subjects Effects

Measure: MEASURE_1

Source		Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.	Partial Eta Squared	Noncent. Parameter	Observed Power ^a
Karten_Typ	Sphericity Assumed	41.667	1	41.667	.318	.577	.011	.318	.085
	Greenhouse-Geisser	41.667	1.000	41.667	.318	.577	.011	.318	.085
	Huynh-Feldt	41.667	1.000	41.667	.318	.577	.011	.318	.085
	Lower-bound	41.667	1.000	41.667	.318	.577	.011	.318	.085
Karten_Typ * Type	Sphericity Assumed	41.667	1	41.667	.318	.577	.011	.318	.085
	Greenhouse-Geisser	41.667	1.000	41.667	.318	.577	.011	.318	.085
	Huynh-Feldt	41.667	1.000	41.667	.318	.577	.011	.318	.085
	Lower-bound	41.667	1.000	41.667	.318	.577	.011	.318	.085
Error(Karten_Typ)	Sphericity Assumed	3666.667	28	130.952					
	Greenhouse-Geisser	3666.667	28.000	130.952					
	Huynh-Feldt	3666.667	28.000	130.952					
	Lower-bound	3666.667	28.000	130.952					

a. Computed using alpha = .05

Tests of Between-Subjects Effects

Measure: MEASURE_1

Transformed Variable: Average

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.	Partial Eta Squared	Noncent. Parameter	Observed Power ^a
Intercept	532041.667	1	532041.667	1541.086	.000	.982	1541.086	1.000
Type	2041.667	1	2041.667	5.914	.022	.174	5.914	.651
Error	9666.667	28	345.238					

a. Computed using alpha = .05

H_{o1} : Die Nullhypothese wird nicht verworfen, da der Signifikanzwert der Variable "Karten_Typ", $p= 0.577$ ($p>0.05$) ist. Es besteht kein Unterschied zwischen den Resultaten der zwei Kartentypen.

H_{o2} : Die Nullhypothese wird verworfen, da der Signifikanzwert der Variable "Type", $p= 0.022$ ($p<0.05$) ist. Es besteht ein Unterschied zwischen den Resultaten der zwei Gruppen.

H_{o3} : Die Nullhypothese wird nicht verworfen, da der Signifikanzwert der Variable "Karten_Typ*Type", $p= 0.577$ ($p>0.05$) ist. Es ist keine Interaktion zwischen den Kartentypen und dem Hintergrund der ProbandInnen vorhanden. Es besteht kein Unterschied zwischen den Resultate der beiden Gruppen abhängig von den zwei Kartentypen.

17.9 Die ANOVA wiederholten Messungen für die Aufgabe 7, Kartentyp 1 und 2 von Lugano und Zürich Area

Arbeitshypothese: Die originalen VFR Area Karten werden von den Nutzergruppen als gleichwertig empfunden wie die neu entwickelten Karten.

H_{01} : Es besteht kein Unterschied in der Richtigkeit der Antworten zwischen den getesteten Kartentypen.

H_{02} : Es besteht kein Unterschied in der Richtigkeit der Antworten zwischen den getesteten Nutzergruppen.

H_{03} : Es besteht kein Unterschied in der Richtigkeit der Antworten zwischen den getesteten Kartentypen und der Nutzergruppen.

Between-Subjects Factors

	Value Label	N
Background 0	Pilot	15
1	Geograph	15

Within-Subjects Factors

Measure: MEASURE_1

Karten_Typ	Dependent Variable
1	T7_K1_F747 57879_LZA
2	T7_K2_7273 7677_LZA

Descriptive Statistics

	Background	Mean	Std. Deviation	N
Task 7 Map 1 LSZH&LSZA Area Tot.	Pilot	46.67	24.761	15
	Geograph	51.67	24.029	15
	Total	49.17	24.108	30
Task 7 Map 2 LSZH&LSZA Area Tot.	Pilot	91.67	12.199	15
	Geograph	71.80	29.338	15
	Total	81.73	24.278	30

Tests of Within-Subjects Effects

Measure: MEASURE_1

Source		Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.	Partial Eta Squared	Noncent. Parameter	Observed Power ^a
Karten_Typ	Sphericity Assumed	15908.817	1	15908.817	25.292	.000	.475	25.292	.998
	Greenhouse-Geisser	15908.817	1.000	15908.817	25.292	.000	.475	25.292	.998
	Huynh-Feldt	15908.817	1.000	15908.817	25.292	.000	.475	25.292	.998
	Lower-bound	15908.817	1.000	15908.817	25.292	.000	.475	25.292	.998
Karten_Typ * Type	Sphericity Assumed	2318.817	1	2318.817	3.687	.065	.116	3.687	.458
	Greenhouse-Geisser	2318.817	1.000	2318.817	3.687	.065	.116	3.687	.458
	Huynh-Feldt	2318.817	1.000	2318.817	3.687	.065	.116	3.687	.458
	Lower-bound	2318.817	1.000	2318.817	3.687	.065	.116	3.687	.458
Error(Karten_Typ)	Sphericity Assumed	17611.867	28	628.995					
	Greenhouse-Geisser	17611.867	28.000	628.995					
	Huynh-Feldt	17611.867	28.000	628.995					
	Lower-bound	17611.867	28.000	628.995					

a. Computed using alpha = .05

Tests of Between-Subjects Effects

Measure: MEASURE_1

Transformed Variable: Average

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.	Partial Eta Squared	Noncent. Parameter	Observed Power ^a
Intercept	257022.150	1	257022.150	545.673	.000	.951	545.673	1.000
Type	828.817	1	828.817	1.760	.195	.059	1.760	.249
Error	13188.533	28	471.019					

a. Computed using alpha = .05

H_{o1} : Die Nullhypothese wird verworfen, da der Signifikanzwert der Variable "Karten_Typ", $p= 0.000$ ($p<0.05$) ist. Es besteht ein Unterschied zwischen den Resultaten der zwei Kartentypen.

H_{o2} : Die Nullhypothese wird nicht verworfen, da der Signifikanzwert der Variable "Type", $p= 0.195$ ($p>0.05$) ist. Es besteht kein Unterschied zwischen den Resultaten der beiden Gruppen.

H_{o3} : Die Nullhypothese wird nicht verworfen, da der Signifikanzwert der Variable "Karten_Typ*Type", $p= 0.065$ ($p>0.05$) ist. Es ist keine Interaktion zwischen den Kartentypen und dem Hintergrund der ProbandInnen vorhanden. Es besteht kein Unterschied zwischen den Resultaten der beiden Gruppen abhängig von den zwei Kartentypen.

17.10 Die ANOVA wiederholten Messungen für die Aufgabe 3, 4, und 6 Kartentyp 1 und 2 von Lugano, Birrfeld und Zürich VAC

Arbeitshypothese: Die originalen VFR VAC Karten werden von den Nutzergruppen als gleichwertig empfunden wie die neu entwickelten Karten.

H_{o1} : Es besteht kein Unterschied in der Richtigkeit der Antworten zwischen den getesteten Kartentypen.

H_{o2} : Es besteht kein Unterschied in der Richtigkeit der Antworten zwischen den getesteten Nutzergruppen.

H_{o3} : Es besteht kein Unterschied in der Richtigkeit der Antworten zwischen den getesteten Kartentypen und der Nutzergruppen.

Between-Subjects Factors

	Value Label	N
Background	0 Pilot	15
	1 Geograph	15

Descriptive Statistics

Within-Subjects Factors		Background	Mean	Std. Deviation	N
Measure: MEASURE_1					
Map_Type	Dependent Variable				
1	Tot_Map1_VA C	Pilot	81.829	9.0337	15
		Geograph	69.576	22.4099	15
		Total	75.702	17.9073	30
2	Tot_Map2_VA C	Pilot	94.031	8.5180	15
		Geograph	72.171	20.1376	15
		Total	83.101	18.8250	30

Tests of Within-Subjects Effects

Source		Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.	Partial Eta Squared	Noncent. Parameter	Observed Power ^a
Map_Type	Sphericity Assumed	821.153	1	821.153	24.653	.000	.468	24.653	.998
	Greenhouse-Geisser	821.153	1.000	821.153	24.653	.000	.468	24.653	.998
	Huynh-Feldt	821.153	1.000	821.153	24.653	.000	.468	24.653	.998
	Lower-bound	821.153	1.000	821.153	24.653	.000	.468	24.653	.998
Map_Type * Type	Sphericity Assumed	346.080	1	346.080	10.390	.003	.271	10.390	.875
	Greenhouse-Geisser	346.080	1.000	346.080	10.390	.003	.271	10.390	.875
	Huynh-Feldt	346.080	1.000	346.080	10.390	.003	.271	10.390	.875
	Lower-bound	346.080	1.000	346.080	10.390	.003	.271	10.390	.875
Error(Map_Type)	Sphericity Assumed	932.639	28	33.309					
	Greenhouse-Geisser	932.639	28.000	33.309					
	Huynh-Feldt	932.639	28.000	33.309					
	Lower-bound	932.639	28.000	33.309					

a. Computed using alpha = .05

Tests of Between-Subjects Effects

Source		Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.	Partial Eta Squared	Noncent. Parameter	Observed Power ^a
Intercept		378277.480	1	378277.480	760.146	.000	.964	760.146	1.000
Type		4363.948	1	4363.948	8.769	.006	.238	8.769	.816
Error		13933.869	28	497.638					

a. Computed using alpha = .05

H_{o1} : Die Nullhypothese wird verworfen, da der Signifikanzwert der Variable "Karten_Typ", $p= 0.000$ ($p<0.05$) ist. Es besteht ein Unterschied zwischen den Resultaten der zwei Kartentypen.

H_{o2} : Die Nullhypothese wird verworfen, da der Signifikanzwert der Variable "Type", $p= 0.006$ ($p<0.05$) ist. Es besteht ein Unterschied zwischen den Resultaten der beiden Gruppen.

H_{o3} : Die Nullhypothese wird verworfen, da der Signifikanzwert der Variable "Karten_Typ*Type", $p= 0.003$ ($p<0.05$) ist. Eine Interaktion zwischen den Kartentypen und dem Hintergrund der ProbandInnen ist vorhanden. Es besteht ein Unterschied zwischen den Resultaten der beiden Gruppen abhängig von den zwei Kartentypen.

17.11 Die ANOVA wiederholten Messungen für die Aufgabe 1, 4, 6 und 7 Kartentyp 1 und 2 von Lugano und Zürich Area

Arbeitshypothese: Die originalen VFR Area Karten werden von den Nutzergruppen als gleichwertig empfunden wie die neu entwickelten Karten.

H_{o1} : Es besteht kein Unterschied in der Richtigkeit der Antworten zwischen den getesteten Kartentypen.

H_{o2} : Es besteht kein Unterschied in der Richtigkeit der Antworten zwischen den getesteten Nutzergruppen.

H_{o3} : Es besteht kein Unterschied in der Richtigkeit der Antworten zwischen den getesteten Kartentypen und der Nutzergruppen.

Between-Subjects Factors

	Value Label	N
Background 0	Pilot	15
1	Geograph	15

Descriptive Statistics

Within-Subjects Factors

Measure: MEASURE_1

Map_Type	Dependent Variable
1	Tot_Map1_Area
2	Tot_Map2_Area

	Background	Mean	Std. Deviation	N
Tot Map 1 Area	Pilot	84.167	8.1376	15
	Geograph	71.250	20.4306	15
	Total	77.708	16.6321	30
Tot Map 2 Area	Pilot	96.267	5.6735	15
	Geograph	77.967	8.7216	15
	Total	87.117	11.7843	30

Tests of Within-Subjects Effects

Measure: MEASURE_1

Source		Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.	Partial Eta Squared	Noncent. Parameter	Observed Power ^a
Map_Type	Sphericity Assumed	1327.751	1	1327.751	11.931	.002	.299	11.931	.915
	Greenhouse-Geisser	1327.751	1.000	1327.751	11.931	.002	.299	11.931	.915
	Huynh-Feldt	1327.751	1.000	1327.751	11.931	.002	.299	11.931	.915
	Lower-bound	1327.751	1.000	1327.751	11.931	.002	.299	11.931	.915
Map_Type * Type	Sphericity Assumed	108.676	1	108.676	.977	.332	.034	.977	.159
	Greenhouse-Geisser	108.676	1.000	108.676	.977	.332	.034	.977	.159
	Huynh-Feldt	108.676	1.000	108.676	.977	.332	.034	.977	.159
	Lower-bound	108.676	1.000	108.676	.977	.332	.034	.977	.159
Error(Map_Type)	Sphericity Assumed	3116.117	28	111.290					
	Greenhouse-Geisser	3116.117	28.000	111.290					
	Huynh-Feldt	3116.117	28.000	111.290					
	Lower-bound	3116.117	28.000	111.290					

a. Computed using alpha = .05

Tests of Between-Subjects Effects

Measure: MEASURE_1

Transformed Variable: Average

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.	Partial Eta Squared	Noncent. Parameter	Observed Power ^a
Intercept	407509.209	1	407509.209	2206.892	.000	.987	2206.892	1.000
Type	3654.301	1	3654.301	19.790	.000	.414	19.790	.990
Error	5170.283	28	184.653					

a. Computed using alpha = .05

H_{o1} : Die Nullhypothese wird verworfen, da der Signifikanzwert der Variable "Map_Type,, $p= 0.000$ ($p<0.05$) ist. Es besteht ein Unterschied zwischen den Resultaten der zwei Kartentypen.

H_{o2} : Die Nullhypothese wird verworfen, da der Signifikanzwert der Variable "Type,, $p= 0.000$ ($p<0.05$) ist. Es besteht ein Unterschied zwischen den Resultaten der beiden Gruppen.

H_{o3} : Die Nullhypothese wird nicht verworfen, da der Signifikanzwert der Variable "Map_Type*Type,, $p= 0.332$ ($p>0.05$) ist. Es ist keine Interaktion zwischen den Kartentypen und dem Hintergrund der ProbandInnen vorhanden. Es besteht kein Unterschied zwischen den Resultaten der beiden Gruppen abhängig von den zwei Kartentypen.

17.12 Die ANOVA wiederholten Messungen für die Aufgabe 7, Kartentyp 1 und 2 von Lugano, Birrfeld und Zürich VAC

Arbeitshypothese: Die originalen VFR VAC Karten werden von den Nutzergruppen als gleichwertig empfunden wie die neu entwickelten Karten.

H_{o1} : Es besteht kein Unterschied in der Richtigkeit der Antworten zwischen den getesteten Kartentypen.

H_{o2} : Es besteht kein Unterschied in der Richtigkeit der Antworten zwischen den getesteten Nutzergruppen.

H_{o3} : Es besteht kein Unterschied in der Richtigkeit der Antworten zwischen den getesteten Kartentypen und der Nutzergruppen.

Between-Subjects Factors

	Value Label	N
Background 0	Pilot	15
1	Geograph	15

Within-Subjects Factors

Measure: MEASURE_1

Map_type	Dependent Variable
1	T7_K1_F626 366677071_L ZBV
2	T7_K2_F616 465686980_L ZBV

Descriptive Statistics

	Background	Mean	Std. Deviation	N
Task 7 Map 1 LSZH&LSZA&LSZB VAC	Pilot	57.633	28.7892	15
	Geograph	53.187	18.0994	15
	Total	55.410	23.7356	30
Task 7 Map 2 LSZH&LSZA&LSZB VAC	Pilot	71.013	18.3126	15
	Geograph	59.907	16.4837	15
	Total	65.460	18.0269	30

Tests of Within-Subjects Effects

Measure: MEASURE_1

Source		Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.	Partial Eta Squared	Noncent. Parameter	Observed Power ^a
Map_type	Sphericity Assumed	1515.037	1	1515.037	11.691	.002	.295	11.691	.910
	Greenhouse-Geisser	1515.037	1.000	1515.037	11.691	.002	.295	11.691	.910
	Huynh-Feldt	1515.037	1.000	1515.037	11.691	.002	.295	11.691	.910
	Lower-bound	1515.037	1.000	1515.037	11.691	.002	.295	11.691	.910
Map_type * Type	Sphericity Assumed	166.333	1	166.333	1.284	.267	.044	1.284	.194
	Greenhouse-Geisser	166.333	1.000	166.333	1.284	.267	.044	1.284	.194
	Huynh-Feldt	166.333	1.000	166.333	1.284	.267	.044	1.284	.194
	Lower-bound	166.333	1.000	166.333	1.284	.267	.044	1.284	.194
Error(Map_type)	Sphericity Assumed	3628.404	28	129.586					
	Greenhouse-Geisser	3628.404	28.000	129.586					
	Huynh-Feldt	3628.404	28.000	129.586					
	Lower-bound	3628.404	28.000	129.586					

a. Computed using alpha = .05

Tests of Between-Subjects Effects

Measure: MEASURE_1

Transformed Variable: Average

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.	Partial Eta Squared	Noncent. Parameter	Observed Power ^a
Intercept	219143.354	1	219143.354	291.356	.000	.912	291.356	1.000
Type	907.148	1	907.148	1.206	.281	.041	1.206	.186
Error	21060.193	28	752.150					

a. Computed using alpha = .05

H_{o1} : Die Nullhypothese wird verworfen, da der Signifikanzwert der Variable "Karten_Typ", $p= 0.02$ ($p<0.05$) ist. Es besteht ein Unterschied zwischen den Resultaten der zwei Kartentypen.

H_{o2} : Die Nullhypothese wird nicht verworfen, da der Signifikanzwert der Variable "Type", $p= 0.281$ ($p>0.05$) ist. Es besteht kein Unterschied zwischen den Resultaten der beiden Gruppen.

H_{o3} : Die Nullhypothese wird nicht verworfen, da der Signifikanzwert der Variable "Karten_Typ*Type", $p= 0.267$ ($p>0.05$) ist. Es ist keine Interaktion zwischen den Kartentypen und dem Hintergrund der ProbandInnen vorhanden. Es besteht kein Unterschied zwischen den Resultaten der beiden Gruppen abhängig von den zwei Kartentypen.

18: Persönliche Erklärung

Ich erkläre hiermit, dass ich die vorliegende Arbeit selbständig verfasst und die den verwendeten Quellen wörtlich oder inhaltlich entnommen Stellen als solche kenntlich gemacht habe.

Zürich, 30.9.2015

Juliette Marx