

**Geographisches Institut der Universität Zürich**

Geographische Informationsvisualisierung & Analyse (GIVA)

---

Masterarbeit GEO 511

**Der Einfluss von Stress während der Navigation auf die  
involvierten kognitiven Prozesse und den Gebrauch der  
mobilen Karten**

---

Verfasser

**Patrice Frei**

patrice.frei@uzh.ch

10-720-571

Betreut von

**Prof. Dr. Sara I. Fabrikant** (Fakultätsmitglied)

**Dr. Kai-Florian Richter**

Abgabe:

30. September 2015



## ZUSAMMENFASSUNG

Kartenapplikationen auf mobilen Geräten werden im Alltag immer häufiger verwendet. Die Applikationen erleichtern uns die Navigation dank der laufend aktualisierenden Positionsangabe und der Möglichkeit Routen anzuzeigen. Der Trend zur Nutzung von mobilen Geräten für diverse Aufgaben ist auch im Bereich von Sicherheits- und Rettungsorganisationen sichtbar. In diesem Kontext werden Karten aber unter speziellen Bedingungen gebraucht, denn jede Sekunde zählt. Oftmals geht es um Leben und Tod und es lastet ein enormer Druck auf den Schultern der Einsatzkräfte. Dies bedeutet für uns Menschen unter Stress zu stehen. Gerade aber in solchen Situationen ist es wichtig, dass man sich ein Wissen über die Umgebung aneignet, um im Falle eines Ausfalls des Navigationshilfsmittels nicht die Orientierung zu verlieren. Eine mentale Karte ist wichtig, um sich auch ohne ein Hilfsmittel im Raum zurecht zu finden. Im Rahmen dieser Arbeit wurde anhand eines Experiments im Freien untersucht, wie sich Stress auf den Erwerb von räumlichem Wissen bei der Navigation auswirkt. Dafür wurde mit der Schweizer Armee zusammen gearbeitet, welche 35 Angehörige der Armee (AdA) für diese Studie zur Verfügung stellte. 18 AdA absolvierten eine Navigationsaufgabe unter Stress. Stress wurde hierbei in Form von Zeitdruck, Lärm, Störungen durch das mobile Gerät (Dialogfenster) und einem Szenario vermittelt. Die anderen 17 AdA lösten die Aufgabe ohne gezielte Stressinduktion. Während der Navigationsaufgabe wurden Finger- und Blickinteraktionen mit der Karte sowie die Hautleitfähigkeit für die Messung des Stressempfindens aufgezeichnet. Im Anschluss an die Navigationsaufgabe wurde anhand von drei Tests das erworbene Wissen über die Umgebung überprüft (Richtungs- und Distanzschätzung und Szenenwiedererkennung). Es wurde vermutet, dass unter Stress mehr Wissen aufgebaut wird. Diese Hypothese konnte nicht vollumfänglich bestätigt werden. Die Resultate zeigen, dass in dieser Studie aufgrund einer stärkeren Fokussierung auf die Karte unter Stresseinfluss ein besseres Überblickswissen angeeignet wurde. Die stärkere Fokussierung hatte aber den Nachteil, dass die Umgebung nicht mehr genau wahrgenommen wurde, was zu einem schlechteren Landmarken- und Routenwissen führte (gemessen an Szenenwiedererkennungsaufgabe). Ein spannendes Resultat zeigte die Orientierung der anhand der Richtungs- und Distanzschätzung rekonstruierten mentalen Karten der AdA. Unter Stresseinfluss wurde beobachtet, dass die mentalen Karten so ausgerichtet sind, dass sie dem globalen Bezugssystem (Nord-Süd, Ost-West) entspricht. Die mentale Karte erfährt einen Rotationseffekt unter Stress. Bei der Gruppe ohne Stresseinfluss konnte keine einheitliche Ausrichtung beobachtet werden.

### **Schlagwörter**

Navigation, Mentale Karte, Stress, digitale Karte, räumliches Wissen, räumliches Lernen



## DANKSAGUNG

Verschiedene Personen haben dank ihrer Unterstützung zum Gelingen dieser Arbeit beigetragen. Ich möchte mich vor allem bei meinen Betreuungspersonen Prof. Dr. Sara Irina Fabrikant und Dr. Kai-Florian Richter bedanken, welche mich von der ersten Idee bis hin zum Abschluss dieser Arbeit mit konstruktiven Diskussionen und Tipps unterstützt haben.

Des Weiteren möchte ich mich im Speziellen bei Herrn Michael Lanini bedanken. Dank seiner tatkräftigen Unterstützung war es überhaupt möglich, die Studie mit Angehörigen der Armee durchzuführen. Ein weiterer Dank für das zur Verfügung stellen der Testpersonen geht hierbei auch an Oberst i Gst Fredy Keller und Oberstlt Cédric Ruckli vom Kompetenzzentrum SWISSINT. Ebenfalls möchte ich mich herzlich bei Oberstlt Martin Kinzl für methodische Hinweise bedanken. Und ein letzter Dank in Richtung Armee geht an Lt Ramon Baumbach, welcher für einen reibungslosen zeitlichen Ablauf der Studie gesorgt hat.

Bedanken möchte ich mich auch bei Tumasch Reichenbacher und Ioannis Giannopoulos für die Unterstützung beim Erlernen der Funktionsweise des Mobilten Eyetrackers. Sowie bei Sara Maggi für zahlreiche Hinweise zur Benutzung des Smartbandes und der Auswertung dieser Daten.

Des Weiteren danke ich auch herzlichst Isabella Kübler, Ramón Huldi, Oliver Deseö, David Reist, Marco Tribelhorn, Annina Brügger, Thomas Ingold, Milena Mächler, Christian Ammann, Andreas Burkhard, Gillian Lowther, Jonas Hänseler, André Bruggmann für ihre Unterstützung bei Pilottest, bei der Durchführung der Studie, zahlreichen anregenden und motivierenden Diskussionen, Korrekturlesen und allgemein der Unterstützung in den stressigen Zeiten.

Ebenfalls bedanken möchte ich mich bei Guido Toivanen und Daniel Felder für die zur Verfügungstellung eines inspirierenden Arbeitsplatzes.

Im Speziellen möchte ich meiner Familie Claudia, André und Cédric Frei danken, welche mir das Studium überhaupt ermöglichten und mich während der ganzen Zeit unterstützten.



**INHALTSVERZEICHNIS**

**ABBILDUNGSVERZEICHNIS..... VII**

**TABELLENVERZEICHNIS ..... IX**

**ABKÜRZUNGEN ..... X**

**1 EINLEITUNG ..... 1**

**2 FORSCHUNGSKONTEXT ..... 5**

**2.1 Grundlagen der Navigation ..... 5**

**2.2 Kognitive oder auch mentale Karte ..... 6**

        2.2.1 *Begriff der „kognitiven/mentalen Karte“ ..... 6*

        2.2.2 *Erwerb von räumlichem Wissen ..... 8*

        2.2.3 *Ungenauigkeiten in mentalen Karten..... 11*

**2.3 Quellen für räumliches Wissen..... 12**

        2.3.1 *Vergleich des Wissensaufbaus mit Karten und direkter Begehung einer Umgebung..... 13*

        2.3.2 *Einfluss der digitalen Karten auf das räumliche Wissen..... 15*

        2.3.3 *Unterschiedliche digitale Kartentypen und ihre Auswirkungen auf das Wissen ..... 18*

**2.4 Eigenschaften einer Person und deren Einfluss auf das räumliche Wissen ..... 20**

**2.5 Das Wohlbefinden und dessen Einfluss auf das räumliche Wissen..... 21**

        2.5.1 *Definition Stress ..... 21*

        2.5.2 *Stress und seine Auswirkungen auf das Lernen ..... 23*

        2.5.3 *Stress und seine Auswirkungen auf die kognitiven Prozesse bei der Navigation..... 23*

**2.6 Eingliederung dieser Arbeit in den Forschungskontext..... 27**

**3 FORSCHUNGSFRAGEN ..... 29**

**4 METHODIK..... 31**

**4.1 Teilnehmende ..... 31**

**4.2 Strukturierung der Studie..... 32**

**4.3 Vortests ..... 34**

        4.3.1 *Persönlichkeitsfragebogen..... 34*

        4.3.2 *Test zur Merkfähigkeit..... 35*

        4.3.3 *Test zur Orientierung..... 35*

        4.3.4 *Fragebogen zur räumlichen Strategie ..... 37*

        4.3.5 *Ablauf der Vortests..... 37*

**4.4 Hauptexperiment ..... 39**

        4.4.1 *Design des Experiments ..... 39*

        4.4.2 *Testumgebung ..... 40*

        4.4.3 *Materialien des Hauptexperiments ..... 43*

        4.4.4 *Ablauf des Hauptexperiments..... 55*

**5 RESULTATE..... 59**

<b>5.1</b>	<b>Vortests .....</b>	<b>59</b>
5.1.1	<i>Persönlichkeitsfragebogen.....</i>	59
5.1.2	<i>Test zur Orientierung.....</i>	62
5.1.3	<i>Fragebogen zur räumlichen Strategie.....</i>	63
5.1.4	<i>Test zur Merkfähigkeit.....</i>	63
5.1.5	<i>Einteilungskriterium für die Experimentgruppen.....</i>	64
<b>5.2</b>	<b>Hauptexperiment .....</b>	<b>66</b>
5.2.1	<i>Vergleich der Experimentgruppen (Stress- und Kontrollgruppe).....</i>	66
5.2.2	<i>Vergleich der AdA mit hoher und tiefer räumlicher Denkfähigkeit.....</i>	83
5.2.3	<i>Vergleich des Stresseinflusses auf AdA mit hoher und jener mit tiefer RDF.....</i>	90
<b>6</b>	<b>DISKUSSION .....</b>	<b>103</b>
<b>6.1</b>	<b>Hat die Stressinduktion bei den AdA auch Stress ausgelöst?.....</b>	<b>103</b>
<b>6.2</b>	<b>Forschungsfrage A: Einfluss von Stress auf dem Aufbau von Überblickswissen.....</b>	<b>104</b>
6.2.1	<i>Richtungsschätzung .....</i>	104
6.2.2	<i>Distanzschätzung.....</i>	108
6.2.3	<i>MMR – Rekonstruktion der mentalen Karte .....</i>	109
<b>6.3</b>	<b>Forschungsfrage B: Einfluss von Stress auf das Landmarken- und Routenwissen.....</b>	<b>112</b>
<b>6.4</b>	<b>Forschungsfrage C: Einfluss von Stress auf den Umgang mit der Karte.....</b>	<b>115</b>
<b>6.5</b>	<b>Forschungsfrage D: Einfluss der RDF beim Lernen unter Stress.....</b>	<b>117</b>
6.5.1	<i>Unterschied zwischen AdA mit hoher und tiefer RDF.....</i>	117
6.5.2	<i>Vergleich des Stresseinflusses innerhalb der RDF-Gruppen.....</i>	120
<b>6.6</b>	<b>Kritische Betrachtung der Studie.....</b>	<b>123</b>
<b>7</b>	<b>SCHLUSSWORT UND AUSBLICK .....</b>	<b>127</b>
7.1	<b>Ausblick .....</b>	<b>130</b>
<b>8</b>	<b>LITERATUR .....</b>	<b>133</b>
<b>ANHANG .....</b>		<b>141</b>
<b>A</b>	<b>Zeitplan des Hauptexperiments .....</b>	<b>141</b>
<b>B</b>	<b>Inhalte der Dialogfenster .....</b>	<b>141</b>
<b>C</b>	<b>Persönlichkeitsfragebogen .....</b>	<b>142</b>
<b>D</b>	<b>Fragebogen zur räumlichen Strategie .....</b>	<b>145</b>
<b>E</b>	<b>Einwilligungsformular .....</b>	<b>147</b>
<b>F</b>	<b>Hinweisblatt .....</b>	<b>149</b>
<b>G</b>	<b>Schild am Checkpoint .....</b>	<b>150</b>
<b>H</b>	<b>Szenario Stress-Gruppe .....</b>	<b>151</b>
<b>I</b>	<b>Szenario Kontrollgruppe .....</b>	<b>152</b>
<b>J</b>	<b>SSSQ Fragebogen .....</b>	<b>153</b>
<b>K</b>	<b>Schlussfragebogen .....</b>	<b>155</b>

<b>L</b>	<b>Resultat des unabhängigen T-Test: Variablen SSSQ.....</b>	<b>157</b>
	<b>EIGENSTÄNDIGKEITSERKLÄRUNG.....</b>	<b>158</b>

## ABBILDUNGSVERZEICHNIS

Abbildung 1: Prozess der Navigation von Ishikawa et al. (2008).....	6
Abbildung 2: Vergleich der Theorie von Siegel & White (1975) (links) mit der Theorie von Montello (1998) (rechts) (Ishikawa & Montello, 2006).....	10
Abbildung 3: Rotationseffekt A = reale Ausrichtung, B = Schätzung (Glicksohn, 1994).....	12
Abbildung 4: Vergleich der Richtungsschätzungsaufgabe zwischen der Karten- und der Navigationsgruppe von Richardson et al. (1999). Mittelwert + 1 Standardfehler.....	14
Abbildung 5: Augmented-Reality-Navigationssystem von Huang et al. (2012). ....	19
Abbildung 6: Digitale topographische Karte von Huang et al. (2012). ....	19
Abbildung 7: Navigationssysteme bei Münzer et al. (2012). ....	19
Abbildung 8: Folgen von Stress (Bodenmann & Gmelch, 2009). ....	22
Abbildung 9: Star Mirror Trace Task (Quelle: <a href="http://hua.umf.maine.edu/psychology/mirrrpap.jpg">http://hua.umf.maine.edu/psychology/mirrrpap.jpg</a> , letzter Zugriff: 12.09.2015). ....	25
Abbildung 10: Inhalt der Ausbildung der AdA (SWISSINT, 2015) .....	31
Abbildung 11: Struktur der Studie. ....	32
Abbildung 12: digitale Karte für die Navigationsaufgabe .....	33
Abbildung 13: Beispielkarte beim Building Memory Test (Ekstrom et al., 1976).....	35
Abbildung 14: Beispielttestseite beim Building Memory Test (Ekstrom et al., 1976) .....	35
Abbildung 15: Beispielaufgabe aus dem Test zur Orientierung (Hegarty & Waller, 2004).....	36
Abbildung 16: Testumgebung topographische Karte von Google Maps.....	40
Abbildung 17: Testumgebung auf der Satellitenbildkarte von Google Maps.....	41
Abbildung 18: AdA beim Checkpoint Nr. 5.....	42
Abbildung 19: Kartenapplikation für Kontrollgruppe. ....	44
Abbildung 20: Kartenapplikation Stress-Gruppe: Vermittlung des Zeitdrucks.....	45
Abbildung 21: Stressinduktion durch die Applikation: Countdown und Dialogfenster. ....	46
Abbildung 22: Richtungs- und Distanzschätzung, Antwort für den Checkpoint 2 von ID 5.....	47
Abbildung 23: Szene einer Kreuzung mit markierten Richtungen. ....	49
Abbildung 24: AdA mit dem mobilen Eyetracker und dem Sonnenhut .....	50
Abbildung 25: Ausgerüstetes Tablet. ....	51
Abbildung 26: Dichtekarte der Blicke. grün = tiefe Dichte; rot = hohe Dichte.....	51
Abbildung 27: Smartband der Firma Bodymonitor.....	52
Abbildung 28: Mit Messgeräten ausgestatteter AdA.....	56
Abbildung 29: AdA bei der Richtungs- und Distanzschätzung.....	57
Abbildung 30: AdA bei der Fotoaufgabe. ....	58
Abbildung 31: Häufigkeit des Gebrauchs mobiler Karten im Alltag. 1 = nie; 5 = sehr häufig.....	60
Abbildung 32: Gebrauch von Karten im Einsatz. 1 = nie; 5 = sehr häufig.....	60
Abbildung 33: Weitere Erfahrungen im Kontext „Navigation mit Karten“; 1 = keine Erfahrung; 5 = täglicher Gebrauch .....	61
Abbildung 34: Kenntnisse von der Ortschaft Stans.....	61
Abbildung 35: Resultat des Tests zur Orientierung (nach der Grösse sortiert).....	62
Abbildung 36: Fragebogen zur räumlichen Strategie (Münzer & Hölscher, 2011) (nach der Grösse sortiert).....	63
Abbildung 37: Test zur Merkfähigkeit (Ekstrom et al., 1976) (nach Grösse sortiert) .....	64
Abbildung 38: Winkelschätzfehler der Experimentgruppen. Mittelwert $\pm$ 2 Standardfehler.....	67
Abbildung 39: Richtungsschätzung pro Punkt der Experimentgruppen. Mittelwert $\pm$ 2 Standardfehler.....	68

Abbildung 40: Korrelationskoeffizient der Distanzen der Experimentgruppen. Mittelwert $\pm 2$ Standardfehler.....	69
Abbildung 41: MMR $R^2$ Bestimmtheitsmass Experimentgruppen. Mittelwert $\pm 2$ Standardfehler.....	70
Abbildung 42: MMR Skalierungsfaktor $\phi$ , $\phi < 1$ Schrumpfung, $\phi > 1$ Ausdehnung. Mittelwert $\pm 2$ Standardfehler.....	70
Abbildung 43: MMR Betrag des Rotationswinkel der Experimentgruppen. Mittelwert $\pm 2$ Standardfehler.....	71
Abbildung 44: MMR Rotationswinkel Richtung, $> 0$ Drehung im Uhrzeigersinn, $< 0$ Drehung im Gegenuhrzeigersinn. Mittelwert $\pm 2$ Standardfehler.....	71
Abbildung 45: Resultat der Fotoaufgabe. Mittelwert $\pm 2$ Standardfehler.....	74
Abbildung 46: Smartband Auswertung der Experimentgruppen. Mittelwert $\pm 2$ Standardfehler.....	76
Abbildung 47: Veränderung der SSSQ-Punktzahl. Mittelwert $\pm 2$ Standardfehler.....	77
Abbildung 48: Fingerinteraktionen der Experimentgruppen. Mittelwert $\pm 2$ Standardfehler.....	78
Abbildung 49: Schlussfragebogen Schwierigkeit der Aufgaben. Mittelwert $\pm 2$ Standardfehler.....	81
Abbildung 50: Richtungsschätzung Vergleich zwischen hoher und tiefer RDF. Mittelwert $\pm 2$ Standardfehler.....	84
Abbildung 51: Mittelwert der Korrelation der Distanzen, Vergleich zwischen hohe und tiefe RDF. Mittelwert $\pm 2$ Standardfehler.....	85
Abbildung 52: MMR $R^2$ Bestimmtheitsmass RDF-Gruppen. Mittelwert $\pm 2$ Standardfehler.....	85
Abbildung 53: MMR Skalierungsfaktor, $\phi < 1$ Schrumpfung, $\phi > 1$ Ausdehnung. Mittelwert $\pm 2$ Standardfehler.....	85
Abbildung 54: MMR Betrag des Rotationswinkel der RDF-Gruppen. Mittelwert $\pm 2$ Standardfehler.....	86
Abbildung 55: MMR Rotationswinkel Richtung. Mittelwert $\pm 2$ Standardfehler.....	86
Abbildung 56: Resultat der Fotoaufgabe. Mittelwert $\pm 2$ Standardfehler.....	87
Abbildung 57: Fingerinteraktionen mit der Karte RDF. Mittelwert $\pm 2$ Standardfehler.....	88
Abbildung 58: Richtungsschätzung aufgeteilt nach RDF- und Experimentgruppen. Mittelwert $\pm 2$ Standardfehler.....	91
Abbildung 59: Mehrfaktorielle Varianzanalyse Richtungsschätzung.....	92
Abbildung 60: Distanzschätzung aufgeteilt nach RDF- und Experimentgruppen. Mittelwert $\pm 1$ Standardfehler.....	93
Abbildung 61: Mehrfaktorielle Varianzanalyse Distanzschätzung.....	94
Abbildung 62: MMR $R^2$ nach RDF- und Experimentgruppen. Mittelwert $\pm 2$ Standardfehler.....	95
Abbildung 63: MMR Skalierungsfaktor $\phi$ für X nach RDF- und Experimentgruppen. Mittelwert $\pm 2$ Standardfehler.....	95
Abbildung 64: MMR Skalierungsfaktor $\phi$ für Y nach RDF- und Experimentgruppen. Mittelwert $\pm 2$ Standardfehler.....	95
Abbildung 65: MMR Betrag des Rotationswinkels nach RDF- und Experimentgruppen. Mittelwert $\pm 2$ Standardfehler.....	95
Abbildung 66: MMR Rotationswinkel Richtung nach RDF- und Experimentgruppen. Mittelwert $2$ Standardfehler.....	95
Abbildung 67: Mehrfaktorielle Varianzanalyse MMR $R^2$ .....	97
Abbildung 68: Fotoaufgabe aufgeteilt nach RDF- und Experimentgruppen. Mittelwert $\pm 2$ Standardfehler.....	97
Abbildung 69: Mehrfaktorielle Varianzanalyse Fotoaufgabe.....	98
Abbildung 70: Fingerinteraktionen aufgeteilt nach RDF- und Experimentgruppen. Mittelwert $\pm 2$ Standardfehler.....	99
Abbildung 71: Stresslevel aufgeteilt nach RDF- und Experimentgruppe. Mittelwert $\pm 1$ Standardfehler.....	100
Abbildung 72: Veränderung der SSSQ-Punktzahl. Mittelwert $\pm 2$ Standardfehler.....	101
Abbildung 73: Richtungsschätzung der Experimentgruppen. Mittelwert.....	105
Abbildung 74: Richtungsschätzung bei Gartner & Hiller (2009). Mittelwert.....	105
Abbildung 75: Mentale Karte von ID 10 mS.....	110
Abbildung 76: Mentale Karte von ID 15 mS.....	110
Abbildung 77: Blickrichtung bei den Schätzungen. Karte: Google Maps.....	111
Abbildung 78: Szene eines Fotos einer Fotoaufgabe.....	114

---

## TABELLENVERZEICHNIS

---

Tabelle 1: Definition der Variablen des Experiments.....	39
Tabelle 2: Rangliste aller Tests: Experimentgruppen. mS = Stress-Gruppe; oS = Kontrollgruppe.....	66
Tabelle 3: Punktebewertungssystem Fotoaufgabe.....	73
Tabelle 4: Auswertung MET Daten.....	80
Tabelle 5: Rangliste aller Tests: RDF-Gruppen .....	83
Tabelle 6: Blickinteraktionen RDF-Gruppen .....	88
Tabelle 7: Rangliste aller Tests: Aufgeteilt nach Experimentgruppe und RDF-Gruppe.....	90
Tabelle 8: Dichtekarten der Blicke. Grün = tiefe Dichte der Blicke, Rot = hohe Dichte der Blicke .....	107

**ABKÜRZUNGEN**

<b>AdA</b>	Angehöriger / Angehörige /Angehörigen der Armee
<b>FN</b>	<i>False Negative</i> . Variable der Signal Detektion Theorie (Griffin & Bell, 2009)
<b>FP</b>	<i>False Positive</i> . Variable der Signal Detektion Theorie (Griffin & Bell, 2009)
<b>MET</b>	Mobiler Eyetracker
<b>MMR</b>	<i>Mental Map Reconstruction</i> . Englisch für die Methode zur Rekonstruktion der mentalen Karte aufgrund der Richtung- und Distanzschätzung
<b>mS</b>	mit Stress; die Experimentgruppe, welche die Studie unter Stresseinfluss absolvierte
<b>oS</b>	ohne Stress; die Experimentgruppe, welche die Studie ohne Stresseinfluss absolvierte
<b>PPD A</b>	psychologisch pädagogischer Dienst der Armee
<b>RDF</b>	räumliche Denkfähigkeit
<b>SCL</b>	<i>Skin Conductance Level</i> . Hautleitfähigkeitniveau
<b>SCR</b>	<i>Skin Conductance Response</i> . Hautleitfähigkeitsreaktion
<b>TN</b>	<i>True Negative</i> . Variable der Signal Detektion Theorie (Griffin & Bell, 2009)
<b>TP</b>	<i>True Positive</i> . Variable der Signal Detektion Theorie (Griffin & Bell, 2009)



# 1 EINLEITUNG

Mobile Geräte wie Smartphones erfreuen sich immer grösserer Beliebtheit. Sie sind ein ständiger Begleiter in unserem Alltag und dank ihren vielfältigen Funktionen ist es für die meisten von uns nicht mehr aus dem Leben wegzudenken. Neben der Kommunikationsfähigkeit der Geräte, wie z.B. dem Versenden von Kurznachrichten, gehört die Nutzung von mobilen Karten zu einer der Hauptfunktionen des Gerätes. Immer mehr Menschen vertrauen und stützen sich bei der Navigation voll und ganz auf ihre Navigationssysteme (Huang et al., 2012).

Bei der Navigation ist man aber nicht immer auf externe Hilfsmittel angewiesen. Jeder und jede von uns kennt den Weg von ihrem oder seinem Zuhause an den Arbeitsplatz, ohne auf eine Karte schauen zu müssen. Fragt uns eine Touristin nach einem bestimmten Ort in der eigenen Heimatstadt, haben wir keine Mühe ihr den Weg dorthin zu erklären. Und auch wenn man in einer fremden Stadt ist: Zu Beginn ist man auf die Karte für die Wegfindung angewiesen und nach ein paar Tagen bewegt man sich ohne einen Blick auf die Karte zu werfen zum neuen Lieblingsrestaurant in dieser Stadt. Wir bauen also ein Wissen über die Umgebung auf, welches uns erlaubt, ohne Hilfsmittel wie z.B. der Kartenapplikation auf dem Smartphone, den Weg von A nach B zu finden. In der Forschung wird dieses Wissen über den Raum in unserem Kopf auch häufig als „kognitive oder mentale Karte“ bezeichnet (Tversky, 1993). Der Mensch hat also – um es in den Worten des heutigen digitalen Zeitalters auszudrücken – eine eigene Kartenapp im Kopf. Für die Entdeckung, wie genau unser Gehirn bei der Navigation und dem Aufbau der inneren Landkarte funktioniert, wurde 2014 der Nobelpreis in Medizin an John O’Keefe und an das norwegische Forscherpaar May-Britt und Edvard Moser verliehen<sup>1</sup>. Das Thema der mentalen Karte und das Interesse, um was es sich hierbei genau handelt, geriet dadurch in den Fokus der breiten Öffentlichkeit. Die Presse betitelte die Arbeiten von O’Keefe und Moser & Moser als die Entdeckung des „inneren GPS-System<sup>2</sup>“ und „Das Navi in unserem Kopf<sup>3</sup>“.

Die Untersuchung der mentalen Karte ist aber keine Neuerscheinung. Bereits Edward Tolman (1948) verwendete Mitte des 20. Jahrhunderts den Begriff „kognitive Karte“ für das Wissen, welches Ratten über seine Experimentumgebung aufgebaut haben. Bekannt ist auch, dass der Aufbau des räumlichen Wissens, d.h. das Lernen einer Umgebung, bereits mit der ersten Begehung beginnt und ein Prozess ist, welcher automatisch abläuft. Die Aufnahme von Wissen ist sozusagen ein Nebeneffekt der Bewegung durch den Raum (Münzer et al., 2006; Richter, 2013). Aber man nimmt nicht nur räumliches Wissen auf, wenn man sich direkt durch den Raum bewegt. Räumliches Wissen für die mentale Karte kann man

---

<sup>1</sup> Podbregar, N. (2014). *Medizin-Nobelpreis für inneres GPS*. „[http://www.wissenschaft.de/leben-umwelt/hirnforschung/-/journal\\_content/56/12054/4657299/Medizin-Nobelpreis-f%C3%BCr-inneres-GPS/](http://www.wissenschaft.de/leben-umwelt/hirnforschung/-/journal_content/56/12054/4657299/Medizin-Nobelpreis-f%C3%BCr-inneres-GPS/)“, letzter Zugriff: 16.09.2015

<sup>2</sup> 3sat (2014). *Das innere GPS*. „<http://www.3sat.de/page/?source=/nano/medizin/178870/index.html>“, letzter Zugriff: 16.09.2015

<sup>3</sup> N24(2014). *Das Navi in unserem Kopf*. „<http://www.n24.de/n24/Nachrichten/Wissenschaft/d/5509514/das-navi-in-unserem-kopf.html>“, letzter Zugriff: 16.09.2015

z.B. auch aus Karten oder geschriebenen Wegbeschreibungen holen (Montello & Friendschuh, 1995; Münzer et al., 2006, Richter, 2013). Gerade in unbekanntem Gebieten ist man auf Hilfsmittel wie Karten für den Aufbau von räumlichem Wissen angewiesen. Sie vermitteln eine Ansicht der Umgebung aus der Vogelperspektive, die man sonst nicht hätte. Dadurch lassen sich die räumlichen Beziehungen zwischen einzelnen Orten in der Gegend erkennen (Münzer et al., 2006). Verschiedene Forscher wie z.B. Thorndyke & Hayes-Roth (1982) oder Montello et al. (2004) beschäftigten sich mit dem Einfluss dieser verschiedenen Quellen von räumlicher Information auf unsere mentale Karte. Mit dem Aufkommen der Smartphones, und somit der mobilen digitalen Karte, ist dann auch der Einfluss dieser Quelle in den Fokus der Forschung gerückt (z.B. Ishikawa et al. (2008), Willis et al. (2009) oder Huang et al. (2012)). Man weiss heute, dass mobile digitale Karten uns die Navigation dank der automatischen Positions- und Routenanzeige erleichtern, jedoch setzen wir uns dadurch nicht mehr aktiv mit der Karte auseinander und nehmen dadurch weniger Wissen über die Umgebung auf (Parush et al., 2007; Richter et al., 2010).

Was diese Forscher und Forscherinnen gemeinsam haben, ist das Bewusstsein, dass der Aufbau einer mentalen Karte eine zentrale Komponente der Navigation darstellt. Münzer et al. (2006) nennt hierbei drei Gründe: Erstens will man ein Wissen über die Umgebung aufbauen, um nicht immer auf Hilfsmittel angewiesen zu sein. Zweitens hilft uns eine mentale Karte eine Route zu planen. Und drittens kann es passieren, dass während der Navigation das Hilfsmittel aus technischen Gründen (z.B. Akku leer) ausfällt oder wir es verlieren. In diesem Fall sind wir allein auf unsere aufgebaute mentale Karte angewiesen.

Währendem jeder und jede von uns im Alltag bei einem Verlust oder Ausfall des Navigationshilfsmittels auf die mentale Karte angewiesen ist, gibt es Personen, für welche es im Berufsalltag unerlässlich ist, eine gute mentale Karte aufzubauen. Für Berufsleute von Sicherheits- und Rettungsorganisationen (z.B. Militär, Polizei, Feuerwehr) ist es wichtig, dass sie auch ohne Hilfsmittel immer wissen wo sie sich in der Umgebung befinden und wie sie in Relation zu anderen Objekten im Raum positioniert sind. Der Aufbau einer mentalen Karte ist also unabdingbar, vor allem für den Fall, dass das Hilfsmittel verloren geht (Johansson et al., 2013). Die Bedingungen, unter welchen diese Personen eine mentale Karte aufbauen müssen, sind im Vergleich zur allgemeinen Bevölkerung aber speziell. Berufspersonen befinden sich während dem Einsatz in Situationen wieder, in welcher z.B. grosse Hitze, Chaos nach einem Erbeben, eingeschränkte Sicht durch Staub in der Luft herrscht oder es kann überlebenswichtig sein, sicher von A nach B zu kommen. Solche Situationen können im Körper stressauslösend wirken (Bodenmann & Gmelch, 2009). Dies wirft die Frage auf: Bauen wir in einer solchen Stresssituation eine gleich gute mentale Karte auf, wie wenn wir bei einem gemütlichen Sonntagsspaziergang eine Stadt erkunden? Wie beeinflusst Stress die Aufnahme und Verarbeitung der räumlichen Informationen?

Bei Berufspersonen sind mentale Karten also überlebenswichtig. Aber nicht nur bei diesen treten während dem Aufbau der mentalen Karten Faktoren auf, die Stress auslösen können. Jeder und jede von uns kann während der Navigation Stressoren wie z.B. Lärm oder Zeitdruck ausgesetzt sein. Es ist deshalb allgemein interessant zu wissen, welchen Einfluss Stress auf den Aufbau einer mentalen Karte hat.

Viele Leute vertrauen bei der Navigation voll und ganz auf ihre mobile digitale Karte in ihrer Hosentasche (Huang et al., 2012). Der Trend zum Gebrauch von Smartphones in allen Lebenslagen hält auch im Sicherheits- und Rettungsbereich Einzug. Polizeikorps, wie jene des Kantons Zürich<sup>4</sup> und des Kantons St.Gallen<sup>5</sup>, sind heute schon mit Smartphones zu Kommunikationszwecken und für die Datenerfassung ausgestattet. Die Vermutung liegt somit nahe, dass zukünftig auch die Navigation in Einsätzen mit Kartenmaterial auf Smartphones gemeistert wird. Man weiss aber bereits, dass diese Geräte zu einem passiveren Verhalten und dadurch zu weniger guten mentalen Karten führen. Gilt dies auch für die Stresssituationen, in welchen sich die Berufspersonen befinden? Führt Stress eventuell zu einem aktiveren Umgang mit der mobilen digitalen Karte bei der Navigation?

In dieser Arbeit wird diesen Fragen nachgegangen. Dazu wird im Rahmen einer empirischen Studie untersucht, welchen Einfluss eine Stresssituation auf den Aufbau von räumlichem Wissen hat. Des Weiteren wird der Umgang mit der mobilen digitalen Karten beobachtet, um allfällige Gründe für den unterschiedlichen Wissensaufbau zu finden.

Die Arbeit ist wie folgt strukturiert: Im nächsten Kapitel wird ein Überblick über den aktuellen Stand der Forschung im Bereich der mentalen Karten gegeben. In Kapitel 3 werden dann die genauen Forschungsfragen und die dazugehörigen Hypothesen vorgestellt. Anschliessend wird in Kapitel 4 die verwendete Methodik zur Beantwortung der Forschungsfragen beschrieben. Die Resultate der Studie werden in Kapitel 5 präsentiert. In Kapitel 6 folgen die Diskussion dieser Resultate und deren Eingliederung in den Forschungskontext. Im 7. und letzten Kapitel werden dann die Hauptkenntnisse dieser Arbeit zusammengefasst und ein Ausblick zu weiteren möglichen Forschungen gegeben.

---

<sup>4</sup> Baumgarnter, F. (2013). *Verbrecherjagd mit Smartphone-App*. „<http://www.nzz.ch/aktuell/zuerich/uebersicht/verbrecherjagd-mit-smartphone-app-1.18124431>“, letzter Zugriff: 08.11.2014

<sup>5</sup> Abraxas (2015). *Die Kantonspolizei St.Gallen setzt auf mobile Lösungen*. „<https://www.abraxas.ch/referenzen/kantonspolizei-st-gallen/>“, letzter Zugriff, 12.09.2015

---



## 2 FORSCHUNGSKONTEXT

In diesem Kapitel wird ein Überblick über den aktuellen Stand der Forschung im Bereich der Navigation und Stress gegeben. Dabei wird zuerst auf die Grundlagen der Navigation und die Rolle der mentalen Karte darin eingegangen. Anschliessend wird spezifischer auf den Aufbau von räumlichem Wissen eingegangen, inwiefern das Wohlbefinden dabei einen Einfluss hat und was hierzu bereits erforscht wurde.

### 2.1 Grundlagen der Navigation

Der Begriff „Navigation“ wird als koordinierte und zielgerichtete Bewegung durch den Raum definiert, welche sich aus zwei Komponenten zusammensetzt: Die Wegfindung und die Fortbewegung (Montello, 2005). Die *Wegfindung* ist der planende Teil der Navigation, in welchem Entscheidungen gefällt werden: Hierbei geht es darum, aufgrund der verfügbaren Informationen und dem bestehenden Wissen über den Raum eine Reihe von Aktionen (z.B. „Treppe hochgehen“ + „nach rechts abbiegen“ + „nach links abbiegen“ usw.) zu planen, die am Ende ans Ziel führen. Dafür bezieht man sich auf internes (bestehendes Wissen über den Raum im Kopf) oder externes Wissen (z.B. Karten). Während der Ausführung des Planes – der *Fortbewegung* – wird dieser anhand der neu aufgenommenen Informationen aus der Umwelt laufend überprüft und falls notwendig, angepasst (z.B. wenn eine Treppe gesperrt ist) (Passini, 1981; Montello, 2005). Die *Fortbewegung* an sich aber ist die reine Bewegung in die durch den Plan vorgegebene Richtung durch den Raum. Bei dieser Bewegung wird vor allem die unmittelbare Umgebung wahrgenommen, um mögliche Hindernisse zu umgehen. Auch wenn diese beiden Komponenten sich getrennt beschreiben lassen, kommen sie sehr selten unabhängig voneinander vor. Einzig, wenn man zum Beispiel ohne Ziel durch die Umgebung geht (nur Fortbewegung) oder eine Reise plant, die man nie antritt (nur Wegfindung), kommen diese zwei Bestandteile einzeln vor (Montello & Sas, 2006).

Eine erfolgreiche Navigation bedeutet also, dass man sein Ziel in effizienter Weise, und ohne sich körperlich zu schaden, erreicht. Dafür ist es notwendig, dass man sich während der Bewegung im Klaren ist, wo man sich in Relation zum Ziel und zu weiteren Orten oder Objekten befindet. Eine weitere wichtige Komponente der Navigation ist deshalb die Orientierung im Raum. Wir Menschen benutzen eine Kombination von zwei Prozessen für die Aufrechterhaltung der Orientierung während der Fortbewegung: Landmarken-basierte Prozesse und Prozesse der Koppelnavigation (engl. *dead reckoning*). Das Orientieren mit Landmarken beinhaltet das Wiedererkennen von spezifischen Objekten oder Orten. Für die Wiedererkennung ist man auf eine Karte oder internes Wissen angewiesen. Beim Prozess der Koppelnavigation benutzt man für die Orientierung Komponenten der Fortbewegung wie die Geschwindigkeit der Bewegung und die Reisedauer. Anhand solcher Parameter kann man in Relation zum Startpunkt der Route herausfinden, wo man sich befindet. Da sich bei der Koppelnavigation über die Zeit Fehler ansammeln (z.B. durch falsches Zeitgefühl) und sie nur funktioniert, wenn man den Ort des Startpunktes kennt, hilft dieser Prozess alleine nicht zur korrekten Orientierung und Navigation. Aus diesem Grund ist eine Kombination der beiden Prozesse notwendig (Montello, 2005).

Wie Ishikawa et al. (2008) zusammenfasst, gehört zu einer erfolgreichen Navigation, dass man zuerst weiss, wo man sich befindet und in welche Richtung man blickt (räumliche Orientierung). Des Weiteren ist es wichtig, Informationen darüber zu haben, wo sich das Ziel befindet und wie man dorthin kommt, um einen Plan zu erstellen. Anschliessend wird dieser Plan ausgeführt. Für all diese Schritte ist man auf Wissen über den Raum angewiesen (Abb. 1). Dieses Wissen bezieht man entweder aus externen Repräsentationen des Raumes, wie z.B. eine Karte, oder aber aus internen mentalen Repräsentationen der Umgebung (Montello,

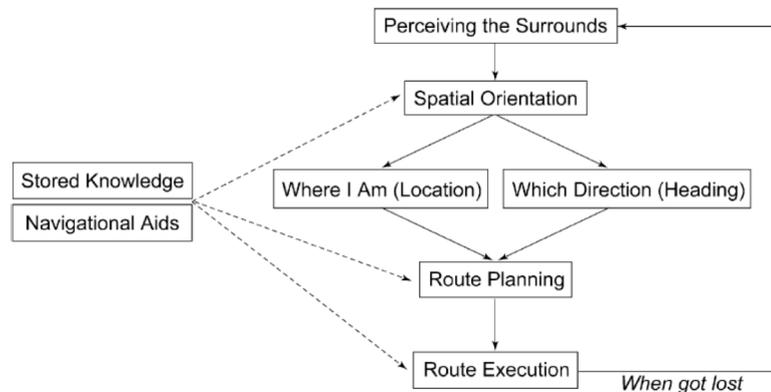


Abbildung 1: Prozess der Navigation von Ishikawa et al. (2008)

2005; Ishikawa et al., 2008). Fehlt

eine interne Wissensquelle im Falle eines Ausfalls der externen Wissensquelle (z.B. Verlieren der Karte oder Akku leer), kann dies zur Folge haben, dass man nicht mehr weiss, wo man sich befindet oder welchen Weg man einschlagen muss. Diese geographische Orientierungslosigkeit wird auch als „sich verirren“ bezeichnet und hat einen negativen Einfluss auf das Wohlbefinden (Lynch, 1960; Montello & Freundsuh, 1995; Montello & Sas, 2006; Münzer et al., 2006).

## 2.2 Kognitive oder auch mentale Karte

Für eine erfolgreiche Navigation ist man also auf räumliches Wissen aus *externen* Quellen (wie z.B. eine Karte) oder auf *internes* räumliches Wissen angewiesen. Im Speziellen ist man auf internes Wissen über den Raum angewiesen, wenn man die externe Quelle verliert oder sie ausfällt (Münzer et al., 2006; Huang et al., 2012). Im Folgenden möchte ich vertiefter auf die interne Wissensquelle eingehen und dabei zuerst erklären, was unter dem Begriff mentale Karte zu verstehen ist, woher der Begriff stammt und was man in der Literatur bereits über die mentalen Karten weiss.

### 2.2.1 Begriff der „kognitiven/mentalenen Karte“

Der kognitive Prozess der Aufnahme von Wissen ist ein Prozess, welcher nahezu ständig durchgeführt wird und beginnt, sobald man mit etwas Neuem konfrontiert wird (Richter, 2013). Dies gilt auch für das Lernen der räumlichen Umgebung: Wenn man durch eine Umgebung navigiert, nimmt man automatisch Wissen über die räumliche Struktur der Umgebung auf. Dieser „zufällige“ Lernprozess kann als eine Art Nebeneffekt der Wegfindung bezeichnet werden (Münzer et al., 2006). Man gewinnt Wissen über den Raum, wenn man sich durch ihn bewegt, wenn man eine Karte betrachtet (bzw. sie

für die Navigation nutzen) oder wenn man jemanden über die Umgebung sprechen hört (Richter, 2013). Dieses Wissen wird im Gehirn in Form einer mentalen Repräsentation des Raumes abgespeichert und in der Literatur häufig als „kognitive oder mentale Karte“ bezeichnet (Tversky, 1993).

Der Begriff „kognitive Karte“ tauchte in der Literatur ein erstes Mal in einer Arbeit von Edward Tolman (1948) auf. In Experimenten mit Nagetieren beobachtete Tolman (1948), dass diese Tiere ein breiteres räumliches Verständnis der Umgebung aufbauten, als bloss einen antrainierten Weg. Basierend darauf kam Tolman (1948) zur Aussage, dass Impulse aus der Umgebung im Nervensystem der Nagetiere (und in Analogie dazu beim Menschen) verarbeitet und zu einer Art kognitive Karte des Raumes umgesetzt werden. Tolman (1948) beschreibt weiter, dass es diese Karte ist, welche Wege angibt und dadurch das Verhalten im Raum beeinflusst. Diese Beeinflussung des Verhaltens von der kognitiven Karte wird auch bei Downs & Stea (1973) beschrieben. Das Verhalten des Menschen ist abhängig von der individuellen kognitiven Karte, die eine Person über die Umgebung hat (Downs & Stea, 1973).

Die kognitive Karte kann als Produkt eines komplexen psychologischen Prozesses angesehen werden. Dieser Prozess beinhaltet das Aufnehmen, Kodieren, Speichern sowie auch das Abrufen und Dekodieren von Informationen aus der Umgebung. (Downs & Stea, 1973) Die kognitive Karte ist aber nicht ein statisches, sondern viel mehr ein dynamisches Produkt, welches mit der Zeit und mehr Erfahrung immer wieder erweitert und verfeinert wird (Kitchin, 1994; Montello, 2009).

Die Bezeichnung des im Kopf gespeicherten Wissens als „Karte“ ist jedoch umstritten (Tversky, 1993). Eine kognitive Karte ist nicht exakt mit einer kartographischen Karte oder einer Fotoaufnahme vergleichbar, denn sie ist geprägt durch Deformationen, Unvollständigkeit und Verallgemeinerungen aufgrund von individuellen Unterschieden und der eingeschränkten Fähigkeit Informationen wahrzunehmen. (Downs & Stea, 1973; Kitchin 1994). Anstatt von einer „Karte“ spricht Lynch (1960) deshalb von einem *environmental image*, welches er als ein generalisiertes mentales Bild der äusserlichen physikalischen Welt definiert.

Auch Tversky (1993) ist mit der Analogie zur kartographischen Karte nicht einverstanden und postuliert in ihrer Arbeit deshalb zwei neue Begriffe, „kognitive Collage“ und „mentales räumliches Modell“. Tversky (1993) argumentiert hierbei, dass der Begriff der „kognitiven Karte“ nicht die Komplexität und die Vielfalt des räumlichen Wissens widerspiegeln. Gerade in einem unbekanntem Gebiet ist das Wissen über den Raum unvollständig und es wird in unterschiedlichen Formen gespeichert, wie z.B. Erinnerungsfetzen an eine Karte oder an eine verbale Instruktion. Aufgrund dieser Vielfalt an Wissensformen ist es nicht möglich, all diese Wissensstücke in einem „Kartenformat“ zusammenzufassen. Der Begriff einer kognitiven Collage ist deshalb nach Tversky (1993) ein passenderer Begriff für die Beschreibung des mentalen räumlichen Wissens über eine nicht gut bekannte Umgebung. Für das räumliche Wissen über eine bekannte oder einfach strukturierte Gegend führt Tversky (1993) den Begriff des mentalen räumlichen Modelles ein. Dieser Begriff beschreibt das Wissen, welches man über die groben räumlichen Beziehungen zwischen Landmarken einer für uns bekannten Umgebung hat. Das Wort

„Karte“ ist gemäss Tversky (1993) hier deshalb nicht angebracht, da man nicht eine metrische Vorstellung des Raumes hat und nicht auf eine Perspektive beschränkt ist, wie dies bei gedruckten Karten der Fall ist. Viel mehr ist eine Person im Stande räumliche Beziehungen zwischen den Landmarken aus verschiedenen Sichtweisen zu rekonstruieren und Schlussfolgerungen daraus zu ziehen. Aber auch dieses Modell ist nicht frei von Verzerrungen und kann somit von Fehlern geprägt sein (Tversky, 1993). Diese Kritik zur Karten-Analogie von Tversky (1993) wird auch von Kitchin (1994) unterstützt, welcher den Begriff der „kognitiven Karte“ als ein hypothetisches Konstrukt betrachtet. Dieses hypothetische Konstrukt ist nach Kitchin (1994) eine praktische Beschreibung für die komplexen Prozesse, welche das Verhalten im Raum beeinflussen, aber nichts mit einer kartographischen Karte zu tun haben.

Trotz der Diskussion um die Analogie zur kartographischen Karte kann man die kognitive oder mentale Karte als das Produkt aus einer Reihe komplexer kognitiver Prozesse beschreiben (= „kognitives Kartieren“ (Downs & Stea, 1973)). Dieses Produkt wird vom Gehirn konstruiert und enthält Informationen über die Umwelt und die räumlichen Beziehungen innerhalb dieser Umgebung. Diese Informationen sind aber durch den Kontext von Raum und Zeit sowie durch den individuellen Selektionsprozess beeinflusst, welcher wiederum von den Charakteristiken einer Person (z.B. Gefühlslage, Erfahrungen, Zweck der Wissensaufnahme) geprägt ist. Des Weiteren sind die Informationen von Deformationen und Generalisierungsprozessen durch die Person beeinflusst (Lynch, 1960; Downs & Stea, 1973; Wood & Beck, 1990; Tversky, 1993; Kitchin, 1994). Da die Aufnahme von Wissen ein ständiger Prozess ist (Richter, 2013), handelt es sich bei der kognitiven Karte nicht um ein statisches, sondern um ein sich veränderndes dynamisches Produkt (Kitchin, 1994; Montello, 2009). Wenn man also von einer kognitiven Karte spricht oder diese misst, dann ist damit das Resultat der komplexen Verarbeitung der räumlichen Informationen zu einem bestimmten Zeitpunkt gemeint (Downs & Stea, 1973). Eine solche kognitive Karte beeinflusst das Verhalten einer Person im Raum (Tolman, 1948; Downs & Stea, 1973). Wird in dieser Arbeit von einer kognitiven oder mentalen Karte gesprochen, bezieht man sich auf die gerade präsentierte Definition des Begriffs.

### **2.2.2 Erwerb von räumlichem Wissen**

Die Verwendung der Kartenmetapher für die Beschreibung des mental gespeicherten räumlichen Wissens ist also weit verbreitet. In Bezug auf die Art, wie der Aufbau von räumlichem Wissen abläuft, wird ebenfalls oft eine Theorie bzw. ein Modell des Lernprozesses zitiert (Montello, 1998; Münzer et al. 2006; Montello, 2009; Huang et al., 2012; Ishikawa & Takahashi, 2013; Richter, 2013): Die Theorie von Siegel & White (1975). Ich möchte im folgenden Kapitel diese Theorie erklären und die Diskussion rund um diese Theorie aufzeigen.

### ***Dreistufiger Aufbau von räumlichem Wissen***

Gemäss dem Modell von Siegel und White (1975) baut man räumliches Wissen über eine neue Umgebung in drei Stufen auf. Die erste Stufe bildet das Wissen über auffällige und identitätsstiftende Objekte in der Landschaft, sogenannte Landmarken. Dies müssen aber nicht nur einzelne Objekte sein, sondern es kann sich auch um ein gut erkennbares Muster von mehreren Landmarken handeln (z.B. eine Skyline einer Stadt). Diese erste Stufe wird als Landmarken-Wissen bezeichnet (engl. *Landmark Knowledge*). In einer ersten Phase sind Landmarken eine Art strategische Zentren, von welchen aus oder zu welchen hin sich eine Person bewegt. Sie werden benutzt, um die ungefähre Richtung der Bewegung anzugeben (wie z.B. Ich gehe in die Richtung des Parks) (Siegel & White, 1975).

In einem zweiten Schritt baut man sogenanntes Routenwissen auf (engl. *Route Knowledge*). Auf dieser Stufe lernt man die Landmarken miteinander zu verbinden (Siegel & White, 1975). Man weiss also, wie man von einem Ort zum anderen kommen (Richter, 2013). Wie Siegel und White (1975) beschreiben, hat man eine Route im Kopf, wenn man zu Beginn der Reise weiss, welche und in welcher Reihenfolge man gewisse Landmarken sehen wird. Routen sind oft auch durch Landmarken als Start- und Endpunkt begrenzt und geben so der mentalen räumlichen Repräsentation eine gewisse Form (Siegel & White, 1975). Ein wichtiges Merkmal dieser Wissensstufe ist, dass diese (noch) keine Informationen über metrische Distanzen und Richtungen beinhaltet, zumindest nicht in der anfänglichen Erwerbsphase (Montello, 1998).

Auf einer dritten und höchsten Stufe des räumlichen Wissens – dem Überblickswissen (engl. *survey knowledge*) – hat man eine Vorstellung über die gesamte Struktur des Raumes (Siegel & White, 1975). Dieses erlaubt einer Person, verschiedene Landmarken und Routen in einem gemeinsamen Bezugsrahmen zu lokalisieren (Huang et al., 2012). Es entsteht somit aus der Akkumulation von Routenwissen (Montello, 1998). Eine Person mit dieser Wissensstufe über den Raum kennt verschiedene Routen und Abkürzungen zwischen Landmarken (Richter, 2013). Dies beinhaltet auch Wege, die zuvor noch nie begangen wurden. Damit dies aber möglich ist, braucht man bzw. hat man auf dieser Stufe ein Wissen über die metrischen Distanzen und Richtungen (Montello, 1998).

Die Theorie von Siegel und White (1975) beschreibt also, dass die Form von Wissen über den Raum davon abhängig ist, wie oft man sich in einer Umgebung bereits bewegt hat. Oder wie es Herman & Siegel (1977, S. 4) erklären: “[...] *with repeated walking or traveling experience in the environment, movements and percepts become increasingly integrated with one another until an accurate cognitive „map” or spatial representation is developed.*”

### ***Kritik am dreistufigen Aufbau von Siegel & White (1975)***

Das Modell von Siegel & White (1975) ist aber nicht ganz unumstritten. Montello (1998) präsentiert in seiner Arbeit einen anderen Ansatz für das Verständnis, wie man räumliches Wissen aufbaut. Dieser orientiert sich an der Theorie von Siegel & White (1975), enthält aber fünf Grundsätze, welche dieser Theorie widersprechen (Montello, 1998):

1. Es gibt keine Wissensstufe, bei welcher man kein metrisches Wissen hat. Ab der ersten Begehung einer Umgebung, hat man ein gewisses metrisches Überblickswissen (Abb. 2)

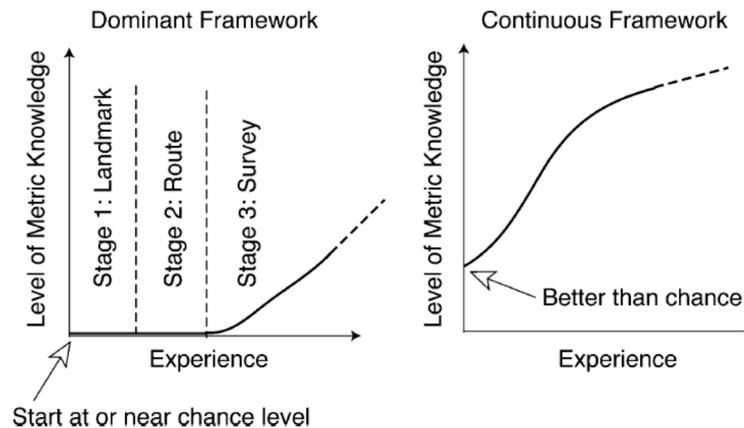


Abbildung 2: Vergleich der Theorie von Siegel & White (1975) (links) mit der Theorie von Montello (1998) (rechts) (Ishikawa & Montello, 2006).

2. Dieses metrische Überblickswissen wird aufgrund von mehrmaligem Begehen immer erweitert und steigt in der Genauigkeit. Es gibt also keinen qualitativen Sprung wie bei Siegel & White (1975), sondern das Wissen steigt in seiner Quantität.
3. Der einzige qualitative Sprung im Aufbau von Wissen kommt vor, wenn das Wissen über verschiedene einzeln erlernte Orte zu einer komplexeren und hierarchisch organisierten Wissensstruktur zusammengefasst werden. Dieser qualitative Schritt ist entscheidend, da man dann beginnt, die Beziehungen zwischen verschiedenen Orten zu verstehen und sie in einen gemeinsamen Bezugsrahmen einzuordnen.
4. Personen, welche eine gleich lange Zeitspanne in einem Raum waren, haben ein unterschiedliches Niveau in Bezug auf die Genauigkeit und die Grösse von räumlichem Wissen.
5. Das nicht-metrische Wissen (z.B. der Park ist in der Nähe vom Bahnhof) ist nicht als Vorläufer des metrischen räumlichen Wissens anzusehen. Das nicht-metrische Wissen existiert als Zusatz zu metrischem Wissen.

In einer Langzeitstudie konnte Ishikawa & Montello (2006) auch aufzeigen, dass Personen bereits nach der ersten Begehung einer Umgebung ein gutes Überblickswissen aufgebaut hatten, welches trotz mehrmaligem Aufenthalt nicht mehr signifikant verbessert wurde. Dies zeigt, dass die Kritik an der in der Literatur dominanten Theorie über den Aufbau von räumlichem Wissen von Siegel & White (1975) und der von Montello (1998) postulierte Ansatz doch seine Berechtigung hat.

Auch wenn man die Diskussion zum Begriff der kognitiven Karte betrachtet, kann man zum Schluss kommen, dass der Ansatz von Montello (1998) der komplexen Natur des menschlichen Gehirns näher kommt. Welcher dieser beiden Ansätze – Siegel & White (1975) oder Montello (1998) – nun richtig ist, darüber möchte ich in dieser Arbeit kein abschliessendes Urteil abgeben. In dieser Arbeit werden die Begriffe Landmarken-, Routen- und Überblickswissen von Siegel & White (1975) verwendet. Jedoch orientiert man sich bezüglich dem Aufbau des räumlichen Wissens an der Theorie von Montello (1998).

### 2.2.3 Ungenauigkeiten in mentalen Karten

Wie im vorherigen Kapitel 2.2.2 beschrieben, variiert die Genauigkeit der kognitiven Karte von Person zu Person (Montello, 1998). Diese Ansicht von Montello (1998) widerspiegelt sich auch in der Definition der kognitiven Karte von Downs & Stea (1973), welche kognitive Karten unter anderem auch als „deformiert oder verzerrt“ bezeichnen. Mit Deformationen oder Verzerrungen ist hierbei gemeint, dass die Geometrie der mentalen Karte einer Person in Bezug auf die Distanz und Orientierung abweicht von der euklidischen Geometrie der realen Welt (Downs & Stea, 1973). Tversky (1993) berichtet in ihrer Arbeit ebenfalls von solchen systematischen Verzerrungen des räumlichen Wissens und beschreibt dabei fünf Hauptdeformationen, die eine mentale Karte erfahren kann.

Ein erstes Phänomen, welches nach Tversky (1993) zu Fehlern in der mentalen Repräsentation des Raumes führen kann, ist die hierarchische Organisation des Raumes in unserem Kopf. Hierbei geht es darum, dass man sich nicht an die absolute Lokalität eines Ortes (z.B. eine Stadt) erinnert, sondern man sich diesen Ort eingliedert in eine hierarchisch übergeordnete Raumstruktur (z.B. Kanton, Land) merkt. Dies kann einen negativen Effekt auf Richtungen oder Distanzschätzungen haben, da man die genaue Lokalität eines Ortes nicht kennt.

Ein zweiter systematischer Fehler bezeichnet Tversky (1993) als die kognitive Perspektive. Bei diesem Phänomen ist zu beobachten, dass man die Distanz zwischen Landmarken, die aus der eigenen Perspektive räumlich naheliegen, grösser schätzt, als die Distanz zwischen zwei entfernten Landmarken.

Des Weiteren tendiert man dazu, sich weniger bekannte Orte in Relation zu gut bekannten Orten zu merken (z.B. in Form von „in der Nähe von Zürich). Man benutzt also „Referenzpunkte“, um sich einen Ort zu merken (Tversky, 1993). Die Rolle von gewissen Landmarken als Referenzpunkte in unserem Wissen beschreibt auch Richter (2013). Auch dies kann zu Verzerrungen der mentalen Karte führen (Tversky, 1993).

Ein vierter Effekt, welcher zu systematischen Fehlern in unserem Wissen führt, ist die Angleichung einer Ausrichtung der Struktur eines Raumes an einen anderen naheliegenden Ort. Dieser Effekt lässt einem glauben, dass zwei naheliegende Orte näher beieinander bzw. ähnlich ausgerichtet sind, als dass sie in Wahrheit wirklich sind. Zum Beispiel im Falle der Kontinente Nord- und Südamerika. In Wahrheit liegt Südamerika im Vergleich zum Norden weiter östlich. Viele Leute tendieren jedoch dazu, die Lage von Südamerika der Lage von Nordamerika anzugleichen bzw. so zu verschieben, dass sie genau in einer Linie in Nord-Süd Richtung liegen (Tversky, 1993).

Eine weitere grosse Ungenauigkeit, die Tversky (1993) und Glicksohn (1994) dokumentieren, ist die Rotation unserer mentalen Repräsentation. Dieser Fehler ist ähnlich dem Fehler der Angleichung, nur dass hier nicht zwei Landmarken oder Orte aneinander, sondern ein Ort an einen grösseren räumlichen Bezugsrahmen angeglichen wird. Wie das Beispiel in Abbildung 3 zeigt, neigt man dazu, eine Struktur (in diesem Fall ein Netz von Städten in Israel) so zu rotieren, dass sie dem globalen Bezugsrahmen Nord-Süd, Ost-West angepasst sind (Glicksohn, 1994).

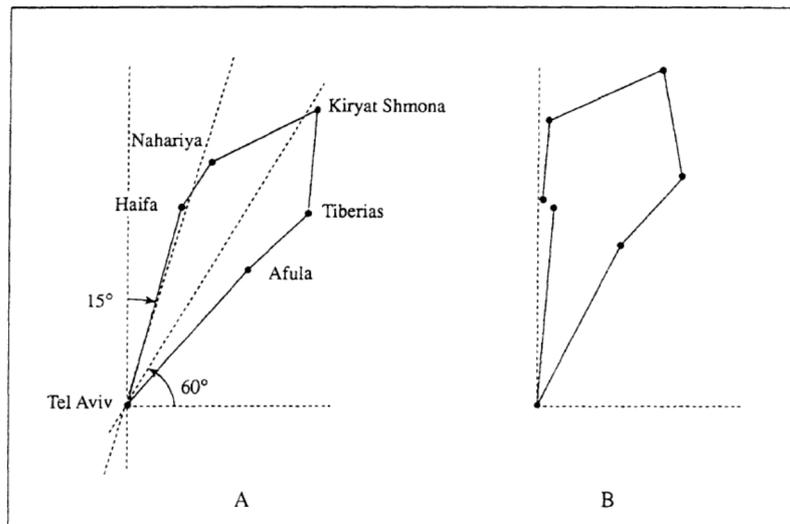


Abbildung 3: Rotationseffekt A = reale Ausrichtung, B = Schätzung (Glicksohn, 1994)

In der mentalen Repräsentation unserer Umgebung tendiert man ebenfalls dazu, die Winkel einer Kreuzung oder Kurven an einen rechten Winkel anzupassen, wie dies von Moar & Bower (1983) oder auch Byrne (1979) in Experimenten nachgewiesen wurde. Im Experiment von Byrne (1979) zeichneten die Teilnehmenden Kreuzungen, welche Winkel zwischen 60-120° hatten, als (ungefähr) rechtwinklige Kreuzungen.

Wie nun gezeigt wurde, gibt es einige Ungenauigkeiten in den mentalen räumlichen Repräsentationen. Aus diesem Grund spricht auch Tversky (1993) bevorzugter von kognitiven Collagen oder räumlichen mentalen Modellen als von kognitiven „Karten“.

### 2.3 Quellen für räumliches Wissen

Nachdem nun aufgezeigt wurde was eine mentale Karte ist, wie sie aufgebaut wird und welche möglichen Fehler sich dabei einschleichen können, möchte ich nun auf die verschiedenen Quellen für die Aufnahme von räumlichem Wissen eingehen. Wie bereits erklärt, nimmt man bei der Bewegung durch den Raum automatisch Wissen über die Gegend auf (Münzer et al., 2006; Richter, 2013). Die direkte Erfahrung einer Umgebung ist aber nur eine mögliche Quelle für räumliches Wissen. Weitere Möglichkeiten bilden indirekte Quellen wie z.B. Karten oder mündliche Beschreibungen einer Gegend (Montello & Friendschuh, 1995). Im Folgenden wird auf den Aufbau von räumlichem Wissen anhand von indirekten Quellen eingegangen.

### 2.3.1 Vergleich des Wissensaufbaus mit Karten und direkter Begehung einer Umgebung

Karten unterstützen das räumliche Lernen auf zwei verschiedene Weisen: Erstens bieten sie räumliche Informationen aus einer allozentrischen Ansicht. Man ist so in der Lage, räumliche Beziehungen zwischen verschiedenen Orten innerhalb eines vorgegebenen Bezugsrahmens zu erkennen. Zweitens muss man beim Lesen der Karte die räumlichen Informationen mit einem kognitiven Aufwand (z.B. Symbolik verstehen, Schlussfolgerungen ziehen) verarbeiten um zu wissen, wo der Weg durchführt (Münzer et al., 2006). Karten mit ihrer Überblicksansicht spielen also für den Aufbau einer mentalen Karte in unbekanntem Umgebungen eine wichtige Rolle. Gerade aber diese andere Ansicht wirft die Frage auf: Macht es in Bezug auf das räumliche Wissen einen Unterschied, ob man das Wissen durch die direkte Wahrnehmung oder anhand einer Karte aufnimmt?

Dieser Frage gingen Thorndyke & Hayes-Roth (1982) nach. In ihrer Studie verglichen sie das aufgebaute Wissen über ein Gebäude von zwei Gruppen: Die eine hat ihr räumliches Wissen alleine durch die direkte Begehung der Umgebung aufgebaut, die andere Gruppe hat die Testumgebung nur anhand einer Karte gelernt. Anschliessend wurden eine Reihe von Tests zur Überprüfung des Wissens durchgeführt, wozu Distanzschätzungen (Luftlinie und effektive Länge einer Route), Richtungsschätzungen (z.B. Zeige in Richtung des Ortes XY) und das Platzieren von gewissen Orten auf einem Blatt Papier mit zwei Referenzpunkten gehörten. Thorndyke & Hayes-Roth (1982) stellten fest, dass die beiden Gruppen unterschiedliche Arten von Wissen aufgebaut haben: Währendem sich die Karten-Gruppe eher ein Wissen über den Raum aus der Vogelperspektive aneignete (waren besser beim Platzieren der Orte), fiel es der zweite Gruppe (direkte Begehung der Testumgebung) einfacher Routendistanzen zu schätzen, was von einem besseren Routenwissen zeugt.

Das Experiment und die Resultate von Thorndyke & Hayes-Roth (1982) werden aber von Richardson et al. (1999) kritisiert. In der Studie von Thorndyke & Hayes-Roth (1982) gab es grosse Unterschiede, wie oft die Teilnehmenden bereits im Gebäude (die Testumgebung) waren bzw. wie lange sie die Karten studierten. Aus diesem Grund führte Richardson et al. (1999) nochmals ein Studie zum Vergleich des Wissensaufbaus aus der direkten Begehung und dem Wissensaufbau durch Betrachtung einer Karte durch. In ihrer Studie wurde darauf geachtet, dass bei allen Personen die Lernzeit gleich lang war. Die Navigationsgruppe musste eine Route ablaufen, für welche man sechs Minuten brauchte. Ebenso lange hatte die andere Gruppe Zeit die Karte mit der eingezeichneten Route zu studieren. Die Überprüfung des Wissens erfolgte anhand von zwei Distanzschätzungen (Luftlinie und effektive Länge einer Route) sowie einer Richtungsschätzungsaufgabe zu verschiedenen Landmarken. Diese Tests wurden für jede Person zwei Mal durchgeführt. Ein erstes Mal wurden die Schätzungen in einem geschlossenen Raum durchgeführt und die Personen mussten somit die Schätzung alleine durch die Vorstellungskraft herleiten. Für den zweiten Durchgang wurden sie in die Testumgebung gebracht und mussten die Distanzen vor Ort schätzen (Richardson et al., 1999).

Im Gegensatz zu Thorndyke & Hayes-Roth (1982) fanden Richardson et al. (1999) keine Unterschiede zwischen den beiden Gruppen bezüglich der Richtungsschätzung und dem Schätzen der Routendistanz. Richardson et al. (1999) entdeckten aber, dass das Wissen der Kartengruppe beeinflusst wurde durch die Orientierung der gedruckten Karte. Die Antworten bei der Richtungsschätzung der Kartengruppe waren besser, wenn die Ausrichtung bei der Schätzung mit der Orientierung der gelernten Karte übereinstimmte (kleinerer Fehler bei *aligned* bei *Map* in Abb.4). Sobald die Ausrichtung bei der Schätzung aber nicht mehr mit der Orientierung übereinstimmte und die Testpersonen somit die Karte mental drehen mussten, sanken die Leistungen stark ab (größerer Fehler bei *misaligned Map* in Abb.4). Dieser Effekt der Ausrichtung bei der Schätzung konnte bei der Navigationsgruppe nicht beobachtet werden. Richardson et al. (1999) kommen deshalb zum Schluss, dass die mentale Karte von der Orientierung der statischen Karte beeinflusst wird, wenn man eine Umgebung alleine durch Betrachtung dieser lernt. Diese Resultate bestätigen Erkenntnisse aus früheren Arbeiten wie z.B. MacEachren, (1992) oder Llyod & Cammack, (1996). Dies gilt aber nur dann, wenn wir nur eine Karte mit einer Orientierung für das Lernen verwenden. Sobald mehrere Karten mit verschiedenen Orientierungen verwendet werden, ist dieser Angleichungseffekt der Orientierung der kognitiven mit der statischen gedruckten Karte nicht mehr sichtbar (MacEachren, 1992; Llyod & Cammack, 1996).

Wie nun aufgezeigt wurde, gibt es einen Unterschied, ob man eine kognitive Karte aufgrund einer Karte oder nur durch die direkte Sinneswahrnehmung während der Begehung des Raumes aufbaut. Personen, die ihre mentalen räumlichen Repräsentationen nur auf Basis der Betrachtung einer Karte aufbauen, eignen sich ein besseres Überblickswissen an. Diese Repräsentation ist aber durch die Orientierung der Karte stark beeinflusst. Lobben (2004) führt deshalb in ihrer Arbeit zwei neue Begriffe ein: Das *environmental mapping* für den Aufbau von Wissen durch die direkte Begehung ohne Karte und das *survey mapping* für den Aufbau des Wissens anhand einer Karte. Wenn man im Alltag navigiert, gibt es oftmals nicht ein „entweder...oder“, sondern man baut das räumliche Wissen durch das Zusammenspiel von Karte und direkter Wahrnehmung auf. Wenn man zum Beispiel in einer neuen unbekannt Umgebung ist, wird man zuerst eine Karte für die Navigation zu Hilfe nehmen müssen. Dadurch findet also zuerst der Prozess des *survey mapping* statt. Während der Navigation nimmt man aber den Raum auch durch die Sinneswahrnehmung wahr, wodurch die mentale Karte durch das *environmental mapping* erweitert wird (Lobben, 2004).

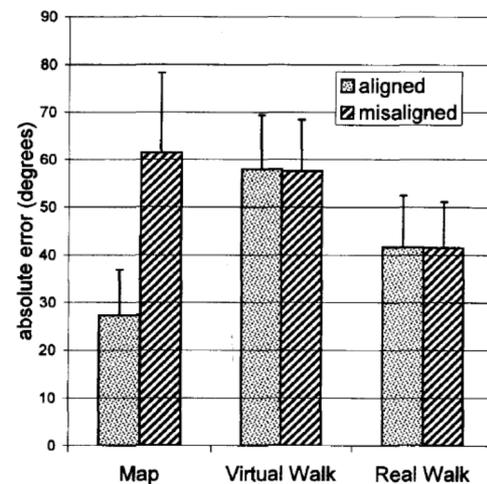


Abbildung 4: Vergleich der Richtungsschätzungsaufgabe zwischen der Karten- und der Navigationsgruppe von Richardson et al. (1999). Mittelwert + 1 Standardfehler

### 2.3.2 Einfluss der digitalen Karten auf das räumliche Wissen

Wie im letzten Kapitel aufgezeigt, macht es in Bezug auf die mentale Karte einen Unterschied, ob beim Lernprozess eine Karte benutzt wird oder nicht. Seit dem Aufkommen von Smartphones in den letzten Jahren ist eine neue Art der Navigationshilfe und der Quelle für räumliches Wissen in den Fokus der Forschung gerückt: Die digitalen Karten (z.B. Ishikawa et al. (2008), Willis et al. (2009) oder Huang et al. (2012)). Mit Hilfe der Smartphones, mit ihren integrierten Positionsbestimmungssystemen wie GPS, ist es möglich den persönlichen Standort zu jeder Zeit auf einer digitalen Karte sichtbar zu machen sowie Informationen über bzw. die Beschreibung einer Route (visuell oder in Textform) abzurufen. Des Weiteren kann man mit diesen Karten direkt interagieren, indem man den Maßstab der Karte verändert (auch zoomen genannt), die Karte verschiebt und die Orientierung der Karte verändert. Diese Geräte bieten auch die Möglichkeit verschiedene Kartentypen (topographische Karte, Satellitenbildkarte usw.) anzuzeigen und zwischen ihnen zu wechseln. Wie Huang et al. (2012) festhalten, vertrauen immer mehr Leute bei der Navigation auf mobile digitale Karten. Gerade hierbei kann es aber passieren, dass dieses System ausfällt (Akku leer, keine Verbindung um die Daten der Karte zu laden, usw.) und man somit für die erfolgreiche Navigation auf das aufgebaute Wissen angewiesen ist. Deshalb ist es wichtig, den Einfluss dieser Systeme auf den Aufbau von räumlichem Wissen zu untersuchen (Huang et al., 2012). Im Folgenden wird anhand verschiedener Untersuchungen aufgezeigt, was man bereits über den Einfluss der digitalen Karten weiss.

Ishikawa et al. (2008) verglichen im Rahmen einer Studie im Freien die Aneignung des Wissens über den Raum zwischen digitalen Karten, gedruckten Karten und der direkten Erfahrung des Raumes ohne Karten. Die Testpersonen wurden zufällig einer der drei Gruppen zugeteilt und mussten jeweils sechs Routen absolvieren. Die Überprüfung des räumlichen Wissens erfolgte auf zwei Arten: Eine Richtungsschätzung zum Startpunkt am Ende jeder Route und nach dem Absolvieren aller sechs Routen das Zeichnen einer Skizze der Umgebung. Die Resultate zeigten, dass die Gruppe mit der digitalen Karte sowohl bei der Richtungsschätzung als auch bei der gemessenen Genauigkeit der Kartenskizzen am schlechtesten war. Somit halten Ishikawa et al. (2008) fest, dass die Gruppe mit der digitalen Karte ein weniger genaues Wissen aufgebaut hat, als die anderen zwei Gruppen.

Zu einem ähnlichen Resultat kamen Willis et al. (2009) beim Vergleich des Wissensaufbaus mit gedruckter und mobiler digitaler Karte. Im Gegensatz zu Ishikawa et al. (2008) hat die Gruppe mit der gedruckten Karte die Testumgebung nur durch Betrachtung und nicht durch den Gebrauch der Karte bei der Navigation im Testgebiet gelernt. Die Gruppe mit der digitalen Karte lernte die Umgebung durch die Navigation in der realen Testumgebung. Für die Überprüfung des Wissens, welches anhand von Richtungs- und Distanzschätzungen durchgeführt wurde, sind beide Gruppen ins reale Testgebiet gebracht worden. Bei der Auswertung dieser Tests zeigte sich, dass die Gruppe mit den digitalen Karten schlechter war bei der Schätzung der Distanzen. Ebenso war bei dieser Gruppe die Richtungsschätzung von verschiedenen Punkten inkonstanter als jene der Gruppe mit der gedruckten Karte. Die digitale Karte führte also auch hier zu weniger Wissen über die Umgebung (Willis et al., 2009).

Ishikawa et al. (2008) und Willis et al. (2009) stellen für die Begründung des verminderten Aufbaus von Wissens mit der digitalen Karte die gleichen Hypothesen auf. Es wird vermutet, dass die durch den Bildschirm des Gerätes eingeschränkte Grösse der Karte einen negativen Einfluss auf die Akquirierung von Wissen hat. Im Vergleich zur Papierkarte hat man mit dem mobilen Gerät nicht mehr immer den ganzen Raum im Überblick.

Eine zweite Vermutung ist, dass die digitale Karte mit ihrer regelmässigen Aktualisierung der Positionsangabe viel Aufmerksamkeit braucht. Dadurch wird während der Navigation weniger auf die Umwelt geachtet bzw. die Fokussierung auf die Umwelt wird immer wieder unterbrochen. Der lokale Fokus auf die Karte führt vermutlich dazu, dass man nicht mehr genügend räumliche Informationen über die Umgebung aufnimmt (Ishikawa et al., 2008; Willis et al., 2009).

Diese stärkere Fokussierung auf das Navigationshilfsmittel im Falle der digitalen Karte konnten Ishikawa & Takahashi (2013) dann im Rahmen einer weiteren Studie nachweisen. Die Testpersonen, welche eine vorgegebene Navigationsaufgabe mit einer digitalen Karte lösten, schauten im Vergleich zu jenen mit einer gedruckten Karte 30% länger auf das Hilfsmittel. Das Wissen über die Umgebung wurde anschliessend mit einer Szenenerkennungsaufgabe überprüft. Hierbei mussten sie aus einem Stapel von Fotos jene Szenen wiedererkennen, die sie auf ihrem Weg gesehen haben. Dieses Wissen war bei den Gruppen mit einer digitalen Karte 20% tiefer im Vergleich zur Gruppe mit der gedruckten Karte (Ishikawa & Takahashi, 2013).

Des Weiteren wird von Willis et al. (2009) und Ishikawa & Takahashi (2013) vermutet, dass die digitalen Karten aufgrund der automatischen Routen- und Positionsangabe zu einem passiveren Verhalten bei der Navigation führen. Man muss sich nicht mehr aktiv mit der Wegfindung und somit mit dem Raum auseinandersetzen. Diese fehlende aktive Involvierung kann den Lernprozess beeinträchtigen (Willis et al., 2009; Ishikawa & Takahashi, 2013). Im Folgenden wird auf den negativen Einfluss der Passivität und der eingeschränkten Bildschirmgrösse vertiefter eingegangen.

### ***Passivität und ihre Auswirkungen auf die Wissensaneignung***

Die vermutete negative Auswirkung der passiven Haltung der digitalen Kartennutzer auf das räumliche Wissen von Willis et al. (2009) wurde schon von Münzer et al. (2006) bei einer Studie im Freien beobachtet. Münzer et al. (2006) verglichen dabei die Lernleistung zwischen einer Gruppe, welche eine Navigationsaufgabe mit einer gedruckten Karte der Umgebung lösten und drei Gruppen, welche die Aufgabe mit jeweils einer Art von digitalem Navigationssystem lösten. Die digitalen Navigationssysteme lieferten Routeninformationen in Form einer Visualisierung und/oder einer verbalen Form. Getestet wurde das Wissen anhand von zwei Tests: Im ersten Test mussten die Probanden und Probandinnen anhand von Fotos von Kreuzungen sagen, in welche Richtung sie an jener Kreuzung gegangen sind. Im zweiten Test mussten sie Fotos von Kreuzungen auf einer Karte mit dem Wegenetz der Testumgebung richtig platzieren. In beiden Tests war die Gruppe mit der gedruckten Karte besser. Sie hatten somit besseres Routenwissen sowie besseres Überblickswissen aufgebaut. Als Grund dafür gaben Münzer et

al. (2006) an, dass die Navigationssystem-Gruppen sich nicht aktiv mit der Umgebung auseinandersetzen musste, sondern nur den Anweisungen folgen konnte. Der kognitive Aufwand war somit geringer als bei der Gruppe mit der gedruckten Karte (Münzer et al., 2006).

Das Resultat von Münzer et al. (2006) wurde anschliessend auch in Arbeiten von Parush et al. (2007), Richter et al. (2010) bestätigt. In beiden Studien wurden verschiedene digitale Karten verglichen, welche sich in Bezug auf die Art, wie die Weginformationen vermittelt wurden und wie man mit der Karte interagieren konnte, unterschieden haben. Die beiden Studien zeigten, dass eine aktivere Auseinandersetzung mit der Karte zu einem bessern Wissen führte (Parush et al., 2007; Richter et al., 2010).

Währendem sich Münzer et al. (2006), Parush et al. (2007) und Richter et al. (2010) auf die Navigation von Fussgängern konzentrierten, konnte der negative Effekt der automatisierten Prozesse auch bei der Fortbewegung mit einem Fahrzeug beobachtet werden (z.B. Oliver & Burnett (2008)). Durch die Charakteristiken der digitalen Karte (Positionierungs- und Routenangabe) werden die präsentierten Informationen und die Information aus der Umwelt nicht genügend wahrgenommen und verarbeitet, was zu einem schlechteren Wissen führt (Hirtle & Raubal, 2013). Dieser Einfluss ist also unabhängig von der Art des Fortbewegungsmittels.

### ***Eingeschränkte Bildschirmgrösse und ihre Auswirkung auf das räumliche Wissen***

Ishikawa et al. (2008) und Willis et al. (2009) stellten die Vermutung auf, dass die eingeschränkte Grösse der Karte aufgrund des Bildschirms des Gerätes einen negativen Einfluss auf den Aufbau von räumlichem Wissen hat. Dillemath (2009) und Gartner & Hiller (2009) haben den Einfluss der eingeschränkten Bildschirmgrösse untersucht.

Gartner & Hiller (2009) führten hierzu eine Studie im Freien durch. Sie verglichen dabei die Lernleistung einer Gruppe, welche eine Navigationsaufgabe mit einer gedruckten Karte (13.5 x 16.5 cm) durchführten, und einer Gruppe, welche die Karte auf einem mobilen Gerät hatte. Das Gerät zeigte jeweils nur einen Kartenausschnitt von der Grösse von 4.7 x 5.5 cm. Das angeeignete Wissen wurde anhand von Richtungsschätzungen vom Zielpunkt zu verschiedenen Wegpunkten und dem Zeichnen einer Kartenskizze der Testumgebung überprüft. Zudem mussten sie auf dem kürzesten Weg zu einem passierten Wegpunkt auf der Route zurückfinden. Die Resultate der Studie zeigten, dass die Gruppe mit der digitalen Karte ein schlechteres Wissen aufbaute und bestätigten somit die Vermutung von Ishikawa et al. (2008) und Willis et al. (2009).

Die Studie von Dillemath (2009) wurden im Gegensatz zu Gartner & Hiller (2009) im Labor durchgeführt. In ihrem Experiment wurden vier verschiedene Grössen verglichen. Die Testpersonen mussten mit Hilfe der verschiedenen Kartengrössen eine Reihe von Fragen beantworten (z.B. Wie gross ist die Distanz zwischen dem Restaurant und dem Bahnhof) sowie anschliessend ohne Karte zwei Tests zur Wissensüberprüfung (Kartenskizze und Platzieren von Landmarken auf dieser Skizze) durchführen. Während der negative Effekt bei Gartner & Hiller (2009) relativ klar ersichtlich war, ist dies bei Dillemath (2009) nicht in allen Testresultaten der Fall. Es konnte zwar gezeigt werden, dass die Genauigkeit

und die benötigte Zeit für die Beantwortung der Fragen durch die beschränkte Kartengrösse negativ beeinflusst werden. In Bezug auf das Wissen konnten keine klaren Unterschiede beobachtet werden, jedoch ist ein Trend zu einem negativen Effekt der Bildschirmgrösse erkennbar.

Die Resultate von Gartner & Hiller (2009) und von Dillemath (2009) bestätigen die Vermutung zum schlechteren Wissensaufbau aufgrund der eingeschränkten Kartengrösse bei der Navigation mit mobilen digitalen Karten von Ishikawa et al. (2008) und Willis et al. (2009).

### **2.3.3 Unterschiedliche digitale Kartentypen und ihre Auswirkungen auf das Wissen**

Wie sich gezeigt hat, haben mobile digitale Karten einen negativen Einfluss auf den Aufbau von räumlichem Wissen. Die Passivität der digitalen Kartennutzer bei der Wegfindung, verursacht durch die automatisierten Prozesse (z.B. Positionsangabe) sowie die eingeschränkte Bildschirmgrösse der mobilen Geräte, führen dazu, dass man eine schlechtere mentale Karte (bzw. eine mentale Karte mit weniger Informationen) aufbaut. Willis et al. (2009) wirft am Ende ihrer Arbeit noch die Frage nach dem passenden Kartendesign (Generalisierungs- und Abstraktionsgrad) für ein mobiles Gerät auf.

Dillemath (2005) und Jordi (2010) gingen dieser Frage nach, jedoch konzentrierten sie sich hierbei auf die Navigation im Allgemeinen und nicht auf den Aufbau von räumlichem Wissen. Die beiden Arbeiten konnten aufzeigen, dass eine generalisierte topographische Karte gegenüber einem Satellitenbild bevorzugt wird. Etwas gegenteilige Resultate wurden von Wilkening & Fabrikant (2011) gefunden, die eine Präferenz für Satellitenbilder und somit für die realistische Abbildung des Raumes bei einer Routenwahl-Aufgabe feststellten.

Es zeigte sich also, dass eine generalisierte topographische Karte für eine Navigationsaufgabe bevorzugt wird. Wie sieht es nun aber in Bezug auf das räumliche Wissen aus? Mit welchem Kartendesign - oder besser gesagt mit welcher Art von Informationsvermittlung - können wir bei der Navigation am meisten räumliches Wissen aufbauen? Huang et al. (2012) verglich dafür in einer Feldstudie drei Arten von Navigationssystemen auf mobilen Geräten. Ein Augmented Reality-Navigationssystem (Abb. 5), eine digitale topographische Karte (Abb. 6) und ein sprachbasiertes Navigationssystem. Die Teilnehmenden wurden zufällig einer der drei Gruppen zugewiesen und mussten mit dem entsprechenden Hilfsmittel in einem städtischen Umfeld drei Routen absolvieren. Dabei wurden sie von ihrem Navigationssystem geführt. Das aufgebaute Wissen wurde jeweils am Ende jeder Route überprüft. Zuerst mussten sie vom Ziel aus die Richtung zum Startpunkt der Route schätzen. Anschliessend erhielten sie ein Stapel mit elf Fotos, aus welchen sie auf der Route aufgenommenen Szenen erkennen mussten. Fünf der richtigen Fotos zeigten Kreuzungen, bei welchen sie den Richtungsverlauf der Route angeben mussten. Anschliessend mussten sie die Fotos an der richtigen Stelle auf einer stark generalisierten Karte der Testumgebung platzieren.

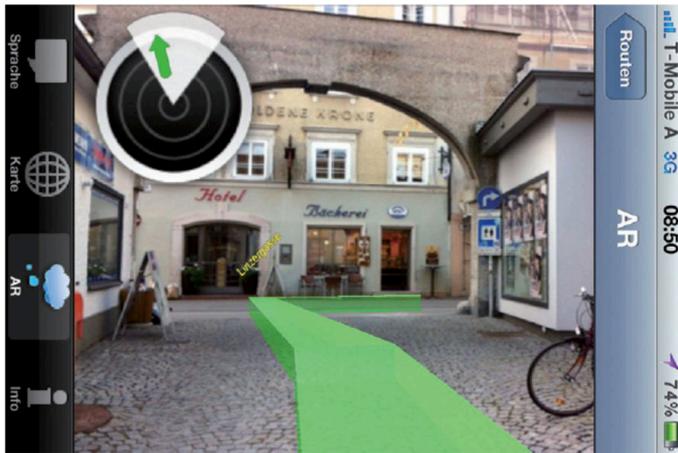


Abbildung 5: Augmented-Reality-Navigationssystem von Huang et al. (2012).



Abbildung 6: Digitale topographische Karte von Huang et al. (2012).

Die Resultate von Huang et al. (2012) zeigten keine signifikanten Unterschiede zwischen den drei Arten der Informationsvermittlung auf mobilen Geräten. In ihrer Schlussfolgerung verweisen Huang et al. (2012) auf die Arbeit von Münzer et al. (2006) (siehe Kap. 2.3.2). Auch bei Münzer et al. (2006) konnten keine Unterschiede in Bezug auf den Erwerb von räumlichem Wissen zwischen den verschiedenen Arten von Navigationssystemen gefunden werden. Begründet wurden die Resultate von Huang et al. (2012) damit, dass bei allen drei Navigationssystemen keine aktive Auseinandersetzung mit der Karte und der Testumgebung während der Navigationsaufgabe notwendig war.

Aufgrund der Erkenntnisse von Huang et al. (2012) könnte man vermuten, dass die Passivität bei der Navigation mit digitalen Karten so ausgeprägt ist, dass egal, welche Art der Informationsvisualisierung man wählt, immer wenig Wissen aufgebaut wird. Dies stimmt aber nicht ganz, denn Münzer et al. (2012) konnten Unterschiede zwischen verschiedenen Arten von Navigationssystemen beobachten. In ihrer Studie verglichen sie drei verschiedene Navigationssysteme (Abb. 7)



Abbildung 7: Navigationssysteme bei Münzer et al. (2012).

Mit Hilfe dieser Karten bzw. Navigationssysteme mussten die Teilnehmenden sieben Orte in einer realen Umgebung besuchen. Das Wissen wurde anschliessend anhand von 30 Richtungsschätzungen,

einer Kartenskizze der Testumgebung und einer Fotoaufgabe (Erkennen von Szenen auf Fotos) geprüft. Die Fotos stammten alle von Kreuzungen, an welchen sie auf dem Weg vorbei gekommen sind. Die Testpersonen mussten für jedes Fotos angeben, in welche Richtung sie an dieser Kreuzung weiter gegangen sind. Die Resultate bestätigten die von Münzer et al. (2012) formulierte Hypothese: Eine Art von Navigationssystem kann entweder für die Effizienz bei der Wegfindung (gemessen anhand der Anzahl falscher Abbiegungen) unterstützend sein oder helfen, ein gutes Wissen über die Umgebung aufzubauen. Die topographische Karte und die Kompass-Ansicht halfen ein gutes räumliches Wissen aufzubauen, währendem die Gruppe mit der egozentrischen Ansicht effizienter bei der Wegfindung war (Münzer et al., 2012). Es zeigt sich also, dass das aufgebaute räumliche Wissen auch von der Art der digitalen Karte abhängig ist und die Passivität nicht grundsätzlich überwiegt.

## 2.4 **Eigenschaften einer Person und deren Einfluss auf das räumliche Wissen**

In den vorherigen Kapiteln wurde aufgezeigt, dass unterschiedliche Wissensquellen (z.B. Papierkarte, digitale Karte oder direkte Erfahrung) einen Einfluss darauf haben, wie gut wir räumliches Wissen aufbauen und wie genau unsere daraus resultierende mentale Karte ist. Wie das Kapitel 2.2.1 aufgezeigt hat, beinhaltet der Aufbau einer kognitiven Karte verschiedene komplexe psychologische Prozesse und der Selektionsprozess der Informationen hängt vom Individuum mit seinen Eigenschaften ab (z.B. Alter, Erfahrung) (Lynch, 1960; Downs & Stea, 1973; Wood & Beck, 1989; Tversky, 1993; Kitchin, 1994). Aus diesem Grund ist es auch interessant zu wissen, welchen Einfluss die Eigenschaften einer Person auf das Wissen haben.

Eine Eigenschaft, welche einen Einfluss auf die Leistung bei der Wegfindung und den Aufbau von Wissen hat, ist die Fähigkeit einer Person räumlich zu denken (Allen et al., 1996; Dillemath, 2005; Wilkening & Fabrikant, 2011; Rouiller, 2013) Die im Englischen als *Spatial ability* bezeichnete Eigenschaft, wird als die Fähigkeit einer Person angesehen, sich räumliche Informationen mental vorzustellen und diese für eine kognitive Aufgabe zu nutzen. Diese Fähigkeit kann unterteilt werden in verschiedene einzelne Faktoren wie z.B. die Fähigkeit Objekte mental zu bewegen und zu drehen oder sich eine räumliche Konstellation aus verschiedenen Perspektiven vorzustellen (Hegarty & Waller, 2004).

Arbeiten wie z.B. Dillemath (2005), Wilkening & Fabrikant (2011) und Rouiller (2013) konnten in ihren Resultaten einen Unterschied zwischen den Personen mit hoher und jener mit einer tiefen räumlichen Denkfähigkeit feststellen. Die Personen mit einer hohen Fähigkeit räumlich zu denken, haben die Aufgaben besser gelöst. Diese Arbeiten konzentrierten sich aber auf den Kartengebrauch und die Entscheidungsfindung bei der Navigation und nicht auf den Erwerb von räumlichem Wissen. Ishikawa et al. (2008) und Johansson et al. (2013) konnten auch nachweisen, dass die Teilnehmenden mit hoher räumlicher Denkfähigkeit sowohl in Bezug auf die Navigationsleistung (zurückgelegte Distanz bei der Aufgabe) sowie in Bezug auf die Wissensüberprüfung (Richtungsschätzfehler) besser abgeschnitten haben als die Personen mit einer tiefen räumlichen Denkfähigkeit. Die räumliche Denkfähigkeit hat somit

einen Einfluss auf den Aufbau von räumlichem Wissen und ist somit in Untersuchungen zu berücksichtigen.

Weitere individuelle Differenzen wurden in Bezug auf die Leistung untersucht, wozu auch die Erfahrung im Umgang mit Karten zählt. Man konnte feststellen, dass je erfahrener eine Person im Umgang mit Karten ist, desto schneller kann er oder sie genauere Informationen aufnehmen (Ooms et al., 2013). Ebenfalls gibt es Arbeiten wie jene von Lin et al. (2012) oder Chen et al. (2009), die Unterschiede zwischen den Geschlechtern feststellten. Im Rahmen dieser Arbeit wird aber nicht weiter darauf eingegangen, da der Fokus der hier präsentierten Studie nicht auf Unterschiede zwischen den Geschlechtern liegt.

## **2.5 Das Wohlbefinden und dessen Einfluss auf das räumliche Wissen**

Eigenschaften wie die räumliche Denkfähigkeit, Erfahrungen im Umgang mit Karten und das Geschlecht haben also einen Einfluss auf die mentale Karte. Wie die Definition der mentalen Karte in Kapitel 2.2.1 zeigt, wird diese auch von der Gefühlslage und dem räumlich-zeitlichen Kontext, in dem man sich befindet, beeinflusst. Die Gefühlslage kann in diesem Kontext immer wieder Schwankungen erleben. Das Wohlbefinden kann in kürzester Zeit durch eine bestimmte Situation oder ein Geschehnis ins Positive (z.B. Freude) oder ins Negative (z.B. Wut, Druck, Angespanntheit) kippen. Eine Verschlechterung des Wohlbefindens kann in unserem Körper Stress auslösen (Bodenmann & Gmelch, 2009). Und ausgelöster Stress aufgrund der Verschlechterung des Wohlbefindens kann auch bei der Navigation vorkommen: Lärm, Verkehrsüberlastung (Evans et al., 1984) oder Zeitdruck (Wilkening, 2012; Rouiller, 2013) sind Stressfaktoren, welche bei der Wegfindung auftreten können. Nun stellt sich aber die Frage, welchen Einfluss solche Faktoren auf die Wegfindung und die dabei involvierten kognitiven Prozesse haben. Im Folgenden wird deshalb zuerst ein allgemeiner Überblick zum Thema Stress und Stress beim Lernen gegeben, bevor bereits vorhandene Erkenntnisse zum Einfluss von Stress auf die Wegfindung präsentiert werden.

### **2.5.1 Definition Stress**

Stress ist heutzutage ein populäres Wort und wird oft mit Zeitdruck und negativen Auswirkungen in Verbindung gebracht. Aus wissenschaftlicher Sicht ist aber Stress nicht mit Zeitdruck und Schädigung der Gesundheit gleichzusetzen. Die knappe Verfügbarkeit von Zeit kann ein Auslöser für eine Stressreaktion sein. Jedoch reagiert jeder Mensch anders auf eine solche Situation. Die einen brauchen den Zeitdruck, um eine gute Leistung abzurufen, andere wiederum fühlen sich negativ beeinflusst von Zeitdruck (Lupien et al., 2007). Aus diesem Grund ist es wichtig aufzuzeigen, was Stress ist und welche Folgen eine Stresssituation haben kann.

Im Forschungsbereich der Stresspsychologie sind verschiedene Definitionen von Stress zu finden (z.B. Evans & Cohen, 1984; Lupien et al., 2007; Bodenmann & Gmelch, 2009). Wie Bodenmann & Gmelch (2009) im Lehrbuch für Verhaltenstherapie beschreiben, hat sich in der Stressforschung das

Modell von Lazarus (2006) durchgesetzt. Dieses Modell besagt, dass Stress durch die subjektive Wahrnehmung entsteht. Wie das Beispiel des Zeitdrucks von Lupien et al. (2007) zeigt, ist nicht der Zeitdruck an sich für jede Person ein Stressauslöser (oder auch Stressor genannt). Die Interpretation des Zeitdrucks durch den Menschen, macht es zu einem Stressauslöser. Stress wird in unserem Körper dann ausgelöst, wenn man ein Ereignis oder eine Situation als schädigend, gefährdend oder als herausfordernd betrachtet und durch eine solche Situation ein Ungleichgewicht zwischen den gestellten Anforderungen und den Fähigkeiten für die Reaktion darauf entsteht (Lazarus, 2006; Bodenmann & Gmelch, 2009).

Verschiedene Ereignisse können beim Menschen Stress auslösen. Die sogenannten Stressoren kann man gemäss Bodenmann & Gmelch (2009) unterteilen in:

- Physikalische Stressoren: z.B. Lärmbelastung, Umweltkatastrophen
- Soziale Stressoren: z.B. Konflikte am Arbeitsplatz, Sorge um Kinder
- Ökologische Stressoren: z.B. Isolation, Einsamkeit
- Berufliche Stressoren: z.B. Über – oder Unterforderung, Zeitdruck
- Monotonie: z.B. monotone Aufgabe, Reizüberflutung

Der durch die Stressoren ausgelöste Stress kann bei einer Person auf verschiedenen Ebenen Auswirkungen haben. Dabei kann man unterscheiden zwischen Folgen auf kognitiver, Verhaltens- und physiologischer Ebene. Ebenfalls lassen sich Folgen in Bezug auf die Zeit (kurzfristig oder langfristig) unterscheiden (Bodenmann & Gmelch, 2009). Abbildung 8 von Bodenmann & Gmelch (2009) zeigt Beispiele für die jeweiligen Ebenen und die zeitliche Unterscheidung.

	<b>Kurzfristige, akute Folgen</b>	<b>Mittel- und langfristige Folgen</b>
<b>Auf der kognitiv-emotionalen Ebene (Erleben)</b>	Anspannungen, Nervosität, Überempfindlichkeit, Unkonzentriertheit, Energie- und Interessenverlust, geringere Lern- und Erinnerungsfähigkeit, Gefühl der Unsicherheit und Überforderung	Hilflosigkeit, Erschöpfung, Entwicklung psychischer Störungen (psychosomatische Störungen, Depression, sexuelle Funktionsstörungen, Schlafstörungen, Angstzustände)
<b>Auf der behavioralen Ebene (offen wahrnehmbaren Ebene)</b>	Gereiztheit, Aggressivität, Egozentriertheit, Konflikte / Streitverhalten, erhöhter Nikotin-, Alkohol- und Medikamentenkonsum, schlechte sensu-motorische Koordination	Mehr Fehlzeiten am Arbeitsplatz, soziale Isolation, Partnerschaftskonflikte (Trennung, Scheidung), soziale Unbeliebtheit
<b>Auf der physiologischen Ebene</b>	Verspannungen (Schultern, Rücken, etc.), Übersäuerung des Magens, Verdauungsbeschwerden, erhöhte Herzfrequenz und Hormonausschüttung, Kopfschmerzen	Herz-Kreislaufstörungen (Bluthochdruck, Angina pectoris, Herzinfarkt, etc.), Haltungsschäden, Migräne, Diabetes, Magengeschwüre

Abbildung 8: Folgen von Stress (Bodenmann & Gmelch, 2009).

Wie nun gezeigt wurde, ist Stress etwas, was durch unsere eigene Einschätzung einer Situation entsteht. Es lässt sich nicht per se sagen, welche Situation bei einer Person Stress auslöst, denn es ist abhängig davon, wie eine Person ein Ereignis wahrnimmt. Ebenso sind die Auswirkungen von Stress je nach Mensch verschieden, was zu einer grossen Liste von möglichen Folgen führt (Abb. 8). Wie in der Abbildung 8 erkennbar ist, kann Stress auf der kognitiven Ebene einen Einfluss auf die Lern- und Erinnerungsfähigkeit haben. Die Untersuchung des Zusammenhangs zwischen Stress und dem Lernen bzw. Erinnern hat im Bereich der Psychologie und verwandten Forschungsgebieten eine lange Tradition (Lupien et al., 2007; Wolf, 2009). Es wird deshalb als nächstes auf die Erkenntnisse aus dieser Forschung eingegangen.

### **2.5.2 Stress und seine Auswirkungen auf das Lernen**

Die Region des Hippocampus ist im Hirn jene Region, welche sehr wichtig ist für die Fähigkeit etwas zu lernen und sich an etwas zu erinnern (Moser & Moser, 1998; Burgess et al., 2002). Dass Stress einen Einfluss auf das Lernen haben muss, wurde klar, als man entdeckte, dass der Hippocampus die höchste Dichte an Rezeptoren aufweist, die verantwortlich für die Aufnahme von Stresshormonen sind (Lupien & Lepage, 2001; Lupien et al., 2007). Der Zusammenhang zwischen Stress und seine Folgen auf das Lernen wurde deshalb in der Medizin, Psychologie und verwandten Bereichen oft untersucht, jedoch mit verschiedenen Ergebnissen. Die Ergebnisse unterscheiden sich je nach dem, wann der Stress induziert wurde: Vor dem Lernen, während dem Lernen oder nach dem Lernen. Eine Stressinduktion vor dem Lernen kann die Merkfähigkeit fördern oder auch beeinträchtigen. Wird etwas unter Stress gelernt, hat dies tendenziell einen negativen Effekt. Man kann sich zwar noch sehr gut an die Stresssituation erinnern, jedoch fehlt das Wissen über Details. Wird Stress direkt nach dem Lernen induziert, fördert dies die Erinnerungsfähigkeit (Lupien & Lepage, 2001; Joëls et al., 2006; Wolf, 2009; Schwabe & Wolf, 2010).

Zudem hängt der Effekt von Stress auf die Wissensaneignung auch davon ab, wie gross die Intensität des Stressses ist. Hierbei sind sich viele Forscherinnen und Forscher einig, dass die Leistung bei einer kognitiven Aufgabe – wie es das Lernen ist – durch einen moderaten Grad an Stress gesteigert wird. Ist der Stress aber zu hoch oder zu tief, sinkt die Leistung wieder. Der Zusammenhang zwischen der kognitiven Leistung und der Stressintensität kann also als eine umgedrehte U-förmige Kurve beschrieben werden und wird auch als Yerkes-Dodson Gesetz bezeichnet (Yerkes & Dodson, 1908; Hwang, 1994; Mendl, 1999; Lupien et al. 2007; Wilkening, 2012).

### **2.5.3 Stress und seine Auswirkungen auf die kognitiven Prozesse bei der Navigation**

Wie bereits erklärt, ist der Hippocampus stark in unsere Lernprozesse involviert und ist von Stressreaktionen direkt betroffen. Der Hippocampus ist im Speziellen vor allem für das Lernen von räumlichen Informationen und die räumliche Orientierung wichtig. Er ist verantwortlich für das räumliche Wissen und bildet somit jene Hirnregion, in welcher die mentale Karte zu finden ist (Moser & Moser,

1998; Burgess et al., 2002). Für die Entdeckung der Hippocampus-Region als das „innere GPS-System“ wurde John O'Keefe, May-Britt Moser und Edvard Moser 2014 sogar der Nobelpreis verliehen<sup>6</sup>.

Die Auswirkungen von Stress auf das räumliche Lernen und die Navigation beim Menschen ist ein Themengebiet, welchem bisher noch wenig Beachtung geschenkt wurde (Evans et al., 1984; Duncko et al., 2007; Richardson & Tomasulo, 2011). Dies ist verwunderlich, da bei der Navigation oft Umweltbedingungen herrschen, welche Stress verursachen können (z.B. Lärm, Hitze, Verkehrsüberlastungen usw.) (Evans et al., 1984). Im folgenden Kapitel wird auf die Arbeiten eingegangen, welche den Einfluss von Stress auf die Navigation und die damit verbundenen kognitiven Prozesse – vor allem das Erwerben von räumlichem Wissen – untersucht haben. Hierbei wird chronologisch vorgegangen und zuerst vier Arbeiten vorgestellt, die aus dem Bereich der Psychologie und Medizin stammen. Anschliessend wird auf zwei Arbeiten aus der Geographie eingegangen.

Eine erste Studie, die das räumliche Wissen in Zusammenhang mit einer Stressinduktion untersuchten, ist jene von Mackintosh et al. (1975). Im Rahmen dieses Experiments wurde den Testpersonen die Aufgabe erteilt, in einem Einkaufszentrum nach einem bestimmten Artikel zu suchen und diesen anschliessend so genau wie möglich zu beschreiben. Anschliessend mussten die Testpersonen eine Kartenskizze der Testumgebung zeichnen. Eine Gruppe von Testpersonen löste diese Aufgabe in einer Zeit, in welcher wenige Leute im Einkaufszentrum waren. Die zweite Gruppe führte das Experiment in einer Zeit durch, in welcher das Einkaufszentrum sehr gut besucht war. Als Stressinduktion wurde also ein überfüllter öffentlicher Ort genommen. Die Resultate dieser Studie zeigten, dass die Genauigkeit der Kartenskizze der Testpersonen unter der Stress-Bedingung tiefer war als jene der Kontrollgruppe.

Evans et al. (1984) untersuchten im Rahmen eines Experiments den Einfluss eines anderen physikalischen Stressors auf den Erwerb von räumlichem Wissen. Die Testpersonen in dieser Studie wurden gebeten sich einen Film anzusehen, dessen Route durch eine fiktive Stadt mit verschiedenen Landmarken führt. Die Hälfte der Testpersonen schaute diesen Film ohne jegliche Stressinduktion an. Bei der anderen Hälfte wurde während dem Film ein Mix aus verschiedenen lauten Geräuschen, wie sie in einer Stadt vorkommen (Autos, sprechende Personen, Baustellenmaschinen), abgespielt. Für die Stressinduktion wurde also Lärm abgespielt. Anschliessend wurde das Wissen über die Umgebung anhand von drei Tests überprüft:

1. Aus einer Liste von Wörtern mussten sie jene erkennen, welche davon ein Objekt beschrieben, das sie während dem Film gesehen haben.
2. Auf einem Blatt Papier mit dem markierten Startpunkt und Anfangsrichtung der Route mussten die Personen die Route exakt zeichnen.
3. Die Testpersonen bekamen Fotos, welche die Szenen aus dem Film zeigten. Bei jedem Bild mussten sie sich dazu äussern, wie sicher sie waren, diese gesehen zu haben. Und anschliessend

---

<sup>6</sup> Nobelprize (2014). *The 2014 Nobel Prize in Physiology or Medicine-Press Release*. "[http://www.nobelprize.org/nobel\\_prizes/medicine/laureates/2014/press.html](http://www.nobelprize.org/nobel_prizes/medicine/laureates/2014/press.html)", letzter Zugriff: 30.08.2015

mussten die Personen diese Fotos in die richtige Reihenfolge bringen und diese auch noch entsprechend ihrer Lokalität auf dem Boden relativ zu einander anordnen.

In der Analyse zeigte sich, dass der Stress einen positiven Effekt auf das Routenwissen hatte (besseres Resultat bei Test 3), jedoch einen negativen auf das Überblickswissen (schlechteres Resultat bei Test 2 und relative Anordnung der Fotos). Diese Resultate von Evans et al. (1984) bestätigen die Erkenntnisse aus der Studie von Mackintosh et al. (1975).

Wie Evans et al. (1984) haben auch Duncko et al. (2007) und Richardson & Tomasulo (2011) den Stresseinfluss mit Hilfe einer virtuellen Realität untersucht. Duncko et al. (2007) fokussierte sich hierbei nur auf den Einfluss von Stress auf das Navigationsverhalten (Falsches Abbiegen, Erreichen des Zieles). Stress wurde so induziert, dass die Teilnehmenden 30 Minuten vor Beginn der Navigationsaufgabe ihre Hand in kaltes Wasser (0°-2°C) halten mussten und ihnen so ein gewisser ungefährlicher Schmerz zugefügt wurde. Es zeigte sich, dass diese Art der Stressinduktion von Duncko et al. (2007) zu einem besseren Abschneiden bei der Navigationsaufgabe führte.

Richardson & Tomasulo (2011) konzentrierten sich in ihrer Studie auf das räumliche Wissen, wobei sie sich auf das Schätzen von Richtungen beschränkten. Gemessen wurde hierbei die Antwortgeschwindigkeit und der Winkelschätzfehler. Ihre Studie bestand aus zwei Aufgaben. Bei der ersten Aufgabe mussten die Testpersonen durch eine virtuelle Realität navigieren und anschliessend verschiedene Richtungen schätzen. Bei der zweiten Aufgabe wurde den Testpersonen schematische Karten vorgelegt. Zu jeder Karte gab es eine Aufgabe, bei welcher sie sich mental vorstellen mussten, an einem bestimmten Ort auf der Karte zu stehen und anschliessend die Richtung zu einem anderen Ort anzugeben. Wie bei Duncko et al. (2007) wurde vor der Aufgabe Stress induziert. Jedoch nicht durch Schmerzvermittlung, sondern mit dem *Star Mirror Trace Task* induziert. Vereinfacht erklärt muss man beim *Star Mirror Trace Task* mit einem Stift der Form eines vorgezeichneten Sterns auf einem Blatt fünf Minuten lang so schnell und genau wie möglich nachfahren. Man blickt dabei aber nicht direkt auf das Blatt, sondern über einen Spiegel (Abb. 9). Als zusätzlichen Stressor wurde während dieser Aufgabe auch ein lautes schnell tickendes Metronom über eine CD abgespielt. Es zeigte sich aber, dass diese Stressinduktion keinen Einfluss auf die Genauigkeit der Antworten bei der Richtungs-schätzungen hatte. Der einzige festgestellte Einfluss bei Richardson & Tomasulo (2011) war, dass die Stress-Gruppe länger brauchte um die Richtungen zu schätzen.

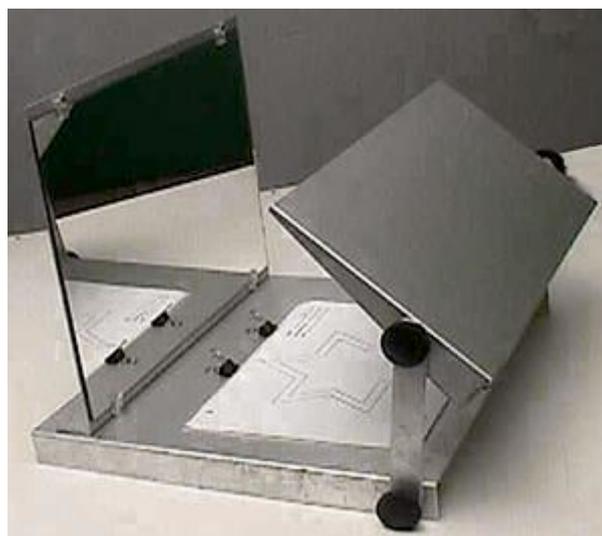


Abbildung 9: Star Mirror Trace Task (Quelle: <http://hua.umf.maine.edu/psychology/mirrppap.jpg>, letzter Zugriff: 12.09.2015).

Im Gegensatz zu Mackintosh et al. (1975) und Evans et al. (1984) massen Duncko et al. (2007) und Richardson & Tomasulo (2011) bei den Testpersonen verschiedene Vitalparameter wie Blutdruck (Richardson & Tomasulo, 2011), Puls (Richardson & Tomasulo, 2011; Duncko et al., 2007) und die Hautleitfähigkeit (Duncko et al., 2007). Alle diese Vitalparameter erhöhen sich in einer Stresssituation. Sie dienen deshalb der Überprüfung, ob eine Testperson auch wirklich gestresst ist. In beiden Experimenten waren diese Werte bei der Stress-Gruppen gegenüber der Kontrollgruppe höher und somit erkennt man, dass die Teilnehmenden wirklich gestresst waren (Richardson & Tomasulo, 2011; Duncko et al., 2007).

In der Geographie sind erst wenige Arbeiten bekannt, die versuchten die Lücke zwischen der Stressforschung und der Wegfindung zu schliessen. Wilkening (2012) und Rouiller (2013) befassten sich beide mit dem Einfluss von Stress in Form von Zeitdruck auf jenen Teil des Wegfindungsprozesses, in dem man eine Entscheidung (z.B. die Wahl einer Route) fällen muss. Wilkening (2012) untersuchte anhand einer Studie im Labor diese Beeinflussung. Die Testpersonen mussten hierbei auf vier verschiedenen Karten bestimmen, wo ein geeigneter Helikopterlandeplatz wäre. Die ausgewählten Probanden und Probandinnen waren jedoch keine Berufsleute, sondern Studierende. Vor Beginn der Studie wurde ihnen deshalb erklärt, welche Eigenschaften ein Landeplatz haben muss. Als Stressinduktion wurde ein Zeitdruck verwendet und während der Experimentaufgabe induziert. Für jede Karte mussten sie einen geeigneten Landeplatz drei Mal bestimmen: Einmal innerhalb von 20 Sek., ein weiteres Mal innerhalb von 40 Sek. und ein drittes Mal hatten die Personen 60 Sek. Zeit. In der Analyse zeigte sich, dass unter einem moderaten Zeitdruck von 40 Sek das beste Ergebnis erzielte wurde. Wenn nur knapp (20 Sek.) hat oder sehr viel Zeit vorhanden ist, sinkt die Leistung. Diese Resultate von Wilkening (2012) bestätigen also das Modell des Zusammenhangs zwischen Stressintensität und Leistung der umgekehrten U-förmigen Kurve von Hwang (1994).

In der Arbeit von Rouiller (2013) wurde ebenfalls mit dem Stressor „Zeitdruck“ gearbeitet. Er untersuchte anhand einer Navigationsaufgabe in einer realen städtischen Umgebung, welchen Einfluss Zeitdruck auf die Routenwahl und den Gebrauch der mobilen Karte hat. Ziel der Navigationsaufgabe war es, vier auf einer digitalen Karte markierten Punkte zu finden und anschliessend zurück zum Ausgangspunkt zu kehren. Es wurde den Testpersonen keine Route vorgegeben, sondern sie konnten diese selber wählen. Die Teilnehmenden wurden in eine Gruppe, welche die Aufgabe unter Zeitdruck löste, und eine Gruppe, welche die Aufgabe ohne Zeitdruck durchführte, eingeteilt. Der Gruppe mit Zeitdruck wurde ein Szenario geschildert, in welchem sie unterwegs zu einem Bewerbungsgespräch sind und zuvor in weniger als 20 Minuten alle vier Punkte besuchen müssen, um ein Dokument unterzeichnen zu lassen. Der Gruppe ohne Zeitdruck wurde gesagt, dass an diesen vier markierten Stellen sich touristische Attraktionen befinden, welche sie besuchen sollen. Gemessen wurde die Navigationsleistung anhand der Routenwahl (Fehler, welche die Testperson zum Zurücklaufen zwingen; Distanz und benötigte Zeit) sowie die Messung von den Interaktionen mit der Karte (Blicke, Fingerinteraktionen). Wie bereits bei Duncko et al. (2007) und Richardson & Tomasulo (2011) hat auch Rouiller (2013) einen Vitalparameter

(Hautleitfähigkeit) gemessen, um zu überprüfen, ob der Zeitdruck als Stress empfunden wurde. Rouiller (2013) konnte aber keinen Einfluss des Zeitdrucks auf die Qualität der Routenwahl feststellen. Jedoch zeigte sich, dass der Zeitdruck die Aufmerksamkeit der Teilnehmenden erhöhte und sie so vor der Orientierungslosigkeit bewahrte. Des Weiteren hatte der Zeitdruck zur Folge, dass die Testpersonen häufiger für kurze Zeit auf die Karte geschaut haben. Die Überprüfung der Vitaldaten bei Rouiller (2013) zeigte, dass ein Zeitdruck in dieser Form wie er hier induziert wurde, nicht immer Stress auslöste.

### ***Wer navigiert überhaupt unter Stress?***

Wie Evans et al. (1984) erklären, ist man bei der Navigation häufig von physikalischen Stressoren (z.B. Lärm, Verkehrsüberlastung, Hitze) umgeben. Oder – wie im Beispiel von Rouiller (2013) – kann es sein, dass man unter Zeitdruck den Weg finden muss. Wenn man sich verlaufen hat und orientierungslos ist, kann dies auch emotionale Folgen haben (Lynch, 1960). Jeder Mensch kann also den Einfluss von Stress auf die kognitiven Prozesse der Navigation erleben.

Eine spezielle Gruppe von Personen, die unter Stress navigieren muss, sind Berufspersonen wie beispielsweise Rettungssanitäter, Feuerwehrleute oder Militäranghörige. Diese Leute müssen oftmals im Rahmen ihres Berufsalltags Karten gebrauchen. Wie Johansson et al. (2013) beschreibt, ist es für Mitglieder von Such- und Rettungskräften wichtig, dass sie zu jeder Zeit in der Lage sind, ihre eigene Position zu bestimmen und während ihrem Einsatz eine mentale Karte aufzubauen. Wie man sich gut vorstellen kann, stehen Mitglieder von Such- und Rettungskräften (Feuerwehrleute, Sanitätsleute, Militäranghörige) während ihren Einsätzen oftmals unter hohem Zeitdruck, es herrscht Hitze, Lärm, eingeschränkte Sicht und es geht nicht selten um Leben und Tod. Ein Experiment mit Berufspersonen wurde auch von Wilkening (2012, S.131) vorgeschlagen: *“To better understand map-based decision making under time pressure, it might also be interesting to study other expert groups in this field, such as, soldiers, orienteers, or sailors.”*

## **2.6 Eingliederung dieser Arbeit in den Forschungskontext**

Wie nun aufgezeigt wurde, spielt das räumliche Wissen eine wichtige Rolle bei der Navigation. Diese Rolle wird umso wichtiger, wenn man das externe Hilfsmittel zur Navigation verliert. Die mentale Karte wird durch verschiedene Ungenauigkeiten (siehe Kap. 2.2.3), die Art der räumlichen Informationsvermittlung (Verbal, Karte, digitale Karte, verschiedene digitale Kartentypen) (siehe Kap. 2.3) sowie die Eigenschaften einer Person (z.B. räumliche Denkfähigkeit, Alter) beeinflusst (siehe Kap. 2.4). All diese Einflüsse widerspiegeln sich in der in Kapitel 2.2.1 gegebenen Definition des Begriffs „kognitive/mentale Karte“. Dem Einfluss des Wohlbefindens auf die mentale Karte wurde aber noch wenig Beachtung geschenkt (siehe Kap. 2.5). Dies obwohl Stresssituationen während der Wegfindung häufig vorkommen können (z.B. lärmige Umgebung, Zeitdruck, in Rettungssituationen). Im Bereich der Psychologie wurde der Einfluss von Stress auf kognitive Prozesse, wie in Kapitel 2.5.2 aufgezeigt, schon öfters untersucht,

jedoch in Untersuchungen mit Tieren und nicht mit Menschen (Duncko et al, 2007). Die meisten Untersuchungen von Stress beim räumlichen Wissensaufbau wurde unter kontrollierten Laborbedingungen und mit virtuellen Realitäten durchgeführt. Methoden, welche sonst in der Geographie für die Überprüfung des räumlichen Wissens (siehe Kap. 2.3) angewendet wurden, sind im Zusammenhang mit dem räumlichen Lernen unter Stress noch selten zum Einsatz gekommen.

Diese Arbeit versucht deshalb mit Hilfe eines Experiments in einer realen städtischen Umgebung und den bekannten Messmethoden zur Überprüfung des räumlichen Wissens aus der Geographie einen Beitrag zur Schliessung dieser Forschungslücke zu leisten. Diese Studie knüpft an die Arbeit von Rouiller (2013) an, welcher ebenfalls den Einfluss eines Stressors auf die Prozesse der Navigation untersuchte. Währendem bei Rouiller (2013) der Fokus auf der Routenwahl lag, möchte diese Arbeit den Fokus auf den Einfluss von Stressoren auf den Aufbau der mentalen Karte legen. Man will mit dieser Arbeit herausfinden, wie viel Wissen man bei einer Navigationsaufgabe in einer unbekanntem realen städtischen Umgebung unter Stress und mit Hilfe einer digitalen Karte aufbaut. Da Stresssituationen vor allem bei Berufspersonen vorkommen können und Wilkening (2012) zu Untersuchungen des Einflusses von Stress auf die Wegfindung bei Berufsleuten aufruft, wird die hier präsentierte Studie mit Soldaten und Soldatinnen der Schweizer Armee durchgeführt.

### 3 FORSCHUNGSFRAGEN

Der Einfluss von Stress auf den Aufbau einer mentalen Karte wurde, wie im vorherigen Kapitel aufgezeigt, noch wenig untersucht. In dieser Arbeit wird deshalb folgender Forschungsfrage nachgegangen:

***Welchen Einfluss hat eine Stresssituation auf den Aufbau einer mentalen Karte und den Umgang mit der digitalen Karte bei der Navigation?***

Diese übergeordnete Forschungsfrage lässt sich in einzelne spezifischer Fragen unterteilen:

- A) Gibt es einen Unterschied im Aufbau von Überblickswissen zwischen den Personen mit und jenen ohne Stressinduktion während der Lernphase?
- B) Gibt es einen Unterschied im Aufbau von Landmarken- und Routenwissen zwischen den Personen mit und jenen ohne Stressinduktion während der Lernphase?
- C) Zeigen sich Unterschiede im Umgang mit der Karte zwischen den Personen mit und jenen Personen ohne Stressinduktion während der Navigation?
- D) Welchen Einfluss hat die räumliche Denkfähigkeit einer Person beim Lernen von räumlichem Wissen unter Stress?

Hypothese zu A) und B): Aufgrund der präsentierten Erkenntnisse aus der bisherigen Forschung, wird in dieser Arbeit die Hypothese aufgestellt, dass man unter Stress mehr räumliches Wissen aufbaut. Wie Kapitel 2.5 aufgezeigt hat, kann Stress zwar die Lernleistung und die Merkfähigkeit negativ beeinflussen. Die hier präsentierte Studie wird mit Berufspersonen aus der Schweizer Armee durchgeführt, welche – wie in Kapitel 4.1 aufgezeigt wird – im Umgang mit Stress geschult wurden. Es wird vermutet, dass diese Erfahrung im Umgang mit Stress und dem Navigieren im Allgemeinen dazu führt, dass die Testpersonen sich besser auf die Aufgabe konzentrieren können und dadurch mehr Wissen – unabhängig von der Form des Wissens (Landmarken-, Routen- und Überblickswissen) - aufnehmen. Nichtsdestotrotz sind die Forschungsfragen nach Landmarken-/Routenwissen und Überblickswissen unterteilt, da die Forschung zeigt, dass hierbei unterschiedliche kognitive Prozesse involviert sind (z.B. Lobben (2004) mit der Unterteilung in *environmental* und *survey mapping*).

Hypothese zu C): Die Untersuchungen der Nutzung der digitalen Karten bei der Navigation hat gezeigt, dass die automatisierten Prozesse zu einem passiveren Verhalten führen (Münzer et al., 2006; Parush et al., 2007; Richter et al., 2010; Hirtle & Raubal, 2013). Es wird deshalb vermutet, dass die Gruppe, welche das Experiment ohne Stressinduktion absolvieren wird, dieses passive Verhalten bestätigt und dadurch weniger Wissen aufbaut. Bei jenen Testpersonen, welche das Experiment unter Stress einfluss absolvieren werden, wird vermutet, dass der Stress zu einer intensiveren Interaktion führt (wie dies bereits bei Rouiller (2013) ersichtlich wurde).

Hypothese zu D): Einige Arbeiten im Bereich der Geographie konnten nachweisen, dass Personen mit einer hoher Fähigkeit räumlich zu denken, auch besser beim Lösen von räumlichen Aufgaben sind (Dillemath, 2005; Wilkening & Fabrikant, 2011; Rouiller, 2013). Es wird deshalb vermutet, dass die Testpersonen mit einer hohen räumlichen Denkfähigkeit die hier gestellte Aufgabe besser lösen werden. Für eine Person mit einer tiefen räumlichen Denkfähigkeit kann eine Navigationsaufgabe schon eine grosse Herausforderung darstellen. Wenn hierbei noch eine Stresssituation dazukommt, wird vermutet, dass die Stressintensität so hoch ist, dass es zu einer Überforderung und somit einer Leistungsbeeinträchtigung kommt. Bei den Personen mit hoher räumlicher Denkfähigkeit hingegen sollte der Stress sie nicht überfordern, sondern ihre Leistung steigern.

## 4 METHODIK

Um die Forschungsfragen (siehe Kapitel 3) zu beantworten, wird eine Benutzerstudie in einem städtischen Wohnquartier durchgeführt. Im folgenden Kapitel wird auf die Methodik eingegangen. Dabei werden zuerst die Teilnehmenden vorgestellt. Anschliessend wird dann ein grober Überblick über die Strukturierung der Studie gegeben und die Testumgebung beschrieben, bevor die gemessenen Variablen und verwendeten Materialien präsentiert werden. Zum Schluss wird auf den genauen Ablauf der Studie eingegangen.

### 4.1 Teilnehmende

Wie im Kapitel 2.5.3 gezeigt wurde, ist es vor allem interessant, den Einfluss von Stressfaktoren auf die kognitiven Prozesse bei denjenigen Personen zu untersuchen, die im Rahmen ihres Berufsalltags unter Stress mit Karten navigieren und räumliches Wissen aufbauen müssen (Wilkening, 2012; Johansson et al., 2013). Für diese Studie wurde deshalb mit der Schweizer Armee zusammengearbeitet. Dank der Unterstützung des Leiters Mil Geo Info Dienst V Michael Lanini kam für diese Studie eine Kooperation mit der Abteilung für friedensfördernde Einsätze in Krisengebieten (SWISSINT<sup>7</sup>) der Schweizer Armee zustande. Diese Abteilung ist für die Ausbildung sowie die Einsatzleitung aller Angehörigen der Armee (AdA) im Ausland zuständig.

Für die Durchführung dieser Studie wurden vom SWISSINT 35 AdA (33 Männer und 2 Frauen) zur Verfügung gestellt. Diese AdA gehören zum 32. Kontingent des friedensfördernden Einsatzes der Schweizer Armee im Kosovo. Zum Zeitpunkt der Studie befanden sich die AdA am Ende ihrer Einsatzvorbereitung und sind nach der Studie direkt in den Einsatz geflogen.

Bei den 35 AdA handelt es sich um Fahrer und Pioniere, welche sich im Rahmen ihres Einsatzes täglich im Einsatzgebiet bewegen müssen und dabei auch Karten gebrauchen (mündliche Information von Chef der Ausbildung beim SWISSINT, 05.03.2015). Sie wurden deshalb während ihrer Einsatzvorbereitung nochmals speziell im Lesen von Karten, Benutzen von GPS-Geräten und dem Umgang mit Stress geschult (Abb. 10) (SWISSINT, 2015). Eine genauere Beschreibung der Teilnehmenden (Alter, militärischer Grad, usw.) folgt in Kapitel 5.1.1.

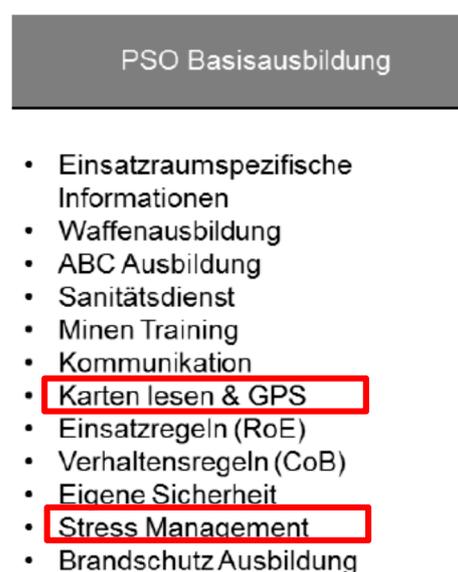


Abbildung 10: Inhalt der Ausbildung der AdA (SWISSINT, 2015)

<sup>7</sup> Schweizer Armee. *Kompetenzzentrum SWISSINT*. „<http://www.vtg.admin.ch/internet/vtg/de/home/schweizerarmee/organisation/fsta/SWISSINT.html>“, letzter Zugriff: 31.08.2015

## 4.2 Strukturierung der Studie

Die Studie war in zwei Teile gegliedert: Die Vortests und das Hauptexperiment.

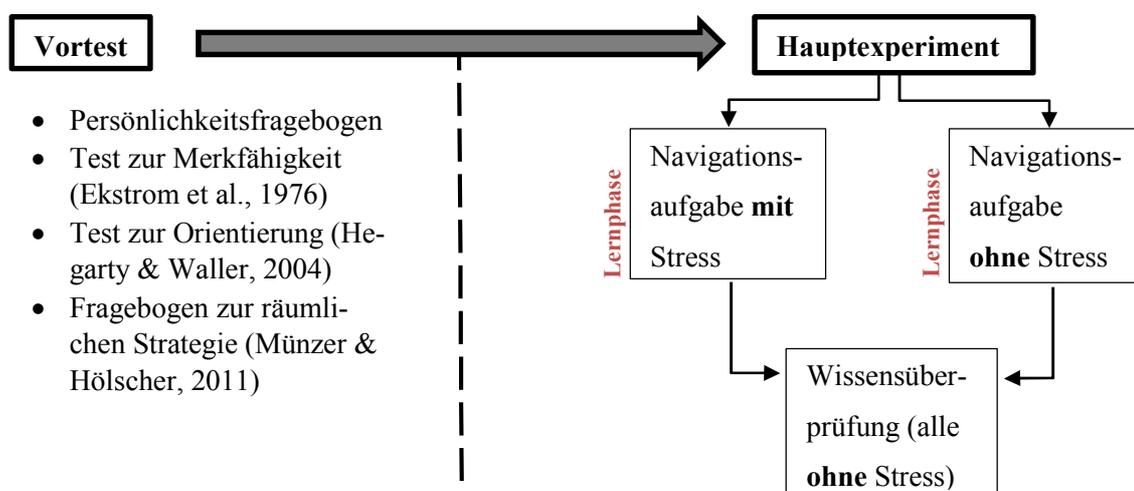


Abbildung 11: Struktur der Studie.

Die Vortests wurden zwei Wochen vor Beginn des Hauptexperiments durchgeführt (Abb. 11). Diese Tests beinhalteten einen Fragebogen zur Persönlichkeit, einen Fragebogen zur Selbsteinschätzung der räumlichen Denkfähigkeit (Münzer & Hölscher, 2011), ein Test zur Merkfähigkeit (Ekstrom et al., 1976) und einen Test zur Orientierung (Hegarty & Waller, 2004). Mit dieser Auswahl von Tests wurde versucht, ein möglichst genaues Bild der AdA bezüglich ihrer Fähigkeit räumlich zu denken zu erhalten. Diese Tests wurden am 24., 25. und 30. März 2015 jeweils von 19:30 bis 20:15 Uhr an zwei verschiedenen Standorten (Kompetenzzentrum SWISSINT in Stans-Oberdorf (NW) und Kaserne Bremgarten AG) in einem zur Verfügung gestellten Theoriesaal durchgeführt.

Um den Einfluss einer Stressinduktion im Hauptexperiment zu messen, wurde ein *Between-Subject Design* (Martin, 2008) gewählt. Aufgrund dieses Studiendesigns wurden die Resultate des Vortests zwei Wochen vor Beginn des Hauptexperiments ausgewertet. Anhand der räumlichen Denkfähigkeit wurden die AdA in zwei Gruppen eingeteilt. Die beiden Gruppen sollten möglichst gleich viele Personen mit hoher sowie mit tiefer räumlichen Denkfähigkeit enthalten. Die Einteilung erfolgte anhand der Resultate des Tests zur Orientierung (Hegarty & Waller, 2004). Als Kriterium für die Unterteilung zwischen hoher und tiefer räumlicher Denkfähigkeit wurde wie bei Wilkening & Fabrikant (2011) und Brügger (2015) der Median verwendet. So konnte sichergestellt werden, dass die beiden Gruppen bezüglich ihrer Fähigkeit räumlich zu denken vergleichbar sind. Genauere Informationen zur Gruppenbildung finden sich in Kapitel 5.1.5.

Das Hauptexperiment wurde dann zwischen dem 8. und 15. April 2015 in Stans NW durchgeführt. Zuerst hatten die AdA eine Navigationsaufgabe zu lösen. Diese bestand darin, von einem Startpunkt aus fünf Standorte (im Folgenden als Checkpoints bezeichnet) in einer vorgegebenen Reihenfolge zu finden

und anschliessend zu einem Zielpunkt zu gelangen (Abb. 12). Für das Lösen dieser Aufgabe wurde den AdA ein Tablet mit einer digitalen Karte zur Verfügung gestellt, auf welcher die zu findenden Checkpoints markiert waren. Ihnen stand dabei die topographische und die Satellitenbildkarte von Google Maps<sup>8</sup> zur Verfügung. Anhand eines Wechselknopfes konnten die AdA selber bestimmen, welche Karte sie sehen wollten. Um die Studie möglichst nahe an der Realität am Armeealltag zu gestalten, konnten sie ihre Route selber bestimmen und ihre GPS-Position wurde ihnen angezeigt. Während dem Lösen der



Abbildung 12: digitale Karte für die Navigationsaufgabe

Navigationsaufgabe wurden verschiedene Interaktionsdaten aufgezeichnet (siehe Kap. 4.4.1).

Diese Navigationsaufgabe des Hauptexperiments löste eine der beiden Gruppen unter dem Einfluss von Stress. Sie wird im Folgenden auch als „Stress-Gruppe“ oder „mS“ (mit Stress) bezeichnet. Die zweite Gruppe absolvierte die Aufgabe ohne eine absichtliche Stressinduktion. Im Folgenden wird diese Gruppe auch als „Kontrollgruppe“ oder „oS“ (ohne Stress) bezeichnet.

Die gezielte Stressinduktion begann mit dem Start der Navigationsaufgabe und endete direkt nach Erreichen des Zielpunktes (Abb. 11). Der Stress wurde also ausschliesslich während der Lernphase der Umgebung (= Navigationsaufgabe) induziert. Nach erfüllter Navigationsaufgabe mussten die Teilnehmenden drei verschiedene Tests zur Überprüfung ihres erworbenen räumlichen Wissens lösen. Während dem Lösen der Tests wurde bei keinem und keiner der 35 AdA gezielt Stress vermittelt. Jeder und jede AdA führte dieses Experiment alleine durch und brauchte dafür ca. 60 Minuten. Durchgeführt wurde das Experiment am 8., 9. und 15. April 2015 jeweils ganztags (07:00 bis 18:00 Uhr), am 10. und 14. April jeweils halbtags. Der genaue Zeitplan (inkl. Anzahl Teilnehmende pro Tag) ist in Anhang A zu finden.

<sup>8</sup> Google Maps. „<https://www.google.ch/maps>“, letzter Zugriff: 15.09.2015

### 4.3 Vortests

Im Folgenden werden zuerst die verwendeten Materialien des Vortests präsentiert. Hierbei handelt es sich um drei Tests, welche zur Messung der räumlichen Denkfähigkeit und der Merkfähigkeit der AdA dienen.

#### 4.3.1 Persönlichkeitsfragebogen

Der Persönlichkeitsfragebogen besteht aus vier Teilen. Der erste Teil beinhaltet Fragen zur Person (Geschlecht, Alter, allfällige Sehschwächen, militärischer Rang und Funktion, Beruf im Zivilleben und Anzahl bereits geleistete Auslandseinsätze für die Armee). Im zweiten Teil folgen Fragen zum Besitz von mobilen Geräten (eine Auswahl an Geräten und verschiedene Betriebssystemen). Im dritten Teil des Fragebogens – „Erfahrungen im Umgang mit digitalen Karten“ - geht es darum herauszufinden, welche Kartenapplikationen sie nutzen (Auswahl von Applikationen) und wie oft sie diese verwenden (von „nie“ bis „sehr häufig“). Des Weiteren werden sie gefragt, wie oft sie Karten in ihrer täglichen Arbeit im Einsatz verwenden (von „nie“ bis „sehr häufig“). Im letzten Teil des Fragebogens geht es um die Erfahrungen der AdA in den Bereichen: Karten lesen, Benutzung von Kartenapplikationen für die Navigation, Kartographie, Geographischen Informationssysteme und der Sportart Orientierungslauf (von „keine Erfahrung“ bis „täglich Gebrauch“). Des Weiteren werden sie gefragt, ob und wie oft sie Computer-Spiele spielen (von „nie“ bis „sehr häufig“). Abschliessend muss eine Angabe zu den Ortskenntnissen der Stadt Stans auf einer Skala von „gar nicht“ bis „sehr gut“ gemacht werden. Der vollständige Fragebogen befindet sich in Anhang C.

### 4.3.2 Test zur Merkfähigkeit

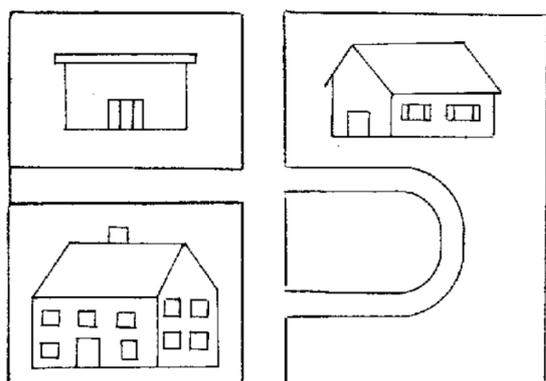


Abbildung 13: Beispielkarte beim Building Memory Test (Ekstrom et al., 1976)

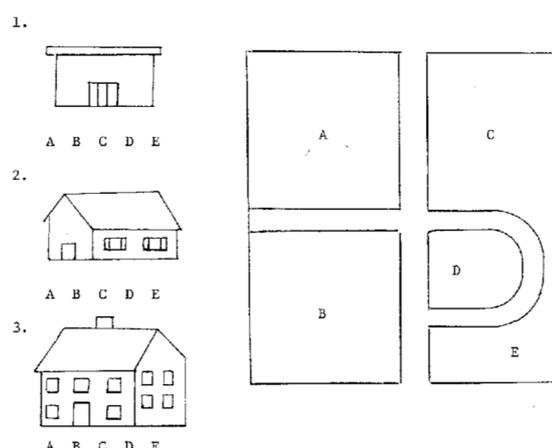


Abbildung 14: Beispieltestseite beim Building Memory Test (Ekstrom et al., 1976)

Der *Building Memory*-Test aus dem *Manual for Kit of Factor-Referenced Cognitive Tests* von Ekstrom et al. (1976) wurde verwendet um zu testen, wie gut sich die Testpersonen Objekte auf einer Strassenkarte merken können. Der Test beinhaltet zwei Testkarten mit jeweils zwölf abgebildeten Objekten (Beispielkarte in Abbildung 13). Die Testpersonen haben vier Minuten Zeit sich die Position der zwölf Objekte zu merken. Nach Ablauf dieser Lernphase bekommt man die gleiche Strassenkarte ein weiteres Mal, jedoch ohne die integrierten Objekte. Die Objekte sind diesmal auf der Seite zufällig aufgelistet und mit Buchstaben versehen (A bis E) (Beispieltestseite in Abbildung 14). Die Strassenkarte enthält dieselben Buchstaben und die Testpersonen werden dazu aufgefordert, den entsprechenden Buchstaben, bei welchem sich das Objekt vorher befand, anzukreuzen. Die Zeitspanne dazu beträgt vier Minuten. Nach Ablauf dieser Zeit geht man zur zweiten Testkarte über und wiederholt denselben Ablauf. Der vollständige Test ist auf der beiliegenden CD dieser Arbeit zu finden.

### 4.3.3 Test zur Orientierung

Mit dem Test zur Orientierung – im Original *Perspective Taking/Spatial Orientation Test* – von Hegarty & Waller (2004) wird die Fähigkeit der Testpersonen sich zu orientieren und sich etwas aus einem anderen Blickwinkel vorzustellen ermittelt. Der Test besteht aus zwölf Aufgaben. Jede Aufgabe beinhaltet das gleiche Bild von verschiedenen Alltagsobjekten (z.B. ein Haus). Zu diesem Bild wird dann eine Frage gestellt, wie in Abbildung 15 zu sehen ist. Wie der Aufgabentext schon sagt, gehört zu einer Aufgabe auch ein Kreis, in welchem die Lösung einzuzeichnen ist. Während dem Lösen der Aufgaben ist es nicht erlaubt das Blatt zu drehen oder Markierungen in das Bild der Objekte einzufügen.



**Beispiel:** Stellen Sie sich vor, dass Sie bei der **Blume** stehen und in Richtung des **Baumes** schauen. Nun zeichnen Sie unten im Kreis eine Linie/Pfeil in jene Richtung ein, in welcher die **Katze** ist

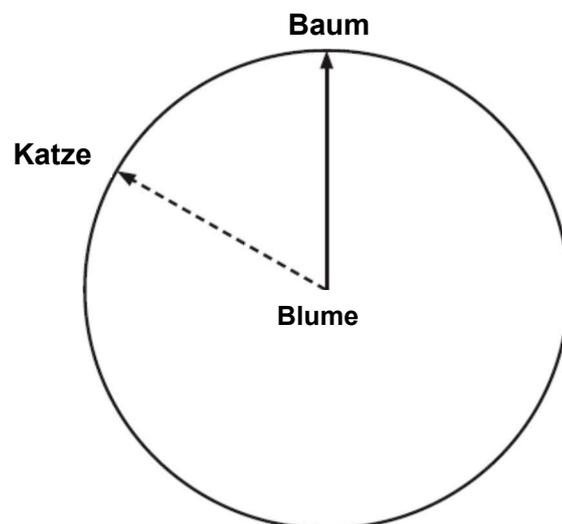


Abbildung 15: Beispielaufgabe aus dem Test zur Orientierung (Hegarty & Waller, 2004)

Die Testpersonen haben fünf Minuten Zeit, so viele Aufgaben wie möglich zu lösen. Das Ergebnis dieses Tests wurde für die Gruppeneinteilung (Stress-Gruppe und Kontrollgruppe) verwendet, so dass es in beiden Gruppen eine ausgeglichene Anzahl Personen mit hoher Fähigkeit und solche mit einer tieferen Fähigkeit sich zu orientieren (siehe Kap. 5.1.5) hatte. Der vollständige Test ist auf der beiliegenden CD dieser Arbeit zu finden.

#### 4.3.4 Fragebogen zur räumlichen Strategie

Der Fragebogen von Münzer & Hölscher (2011) entspricht einer Selbsteinschätzung der Testpersonen zu den räumlichen Strategien für die Orientierung in realen Umgebungen. Der Fragebogen bietet eine Alternative für den deutschsprachigen Raum zum *Santa Barbara Sense of Direction Test* (Hegarty et al., 2002), welcher in ähnlichen Studien oftmals verwendet wurde (z.B. Ishikawa & Takahashi (2013) oder Willis et al. (2009)).

Der Fragebogen besteht aus 19 Aussagen, welche drei verschiedenen Skalen zugeordnet sind. Zehn Aussagen ergeben einen Eindruck über die verwendete Strategie auf der FRS-Skala „Orientierung global/egozentrisch“. Wie Münzer & Hölscher (2011) erklären, hängt der Grad, wie sehr man eine egozentrische Perspektive bei der Navigation benutzt, mit der Zuversicht zusammen sich erfolgreich orientieren zu können. Weitere sieben Aussagen gehören zur FRS-Skala „Überblick“, welche den Grad angibt, wie stark man eine mentale Karte aus der allozentrischen Ansicht aufbaut. Die letzten zwei Aussagen werden zur dritten FRS-Skala „Himmelsrichtungen“ gezählt. Diese Aussagen erfassen die Nutzung und die Kenntnisse der Himmelsrichtungen zur Orientierung (Münzer & Hölscher, 2011).

Die Testpersonen können anhand einer Skala von 1 bis 7 die Stärke ihrer Zustimmung zur Aussage ausdrücken. Im Originalfragebogen von Münzer & Hölscher (2011) entspricht 1 der höchsten und 7 der tiefsten Zustimmung. Wie im Rahmen einer Studie von Deseö et al. (2014) bemerkt wurde, ist es für Schweizer und Schweizerinnen verwirrend, dass bei einem Fragebogen dieser Art die 1 der höchsten und die 7 der tiefsten Zustimmung entspricht. Um diese Verwirrung zu vermeiden, wurde die Skala umgedreht (1 = tiefste Zustimmung und 7 = höchste Zustimmung). Diese Umkehrung der Skala wird gemäss der Beschreibung von Münzer & Hölscher (2011) im Rahmen der Auswertung des Fragebogens sowieso vorgenommen. Der vollständige Fragebogen ist im Anhang D zu finden.

#### 4.3.5 Ablauf der Vortests

Die AdA fanden sich am 24., 25. und 30. März 2015 jeweils pünktlich im vereinbarten Theoriesaal für die Vortests ein. Im Vorhinein wurde an jedem Sitzplatz die Testunterlagen bereitgelegt. Die Unterlagen wurden mit einer eindeutigen Identifikationsnummer (ID) versehen, durch welche die Antworten anonymisiert wurden. Diese Identifikationsnummer der Person wurde anschliessend auch für die Datenaufnahme des Hauptexperiments verwendet. Anhand einer Powerpoint-Präsentation wurden die Teilnehmenden durch die Vortests geleitet. Um sicherzustellen, dass alle AdA den richtigen Fragebogen oder Test zur richtigen Zeit vor sich hatten, wurden die Unterlagen zusätzlich zur Beschriftung noch farblich markiert.

Nach der Begrüssung und Vorstellung meiner Person gab es eine kurze thematische Einführung in diese Studie und es wurde der Ablauf erklärt. Der stellvertretende Chef der Kaderberatung des psychologischen-pädagogischen Dienstes der Armee (PPD A) hat mir geraten, die AdA nicht darüber zu informieren, dass bei dieser Studie der Einfluss von Stress untersucht wird. Dies hatte folgenden Grund:

---

Wenn die Testperson weiss, dass versucht wird eine Stresssituation zu simulieren, wird eine solche Induktion eventuell nicht funktionieren. Der Überraschungseffekt sorgt dafür, dass man sich nicht vorbereiten kann (mündliche Information vom stellvertretenden Chef der Kaderberatung beim PPD A, 13.03.2015). Es wurde deshalb darüber orientiert, dass es sich um „eine Studie zur Untersuchung von verschiedenen Umwelteinflüssen auf die Kartennutzung und den involvierten kognitiven Prozessen bei der Navigation“ handelt. Des Weiteren wurden die Schlagwörter „Wissen“ und „Lernen“ nicht verwendet, um zu verhindern, dass sich die Testpersonen während dem Hauptexperiment explizit auf das Lernen der Umgebung konzentrieren. Wie schon Münzer et al. (2006), möchte man auch in dieser Studie nichts über die Wissenstests im Voraus verraten. Wenn sich die Person aktiv auf das Lernen der Umgebung konzentriert, würde dies nicht der realen Situation entsprechen, in welcher man unter Stressbedingungen navigieren muss.

Nach dieser Einführung wurden die AdA gebeten ein Einwilligungsformular durchzulesen und, sofern sie damit einverstanden sind, dieses zu unterschreiben (siehe Anhang E). Mit der Unterschrift bestätigten sie ihre Teilnahme an der Studie und stimmten der Nutzung ihrer anonymisierten Daten zu. Anschliessend wurden sie gebeten den ersten Fragebogen zu ihrer Person auszufüllen. Nach dessen Erledigung, wurden die AdA gebeten den Test zur Merkfähigkeit (Ekstrom et al., 1976) hervor zunehmen. Der Test wurde von mir anhand einer Beispielaufgabe erklärt. Anschliessend hatten die AdA jeweils vier Minuten Zeit die Karte anzuschauen. Die Zeit wurde von mir gestoppt und nach Ablauf der vier Minuten durften die Teilnehmenden zur Antwortseite der Karte umblättern. Für das Lösen der Testseite hatten sie wiederum vier Minuten Zeit. Im Anschluss an diese vier Minuten ging man zur zweiten Karte über und wiederholte den gleichen Ablauf.

Nach dem Test zur Merkfähigkeit (Ekstrom et al., 1976) wurde der Fragebogen zur räumlichen Strategie (Münzer & Hölscher, 2011) bearbeitet. Wiederum gab es eine kurze Einführung. Nach Abschluss dieses Fragebogens, wurden die AdA gebeten den Test zur Orientierung (Hegarty & Waller, 2004) aus den Unterlagen zu nehmen. Wieder wurde von mir erklärt, wie der Test zu lösen ist. Nach Beantwortung von Unklarheiten zum Test hatten die AdA fünf Minuten Zeit, so viele Aufgaben wie möglich zu lösen. Die Zeit wurde von mir gestoppt. Nach Ablauf der Zeit wurden die AdA gebeten alle Unterlagen vor sich hinzulegen, damit diese eingesammelt werden konnten. Zum Schluss wurden die AdA über den weiteren Ablauf instruiert. Dazu wurde ihnen ein Blatt mit wichtigen Hinweisen zum Hauptexperiment ausgeteilt. Dieses Hinweisblatt ist im Anhang F zu finden.

## 4.4 Hauptexperiment

Im Folgenden wird genauer auf das Hauptexperiment eingegangen. Dabei wird zuerst das Design des Experiments präsentiert, gefolgt von einer Beschreibung der Testumgebung. Anschliessend werden alle verwendeten Materialien vorgestellt. Zuletzt wird der Ablauf des Hauptexperiments beschrieben.

### 4.4.1 Design des Experiments

Um den Einfluss einer Stressinduktion zu untersuchen, wurde ein *Between-Subject Design* gewählt, d.h. jede Person wurde jeweils nur einer Ausprägung der unabhängigen Variablen ausgesetzt (Martin, 2008). In Tabelle 1 sind die unabhängigen und abhängigen Variablen der Studie aufgelistet.

Tabelle 1: Definition der Variablen des Experiments.

	Unabhängige Variable	Mit Stress	Ohne Stress
Abhängige Variablen	Lernleistung 1: <i>Richtungsschätzung</i>		
	Lernleistung 2: <i>Distanzschätzung</i>		
	Lernleistung 3: <i>Kombination aus 1 und 2 (MMR)</i>		
	Lernleistung 4: <i>Fotoaufgabe</i>		
	Interaktion 1: <i>Fingerinteraktionen mit der Karte</i>		
	Interaktion 2: <i>Blicke auf die Karte</i>		
	Verhalten: <i>Stresslevel</i>		

Neben den abhängigen und unabhängigen Variablen gab es auch Kontrollvariablen, welche während dem Experiment nicht variiert wurden (Martin, 2008). Dazu gehörte die Testumgebung (siehe Kap. 4.4.2). Da man aber nicht alle möglichen Einflüsse kontrollieren kann, gab es auch gewisse zufällige Variablen (Martin, 2008). Hierbei ist die Tageszeit, das Wetter, die körperliche Verfassung der Teilnehmenden und die zum Teil unterschiedliche militärische Erfahrung (z.B. Anzahl Auslandseinsätze, Erfahrungen von Stresssituationen in diesem Kontext) zu nennen.

Eine Störvariable, welche das Resultat der Studie beeinflussen kann, ist ebenfalls auszumachen (Martin, 2008). Den AdA wurden sowohl eine topographische als auch eine Satellitenbildkarte zur Verfügung gestellt. Da diese beiden Karten aufgrund ihrer Charakteristik unterschiedliche Informationen liefern können, könnte dieser Faktor das Resultat beeinflussen. Es wurde jedoch entschieden beide Karten zur Verfügung zu stellen und den AdA die freie Wahl zu lassen, welche Karte sie nutzen möchten, da dies einer realen Situation bei der Navigation mit digitalen Karten näher kommt. Ziel dieser Studie war es möglichst nahe an einer realen Situation zu sein.

#### 4.4.2 Testumgebung

Als Testumgebung für die Studie wurde ein Wohnquartier in Stans NW ausgewählt (Abb. 16 und 17). Dies aus dem Grund, da die AdA zur Zeit der Studie in Stans-Oberdorf stationiert waren. Das Wohnquartier besteht aus einer Mischung von Einzel- und Mehrfamilienhäusern und kann als verkehrsarm beschrieben werden (gesetzlich erlaubte Höchstgeschwindigkeit: 30 km/h). Diese ruhige Lage ermöglichte es, dass die Teilnehmenden beim Umhergehen nicht durch den Verkehr gestört wurden oder in Gefahr gerieten. Neben zwei grossen Strassenachsen (Bluemattstrasse und Wächselacher, Abb.16 und 17) gibt es eine Vielzahl von kleinen Fusswegen. Das ganze Quartier hat keine grösseren topographischen Erhebungen und befindet sich 447 m.ü.M. Die Testumgebung deckt ungefähr eine Fläche von 0.2 km<sup>2</sup> ab.

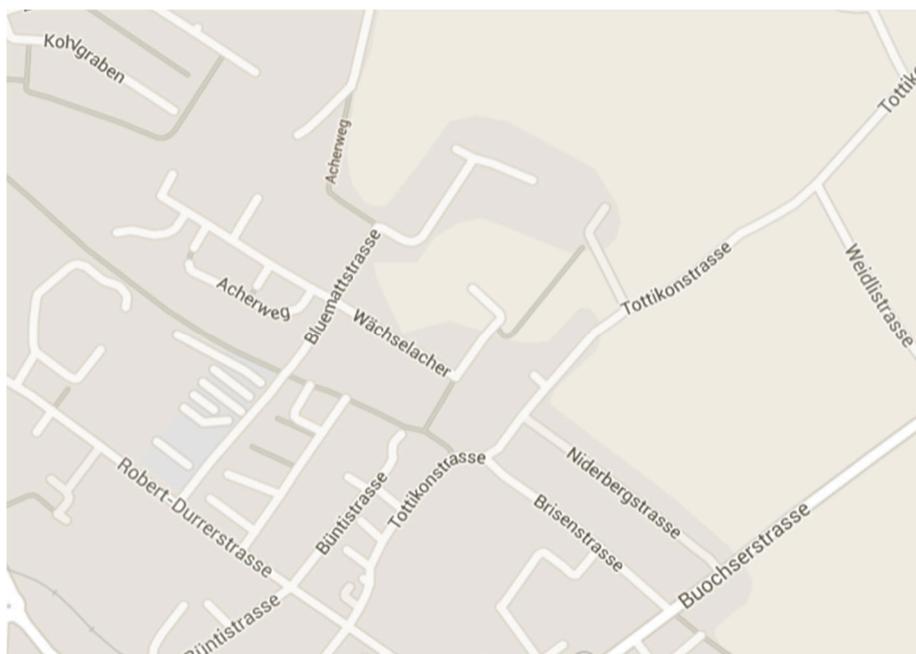


Abbildung 16: Testumgebung topographische Karte von Google Maps.



Abbildung 17: Testumgebung auf der Satellitenbildkarte von Google Maps.

Als wichtiges Kriterium für die Wahl des Testgebietes galt, dass die Umgebung den AdA unbekannt war. Wäre das Gebiet den Testpersonen schon bekannt gewesen, hätte sich eine Überprüfung des erworbenen Wissens schwierig gestaltet, da es nicht klar gewesen wäre, was sie bereits vor dem Experiment über den Raum wussten. Um herauszufinden, ob die AdA das ausgewählte Wohnquartier bereits kannten, wurde die Bekanntheit von Stans bei den Vortests anhand einer Skala von „gar nicht“ bis „sehr gut“ (inkl. Definition der Begriff, siehe Anhang C) überprüft. Nur zwei AdA haben angegeben, dass sie Stans „gut = schon öfters in Stans gewesen: überall in der Stadt und in den Wohnquartieren“ kennen. Die restlichen 33 AdA gaben an, dass sie Stans „gar nicht“ oder „nur wenig = Gebiet um den Bahnhof / Altstadt“ kennen. Der Bahnhof und die Altstadt von Stans befinden sich südlich des Testgebietes. Das Testgebiet liegt am Rande der Stadt und wird auf dem Weg von der Kaserne zu den Anschlüssen des öffentlichen Verkehrs nicht tangiert. Während der Studie zeigte sich, dass auch den zwei AdA, die angegeben haben, dass sie Stans „gut“ kennen, das Testgebiet unbekannt war (siehe Kapitel 5.1.1).

Damit die Testpersonen bei der Navigationsaufgabe - neben dem Vergleich ihrer GPS-Position und der markierten Stelle auf der digitalen Karte - eine Rückmeldung erhielten, ob sie einen Checkpoint gefunden haben, wurden Schilder in der Testumgebung angebracht (Abb. 18). Ein Beispiel befindet sich in Anhang G. Die Schilder wurden jeweils so angebracht, dass man sie aus einer Distanz von 4 – 8 Meter erkennen konnte.



Abbildung 18: AdA beim Checkpoint Nr. 5

### 4.4.3 Materialien des Hauptexperiments

#### ***Tablet***

Für das Lösen der Navigationsaufgabe wurde den Testpersonen ein Tablet mit einer selbsterstellten Kartenapplikation überreicht. Beim Tablet handelte es sich um ein Samsung Galaxy Tab S 10.5 mit Android-Betriebssystem. Zum Schutz vor möglicher Beschädigung durch fallen lassen, befand sich das Tablet in einer Schutzhülle. Die Bildschirmgrösse wurde durch die Hülle nicht eingeschränkt, jedoch hatte die Hülle einen Einfluss auf das Gewicht des Gerätes.

Der Zeitplan der Studie musste aufgrund der Verfügbarkeit der AdA straff geplant werden. Dies bedeutete, dass das Tablet an gewissen Tagen bis zu 10 Stunden im Einsatz war. Um zu verhindern, dass der Akku aufgrund der intensiven Nutzung (Helligkeitseinstellung, Anzahl Interaktionen, Datentransfers usw.) nicht leer lief, wurden vier mobile Akkuladegeräte mitgenommen. So konnte die Stromversorgung während des ganzen Tages sichergestellt werden.

#### ***Kartenapplikation***

Für das Anzeigen der digitalen Karte mit den markierten Checkpoints, das Aufzeichnen des Weges (regelmässige Aufnahme der GPS-Position), die Registrierung der Karteninteraktionen sowie für das Induzieren von Stress wurde eine eigene Kartenapplikation geschrieben. Diese Applikation basiert stark auf der verwendeten Kartenapplikation *IrchelRun* in Rouiller (2013), wurde jedoch für diese Studie angepasst. Für die Bearbeitung der Applikation wurde das Programm Android Studio<sup>9</sup> benutzt.

Das Herzstück der Applikation *IrchelRun* (Rouiller, 2013) bildet eine App-Aktivität (Aktivität = einzelne Bildschirmansicht mit Funktionen), die eine digitale Karte von Google Maps beinhaltet. Für den Benutzenden ist lediglich die Karte mit einem Knopf für das Wechseln zwischen der topographischen Karte und dem Satellitenbild von Google Maps am oberen Rand des Bildschirms sichtbar. Auf dieser Karte sind die zu besuchenden Orte mit einem Symbol markiert. Was die Benutzenden nicht sehen, sind die Aufzeichnungen, welche im Hintergrund gemacht werden, während dem man sich in der Applikation befindet. Zu diesen Aufnahmen gehören:

- *GPS-Position*: Alle fünf Sekunden registriert die Applikation in Form von Längen- und Breitengrad die GPS-Position.
- *Fingerinteraktionen mit der Karte*: Jedes Zoomen, Verschieben oder Rotieren der Karte sowie das Wechseln zwischen den beiden Kartentypen wird registriert (Interaktion 1 in Tab.1).

Jede GPS-Position und Interaktion wird mit zusätzlichen Informationen (u.a. UTC Zeitstempel in Millisekunden, Teilnehmernummer, Zoomlevel, Koordinaten des Kartenzentrums) als eine einzelne Zeile in einem Textfile auf dem Gerätespeicher festgehalten.

---

<sup>9</sup> Android. *Android Studio Overview*, „<http://developer.android.com/tools/studio/index.html>“, letzter Zugriff : 21.09.2015

Den AdA der Kontrollgruppe wurde die App in dieser beschriebenen Form (eine digitale Karte mit einem Wechselknopf oben rechts und den beschriebenen Hintergrundaufnahmen) für die Navigationsaufgabe zur Verfügung gestellt (Abb.19).

Die Applikation wurde für diese Studie zudem noch erweitert. Es wurde eine zweite App-Aktivität in die Applikation eingebaut. Neben den oben beschriebenen Inhalten und Funktionen wurde diese App-Aktivität mit neuen Funktionalitäten für die Stressinduktion (siehe Kap. 4.4.3) erweitert. Am oberen Rand der Karte wurde neben dem Wechselknopf noch ein Countdown eingefügt. Dieser zeigte den Probanden der Stress-Gruppe an, wie viel Zeit ihnen verbleibt. Des Weiteren liefen während dem Experiment im Hintergrund weitere Countdowns. Das Ende eines Countdowns löste das Anzeigen eines Dialogfensters und / oder der Start einer Vibration aus (siehe Anhang B). Die vollständige Applikation ist auf der beiliegenden CD dieser Arbeit zu finden.

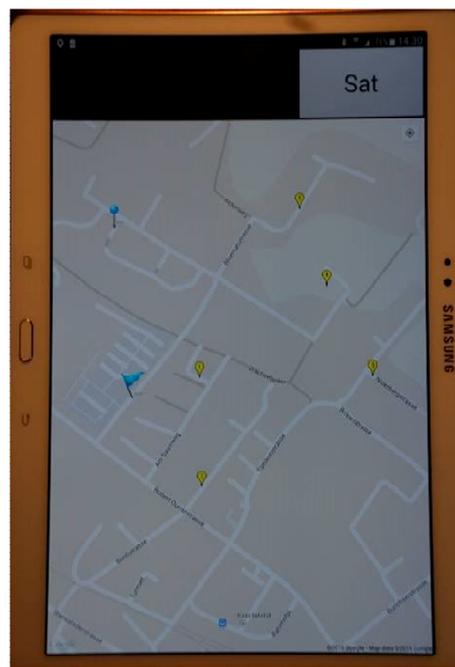


Abbildung 19: Kartenapplikation für Kontrollgruppe.

### ***Stressinduktion***

Als unabhängige Variable wurde für diese Studie die Stressinduktion definiert. Währendem die eine Experimentgruppe die Aufgabe unter Stress gelöst hat, wurde die Aufgabe von der Kontrollgruppe ohne eine Stressinduktion absolviert. Die Einteilung zu einer Gruppe erfolgte anhand ihrer Resultate beim Test zur Orientierung (Hegarty & Waller, 2004). Die Bildung der Gruppen ist in Kapitel 5.1.5 genauer beschrieben.

Stress kann für eine solche Studie auf verschiedene Arten induziert werden (siehe Kapitel 2.5). Wie aus der Literaturrecherche hervorging, war der verwendete Stressor Zeitdruck bei Rouiller (2013) in einem Experiment im Freien nicht immer stressauslösend. Neben der Literaturrecherche wurde deshalb auch das persönliche Gespräch zu Personen gesucht, welche in ihrer Berufsausbildung Stresssimulationen erlebt haben oder solche Simulationen gestalten. Dazu gehörten ein Berufspilot, ein Schweizer Gardist und der stellvertretende Chef der Kaderberatung des psychologischen-pädagogischen Diensts der Armee. Aus diesen Gesprächen ging hervor, dass vor allem Zeitdruck, nervige Geräusche und Überforderung adäquate Mittel sind, um eine Stresssituation zu simulieren (mündliche Information vom Berufspilot (1.11.2014), dem Schweizer Gardisten (4.11.2014) und stellvertretenden Chefs der Kaderberatung PPD A (13.3.2015)). Im Rahmen dieser Studie wurde der Stress-Gruppe über vier verschiedene Arten Stress vermittelt:

1. **Zeitdruck:** Die Stress-Gruppe hatten 14 Minuten Zeit die Aufgabe zu lösen. Wie viel Zeit ihnen verbleibt, wurde über einen im App integrierten Countdown angezeigt (Abb. 20). Dieser Stressor wurde auch schon bei Wilkening (2012) und Rouiller (2013) verwendet.

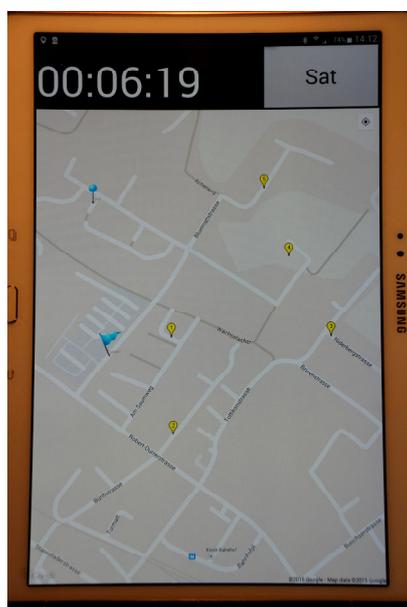


Abbildung 20: Kartenapplikation Stress-Gruppe: Vermittlung des Zeitdrucks

2. **Lärm:** Die Teilnehmenden trugen während dem Lösen der Navigationsaufgabe Kopfhörer (Standard Kopfhörer von Samsung<sup>10</sup>). Über diese Kopfhörer wurde ihnen eine Mixtur von Geräuschen (z.B. Kriegsgeräusch wie Explosionen, Schüsse, Alarmsirenen und abstrakte Tonkombinationen) und Musik (z.B. Heavy Metal-Musik) in zufälliger Reihenfolge und unterschiedlicher Länge abgespielt. Die Aufnahmen dieser Geräusche stammen aus der freizugänglichen Datenbank freesound<sup>11</sup>. Diese Mixtur (siehe beiliegende CD dieser Arbeit) wurde auf dem Tablet über die bereits vorinstallierte Standardapplikation zur Wiedergabe von Musik abgespielt.
3. **Dialogfenster und Vibration:** Während dem Lösen der Aufgabe erschienen in unregelmäßigen Abständen auf dem Tablet Dialogfenster (Abb. 21) und/oder das Gerät begann zu vibrieren. Durch Betätigen eines „OK“-Knopfes konnten die Dialogfenster wieder entfernt werden. Es gab vier verschiedene Ausprägungen dieser Meldungen: 1) Dialogfenster nur mit Text und Vibration; 2) Dialogfenster mit Bild, Vibration und Text; 3) nur Vibration für eine kurze Zeit ohne Dialogfenster; 4) Dialogfenster mit Bild und Vibration.

<sup>10</sup> Samsung. *Stereo-Headset EO-HS3303*. „<http://www.samsung.com/de/consumer/mobile-devices/accessories/audio/EO-HS3303WEGWW>“, letzter Zugriff: 22.09.2015

<sup>11</sup> Freesound. „[www.freesound.org](http://www.freesound.org)“, letzter Zugriff: 11.09.2015

Der Inhalt dieser Meldungen war für eine erfolgreiche Absolvierung der Aufgabe nicht relevant. Im Anhang B befindet sich eine Tabelle mit den Inhalten der einzelnen Meldungen. Die verwendeten Bilder (siehe beiliegende CD dieser Arbeit) stammen aus der Datenbank von Dan-Glauser & Scherer (2011). Die ausgewählten Bilder lösen bei Betrachtung negative Gefühle bzw. Stress aus (Dan-Glauser & Scherer, 2011). Gesamthaft erschienen während den 14 Minuten 24 Meldungen.

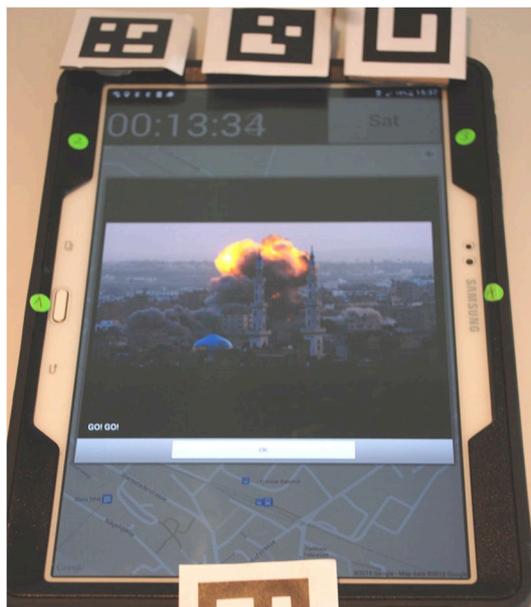


Abbildung 21: Stressinduktion durch die Applikation: Countdown und Dialogfenster.

4. **Szenario:** In Absprache mit dem stellvertretende Chef der Kaderberatung des psychologischen-pädagogischen Dienst der Armee (PPD A) wurde für die Navigationsaufgabe ein Szenario verfasst. Das Szenario entspricht deshalb einer Situation, die in dieser Art vorkommen kann (mündliche Information vom stellvertretenden Chef der Kaderberatung PPD A, 13.03.2015). Das Szenario der Stress-Gruppe beschrieb eine Situation, in welcher die eigenen Kameraden während einem Transportauftrag bei einer Fahrt durch ein unsicheres Gebiet angegriffen werden. Die auf der Karte markierten Stellen entsprechen den letzten bekannten Positionen der Kameraden. Diese Standorte müssen so schnell wie möglich gesucht und es muss kontrolliert werden, ob es verletzte Kameraden gibt, die erste Hilfe benötigen (vollständiges Szenario siehe Anhang H)

Die Kontrollgruppe absolvierte die Aufgabe ohne jeglichen Stresseinfluss (Zeitdruck, Dialogfenster, Lärm). Jedoch erhielten sie ebenfalls ein geschriebenes Szenario, welches ihnen den Hintergrund der Navigationsaufgabe beschrieb (siehe Anhang I). In diesem Szenario stand, dass sie einen gewöhnlichen Patrouillen-Auftrag zu erledigen haben. Sie müssen die markierten Punkte der Reihe nach besuchen und kontrollieren, ob alles in Ordnung ist. Auch dieses Szenario wurde in Absprache mit dem stellvertretenden Chef der Kaderberatung des PPD A erstellt.

### **Richtungsschätzung (Lernleistung 1)**

Am Zielpunkt angekommen, wurden die Probanden zuerst gebeten, vom Zielpunkt aus die Richtung zum Startpunkt und den fünf besuchten Checkpoints zu schätzen. Die Teilnehmenden gaben ihre Schätzung des Punktes anhand eines Kreises an, in dem sie einen Pfeil in die entsprechende Richtung zeichneten. Der bereits vorhandene Pfeil gibt die Blickrichtung an. Diese Blickrichtung wird den AdA vorgegeben. Für jeden der sechs zu schätzenden Punkte steht ein eigener Kreis zur Verfügung (Abb. 22). Gemessen wurde anschliessend die Abweichung des eingezeichneten Winkels vom korrekten Winkel (Winkelschätzfehler in Grad) (siehe Kap. 5.2.1).

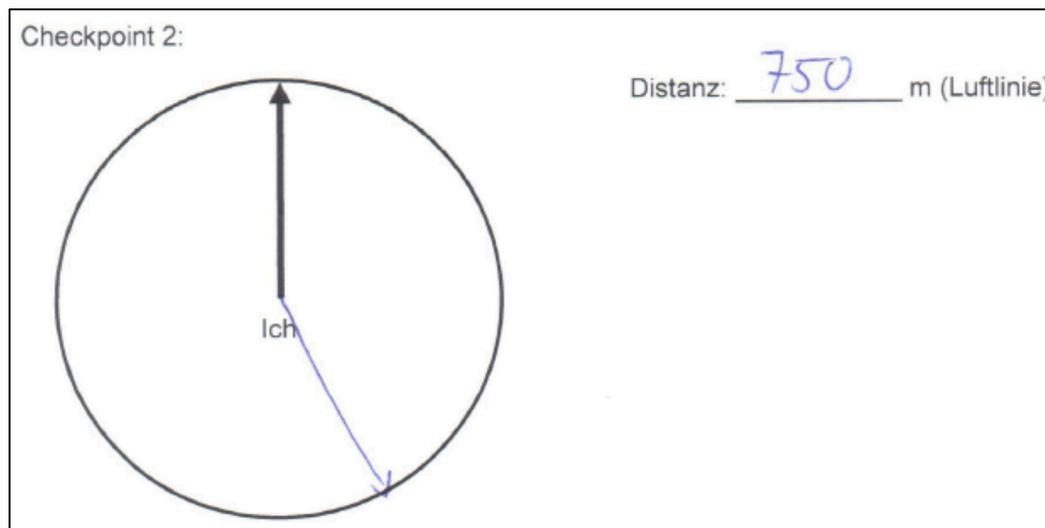


Abbildung 22: Richtungs- und Distanzschätzung, Antwort für den Checkpoint 2 von ID 5

Dieser Test dient zur Überprüfung des erworbenen Überblickswissens. Das Anzeigen einer Richtung von seiner eigenen Position zu einem nicht-sichtbaren Punkt, erfordert ein Wissen über die Umgebung und die eigene Position in dieser Umgebung. Diese Methode ist deshalb ein guter Indikator für das Messen von Überblickswissen (Montello et al., 2004) und wurde schon oft für die Überprüfung dessen angewendet (Richardson et al., 1999; Parush et al., 2007; Ishikawa et al., 2008; Gartner & Hiller, 2009; Willis et al., 2009; Richter et al. 2010; Richardson & Tomasulo, 2011; Huang et al., 2012; Münzer et al., 2012; Johansson et al., 2013).

### **Distanzschätzung (Lernleistung 2)**

Zusätzlich zur Schätzung der Richtungen wurden die AdA auch gebeten, die Luftliniendistanz in Meter zu schätzen. Die Teilnehmenden konnten ihre Antwort auf der dafür vorgesehen Linie neben dem Kreis für die Richtungsschätzung eines Punktes angeben (Abb. 22). Anhand der Schätzungen wurde anschliessend der Korrelationskoeffizient zwischen den Schätzungen und den realen Distanzen berechnet (siehe Kap. 5.2.1). Auch diese Art von Test gehört zu einer Standardmethode zur Überprüfung des räumlichen Wissens (Thorndyke & Hayes-Roth, 1982; Richardson et al., 1999; Willis et al., 2009; Richter et al. 2010; Field et al., 2011; Münzer et al., 2012). Die korrekte Angabe der Distanz gilt als höchste

Stufe des räumlichen Wissens (Siegel & White, 1975) und ist somit als schwierigste Aufgabe einzustufen.

Die Richtungs- und Distanzschätzungsaufgabe wurde zusammen in einem A4-Format den Testpersonen übergeben. Für zwei zu schätzende Punkte befanden sich die jeweils vorbereiteten Kreise auf einer Seite. Abbildung 22 zeigt die Vorlagen für einen zu schätzenden Checkpoint. Die vollständigen Unterlagen sind auf der beigelegten CD zu finden.

### ***MMR (die Kombination der Lernleistung 1 und 2)***

Diese abhängige Variable wurde nicht direkt gemessen, sondern es handelt sich hierbei um eine Kombination von zwei Messungen. Die Kombination dieser Resultate wurde mir von Alan MacEachren (mündliche Information von A. MacEachren, 20.05.2015) und Claire Davies (mündliche Information von C. Davies, 21.05.2015) in persönlichen Gesprächen empfohlen.

Anhand der Richtungs- und Distanzangabe zu den einzelnen befragten Punkten konnte die mentale Karte, welche die AdA zum Zeitpunkt der Schätzung im Kopf hatten, rekonstruiert werden. Diese Rekonstruktion wird in der vorliegenden Arbeit als MMR (engl. *Mental Map Reconstruction*) bezeichnet. Durch die Rekonstruktion erhielt man für jeden geschätzten Punkt ein Koordinatenpaar. Diese Koordinatenpaare der mentalen Karte der AdA wurden dann mit Hilfe einer bidimensionalen Regression mit den realen Koordinaten der Checkpoints verglichen. Für die Berechnung der bidimensionalen Regression wurde das R-Skript aus der Arbeit von Carbon (2013) verwendet. Gemessen wurden die mentalen Karten anhand der Resultate der bidimensionalen Regression (Carbon, 2013) (siehe Kap. 5.2.1).

### ***Fotoaufgabe (Lernleistung 4)***

Für die Überprüfung des Landmarken- und Routenwissens wurden aufgenommene Fotos von Szenen des Testgebiets verwendet (Evans et al., 1984; Münzer et al., 2006; Oliver & Burnett, 2008; Huang et al., 2012; Münzer et al., 2012; Ishikawa & Takahasi, 2013). Die Fotos zeigten jeweils Wege aus der egozentrischen Perspektive. Gesamthaft wurden eine Woche vor Beginn der Studie 21 Szenen bei gutem Wetter um die Mittagszeit aufgenommen. Die Szenen wurden kurz vor der Studie aufgenommen, um sicherzustellen, dass die Vegetation, Infrastruktur und weitere mögliche Orientierungspunkte auf den Fotos gleich aussehen wie zum Zeitpunkt der Studie. Die Fotos wurden in der Grösse A5 ausgedruckt und laminiert.

Die AdA wurden gebeten, aus den 21 Szenen zuerst jene auszuwählen, durch welche sie in der aufgenommenen Richtung gegangen sind. Nachdem sie alle für sie richtigen Szenen identifiziert hatten, sollten sie die Szenen ordnen. Dies in der Reihenfolge, in welcher sie die Szenen gesehen haben und hinlegen von Beginn bis zum Ende der Navigationsaufgabe. Unter den 21 Szenen gab es auch welche, die eine Strassenkreuzung zeigten. Bei diesen Szenen wurde jeder Richtung ein Buchstabe zugeteilt (Abb. 23) Falls jemand ein solche Szene als korrekt identifiziert hat, wurden sie von der Studienleitung

gebeten, die weitere Laufrichtung mit dem entsprechenden Buchstaben anzugeben. Die Anzahl korrekter Szenen und ihre Reihenfolge hängt davon ab, welchen Weg die AdA zur Erfüllung der Aufgabe gewählt haben. Aufgrund der aufgenommenen GPS-Daten des Tablets (siehe Kap. 4.4.3) konnte für jede Person bestimmt werden, welche Szenen richtig waren. Anhand eines Punkteverteilsystems wurde diese Aufgabe bewertet (siehe Kap. 5.2.1).

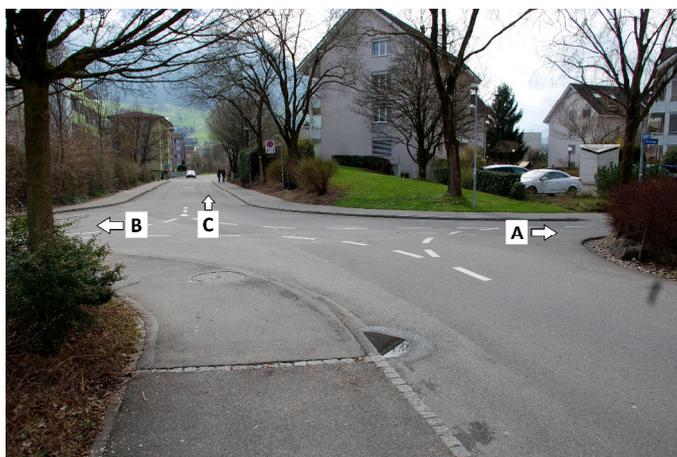


Abbildung 23: Szene einer Kreuzung mit markierten Richtungen.

Alle Fotos wurden auf der Rückseite mit einer zufälligen Nummer versehen. Die Studienleitung notierte die Nummern der ausgewählten Fotos, deren Reihenfolge und die Angaben an Kreuzungen auf einem dafür vorbereiteten Dokument für jeden und jede AdA. Die verwendeten Fotos sind auf der beiliegenden CD zu finden.

### ***Mobiler Eyetracker (MET) (Interaktion 2)***

Um die Blickinteraktion der AdA mit dem Tablet zu beobachten, wurde ein mobiler Eyetracker benutzt. Beim verwendeten System handelt es sich um das monokulare Gerät *Dikablis Essential* der Firma Ergoneers<sup>12</sup>. Dieses Gerät wurde in Studien zum Thema Wegfindung schon öfters zur Bestimmung der Blickinteraktion mit einer Karte oder der Umgebung benutzt (Kiefer et al., 2012; Kiefer et al., 2013; Giannopoulos et al., 2014).

Das Gerät besteht aus zwei Kameras: Die Augenkamera, welche mit einer Infrarot-Kamera das Auge filmt sowie eine Szenenkamera, welche die für die Person sichtbare Umgebung filmt (Abb. 24). Anhand der Augenkameraaufnahme wird die Pupille detektiert und durch Verrechnung der beiden Aufnahmen kann man aussagen, wo die Person hingeschaut hat. Die Aufnahmefrequenz beträgt 50Hz (Ergoneers, 2011a).

---

<sup>12</sup>Ergoneers. „<http://www.ergoneers.com/eye-tracking/#dikablis>“, letzter Zugriff: 31.07.2015



Abbildung 24: AdA mit dem mobilen Eyetracker und dem Sonnenhut

Für die Aufnahme und Speicherung der Daten wird ein Laptop benötigt. Um für diese Studie trotzdem völlig mobil zu sein, wurden der Laptop, die Batterie des Eyetrackers und alle Kabel in einen Rucksack verstaut. Diesen trugen die AdA während dem Lösen der Navigationsaufgabe mit sich.

Die Benutzung dieses Gerätes ist aber mit einigen bekannten Einschränkungen verbunden. Gemäss der Beschreibung der Firma Ergoneers (Ergoneers, 2011a) ist die Aufnahme mit dem Eyetracker auch bei gleichzeitigem Tragen von Korrekturbrillen möglich. Wie jedoch Kiefer et al. (2013) aufzeigen und wie es auch in eigenen Pilottests festgestellt wurde, wird die Pupillendetektion sehr fehlerhaft, sobald eine Brille getragen wird. Die AdA wurden deshalb angewiesen Kontaktlinsen zu tragen, falls dies möglich ist. Die Pupillendetektion wird auch dann verschlechtert, wenn sich die Grösse der Pupille aufgrund von wechselnden Lichtverhältnissen schnell ändert (Kiefer et al., 2013). Da man sich in der Testumgebung oft zwischen Häusern bewegt, wo es zu vielen Lichtveränderungen kommt, musste künstlich Schatten gespendet werden. Dieser Schatten wurde durch einen Sonnenhut künstlich erstellt (Abb. 24), wie dies Kiefer et al. (2013) bereits gemacht haben.

Die Kalibrierung des MET kann im Rahmen dieser Studie auf zwei verschiedene Arten bzw. Distanzen vorgenommen werden. Entweder man kalibriert den MET auf die Distanz zwischen Auge und Hilfsmittel (in diesem Fall das Tablet) oder auf die Distanz zwischen Auge und einen weit entfernten Punkt wie z.B. ein Gebäude. Für die Kalibrierung muss man sich vor dem Experiment für eine Distanz entscheiden (mündliche Information von I. Giannopoulos, IKG ETHZ, 27.01.2015). Für diese Studie wurde entschieden, sich auf die Blicke auf das Tablet und nicht auf die entferntere Umgebung zu konzentrieren. Damit sollte herausgefunden werden, ob man unter Stress mehr auf die Karte blickte als ohne Stress.

Der MET wurde deshalb jeweils auf die Distanz zwischen Auge und Tablet kalibriert und die Szenenkamera so eingestellt, dass immer das ganze Tablet sichtbar ist.

Für die Kalibrierung an sich werden vier Referenzpunkte benötigt, weshalb auf den Rand der Schutzhülle vier grüne Punkte mit Nummern geklebt wurden (Abb. 25). Damit in der späteren Auswertung die Blicke auf die Karte analysiert werden konnten, mussten sogenannte Marker rund um das Tablet angebracht werden (Abb. 25). Anhand von Bildanalyse-Algorithmen kann die Software des MET diese Marker erkennen und dadurch kann eine *Area of Interest* an diesen Markern fixiert werden. Dabei werden die Blicke auf die Karte registriert (Ergoneers, 2011b). Mit Hilfe der Analysesoftware konnten Anzahl und Dauer der Blicke auf die Karte analysiert werden. Des Weiteren konnten Dichtekarten der Blicke erstellt werden (vorgegebene Farbskala der Software (Ergoneers, 2011b): von grün = tiefe Dichte bis rot = hohe Dichte der Blicke). Die Abbildung 26 zeigt eine solche Karte von einem Testdurchlauf im Vorfeld dieser Studie.

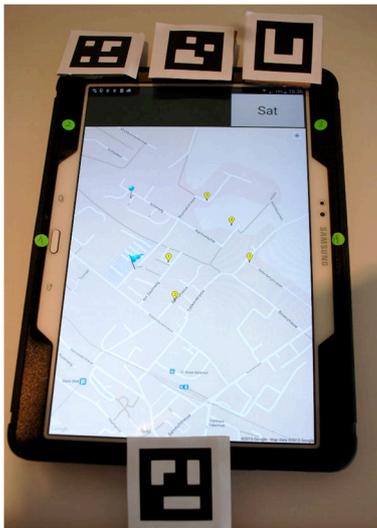


Abbildung 25: Ausgerüstetes Tablet.

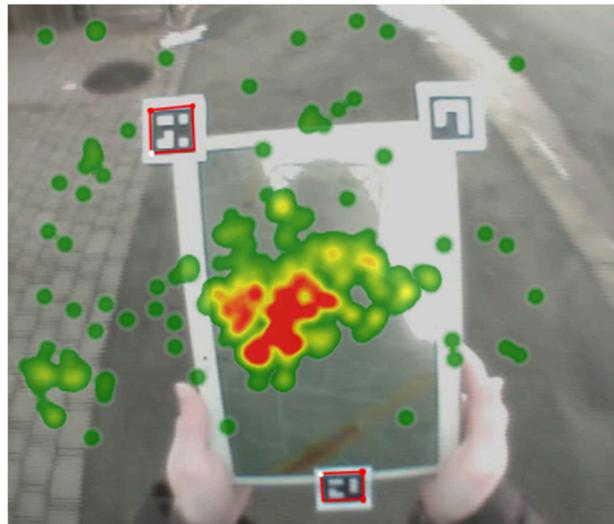


Abbildung 26: Dichtekarte der Blicke. grün = tiefe Dichte; rot = hohe Dichte

Die Bereinigung der MET Daten ist ein sehr langwieriger Prozess (mündliche Information von I. Giannopoulos, IKG ETHZ, 27.01.2015). Aus diesem Grund war es nicht möglich, alle MET-Daten auszuwerten. In dieser Arbeit wurden die Daten von sieben Personen quantitativ ausgewertet. Die restlichen Aufnahmen wurden qualitativ begutachtet.

### ***Stresslevel- Messung***

Um zu wissen, wie gestresst die AdA während dem Lösen der Navigationsaufgabe waren, wurden physiologische Daten mit Hilfe des Smartbands von der Firma Bodymonitor<sup>13</sup> aufgezeichnet (Abb. 27). Dieses Gerät misst die Haut- und Umgebungstemperatur, die Bewegungen in den drei Raumachsen, die Hautleitfähigkeit und die Andruckstärke der verwendeten Elektroden. Die Aufnahmefrequenz beträgt 10 Hz (Rouiller, 2013). Jede Messung wird zudem mit einem Zeitstempel versehen und in ein Textfile auf dem internen Speicher des Gerätes geschrieben.



Abbildung 27: Smartband der Firma Bodymonitor.

Die Hautleitfähigkeit gehört zu den elektrodermalen Aktivitäten (= autonome Änderungen unserer elektrischen Hauteigenschaften) und ist eine der am häufigsten beobachteten Eigenschaften der Haut. Sie wird durch die Messung des elektrischen Flusses zwischen zwei Punkten bestimmt. Die Hautleitfähigkeit kann als ein Indikator für emotionale und kognitive Veränderungen (z.B. Stress) verwendet werden (Figner & Murphy, 2011; Braithwaite et al., 2013; Rouiller, 2013). Die Beobachtung der Hautleitfähigkeit wurde schon in verschiedenen Studien (z.B. Duncko et al. (2007), Rouiller (2013), Maggi & Fabrikant (2014)) als Mass für den empfundenen Stress verwendet.

Misst man die Hautleitfähigkeit, besteht das gemessene Signal aus zwei Hautkomponenten. Zum einen gibt es das Hautleitfähigkeitsniveau (engl. *skin conductance level*, SCL). Dieser tonische Teil der elektrodermalen Aktivität ist ein sich langsam verändernder Wert und spiegelt das allgemeine Niveau des Arousals eines Menschen wieder. Das Hautleitfähigkeitsniveau ist ein Wert, welcher sich im Laufe des Tages natürlicherweise und ohne direkte Verbindung zu Aktivitäten verändert. Die Veränderungen im SCL können deshalb nicht direkt mit gezielten Impulsen des Experiments in Verbindung gebracht werden. Die zweite Hauptkomponente – die Hautleitfähigkeits-Reaktion (engl. *skin conductance response*, SCR) – hingegen ist ein phasischer Teil, welcher sich schnell verändert und deshalb z.B. mit einer Stressinduktion in Verbindung gebracht werden kann. (Figner & Murphy, 2011; Braithwaite et al., 2013) In früheren Arbeiten (Duncko et al., 2007; Rouiller, 2013; Maggi & Fabrikant, 2014) wie auch in dieser Arbeit wurde deshalb für das Messen der Reaktion auf die experimentale Induktion das SCR interpretiert.

<sup>13</sup> Bodymonitor Systeme. „<http://bodymonitor.de/>“, letzter Zugriff: 05.08.2015

Das natürliche Hautleitfähigkeitsniveau variiert von Person zu Person. Selbiges gilt für die Intensität der Hautleitfähigkeits-Reaktion auf eine Induktion. Aus diesem Grund muss für den Vergleich der AdA untereinander die Messung anhand von aufgenommenen Grundwerten kurz vor Beginn des Experiments normalisiert werden (Antonenko et al., 2010; Braithwaite et al., 2013). Für die Aufnahme der Grundwerte gibt es verschiedene Möglichkeiten wie z.B. das Zerplatzen eines Ballons. Eine allgemeingültige Methode gibt es jedoch zum heutigen Zeitpunkt noch nicht (Braithwaite et al., 2013). Im Rahmen dieser Studie wurde die Aufnahme der Grundwerte in zwei Stufen durchgeführt. Zuerst musste die Testperson eine Minute lang gemütlich umhergehen (auf dem grossen Parkplatz, der als Treffpunkt fungierte). Somit konnten die Grundwerte aufgenommen und die Einflüsse der Bewegung und der Tageszeit in der Analyse eliminiert werden. Anschliessend wurde die Testperson gebeten 30 Sekunden lang so schnell wie möglich, aber ohne zu rennen, hin und her zu gehen. Dies diente zur Aufnahme der Grundwerte der SCR und die Einflüsse der Anstrengungen von schnellem Gehen während der Navigationsaufgabe herausgerechnet konnten so werden. Auf die genaue Verarbeitung der Rohsignale der Hautleitfähigkeit (Extrahieren des SCR und Normalisierung) wird in Kapitel 5.2.1 genauer eingegangen.

Für diese Messung ist es wichtig, dass das Gebiet keine grösseren topographischen Erhebungen hat, da die dadurch verursachte Anstrengung zu Verfälschungen der Messung führen kann (Rouiller, 2013) Bei der Auswahl der Testumgebung wurde darauf geachtet (siehe Kap. 4.4.2)

Zusätzlich zur Messung der Hautleitfähigkeit haben die AdA vor und nach der Navigationsaufgabe einen Fragebogen zu ihrer momentanen Gefühlslage ausgefüllt. Der SSSQ (engl. *Short Stress State Questionnaire*) von Helton (2004) ist ein Fragebogen zur Selbsteinschätzung des aktuellen emotionalen Empfindens. Der Fragebogen diente im Rahmen dieser Studie dazu herauszufinden, ob eine Veränderung der Hautleitfähigkeit durch einen positiven Gedanken wie Engagement oder durch negative Gefühle wie Disstress ausgelöst wurde (Figner & Murphy, 2011), wie dies z.B. auch Maggi & Fabrikant (2014) gemacht haben. Die Fragen lassen sich in drei Faktoren unterteilen: Disstress, Engagement und Bedrücktheit. Die Antworten zu Fragen des Faktors „Disstress“ entsprechen der Messung von negativen Gefühlen. Der Faktor „Engagement“ widerspiegelt einen motivierenden Faktor. Ein hoher Wert entspricht einer höheren Bereitschaft zu agieren und etwas zu erreichen. Und der SSSQ-Faktor „Bedrücktheit“ ist von kognitiver Natur und beinhaltet selbstreflektierende Fragen (Helton, 2004). Der vollständige Fragebogen ist in Anhang J zu finden.

### ***Filmkamera***

Zusätzlich zu den Aufnahmegeräten, welche die Testpersonen selber trugen, wurde das Experiment gefilmt. Diese Filmaufnahmen dienten dazu, das Verhalten von „aussen“ zu beobachten und allenfalls mögliche Ursachen für Unstimmigkeiten in den Daten zu finden. Für die Filmaufnahme wurde eine handelsübliche GoPro Hero 3<sup>14</sup> mit interner Speicherkarte verwendet.

### ***Schlussfragebogen zum Experiment***

Dieser Fragebogen enthält acht Fragen. Bei den ersten fünf Fragen geben die AdA mit Hilfe einer Skala von „sehr schwierig“ bis „sehr einfach“ eine Rückmeldung dazu, als wie schwer sie die einzelnen Teile des Experiments empfanden. Bei zwei Fragen geht es darum, welchen Kartentyp (topographische Karte oder Satellitenbild) und welche Kartenart (digitale oder ausgedruckte Karte) sie für eine solche Situation/Aufgabe bevorzugen und warum sie diesen wählen würden. Bei Frage 8 gab es Platz für die Teilnehmenden, um persönliche Bemerkungen zum Experiment zu hinterlassen. Der komplette Fragebogen ist in Anhang K zu finden.

---

<sup>14</sup> GoPro Inc. „<http://de.gopro.com/>“, letzter Zugriff: 12.09.2015

#### 4.4.4 Ablauf des Hauptexperiments

Das Hauptexperiment wurde zwischen dem 8. April und dem 15. April 2015 durchgeführt. Pro AdA wurden 60 Minuten eingeplant. Die zeitliche Einteilung der AdA wurde durch ihren Zugführer vorgenommen. Gestartet wurde jeweils um 07:00 Uhr und der letzte AdA eines Tages begann das Experiment um 17:00 Uhr. Eine Pause gab es zwischen 12:00 und 13:00 Uhr. So konnte das Experiment pro Tag mit 10 AdA durchgeführt werden. Während der ganzen Studie herrschte sonniges Wetter und angenehme Temperaturen. Ebenfalls ist anzumerken, dass es um 07:00 Uhr schon genügend hell war, so dass auch der oder die erste AdA das Experiment bei guten Lichtverhältnissen durchführen konnte. Um den Zeitplan der Studie einzuhalten, war ich auf die Hilfe von einer weiteren Person angewiesen. Drei Personen unterstützen mich jeweils ein oder zwei Tage lang. Da die klare Mehrheit der AdA männlich sind (33 von 35 AdA) wird der Ablauf am Beispiel eines männlichen AdA beschrieben.

Bevor am Morgen der erste AdA zum vereinbarten Treffpunkt (siehe Anhang F Hinweisblatt) kam, wurde von meinem Partner und mir die Testumgebung vorbereitet und alle Materialien bereitgelegt. Ebenfalls musste kontrolliert werden, ob alle Akkus geladen sind und die Funktion der Messgeräte mussten überprüft werden (Tablet, Smartband, MET, Laptop). Anschliessend wurde die Uhr des Smartbands mit der Uhr des Tablets synchronisiert. Die Uhr des Tablets wiederum wurde mit der Zeit des Laptops synchronisiert. Während diesen technischen Vorbereitungen wurden die laminierten Schilder der Checkpoints durch meinen Partner an den entsprechenden Stellen platziert.

Die AdA sind jeweils selbstständig mit dem Fahrrad von der Kaserne zum Treffpunkt gekommen. Diese Fahrt dauerte ca. zehn Minuten und war mit keiner grossen Anstrengung verbunden. Der Weg wurde ihnen auf einer Karte auf dem Hinweisblatt (siehe Anhang F) eingezeichnet. Am Treffpunkt angekommen, wurde das Fahrrad abgestellt und der AdA in Empfang genommen. Dem AdA wurde zuerst in groben Zügen erklärt, was er zu erwarten hat. Details, wie z.B. ob sie zur Stressgruppe gehören oder welche Stressinduktionen verwendet werden, wurden nicht verraten. Er wurde lediglich orientiert, dass wir ihn zuerst mit Messgeräten (Smartband und MET) ausstatten, er dann eine Navigationsaufgabe lösen soll und anschliessend drei Tests zum abgelaufenen Weg lösen muss. Es wurde ihm zudem die Möglichkeit angeboten ein Glas Wasser zu trinken, falls er nach der Fahrt durstig war. Nach dieser Einführung wurde er gebeten, den Fragebogen zu seinem aktuellen Empfinden (siehe Anhang J) auszufüllen.

Anschliessend folgte die Ausstattung mit den Messgeräten. Zuerst wurde ihm aus Sicherheitsgründen eine orange Signalweste angezogen. Dadurch konnte auch den Anwohnern signalisiert werden, dass es sich hierbei nicht um eine militärische Übung (zur Erklärung: Die AdA trugen einen Tarnanzug) handelt. Anschliessend wurde ihm das Smartband am linken Handgelenk (Rouiller, 2013) befestigt.

Als nächstes wurde ihm die MET-Brille aufgesetzt und er wurde gebeten den Sonnenhut anzuziehen. Der Eyetracker wurde dann mit Hilfe der Software richtig eingestellt und kalibriert. Dies dauerte je nachdem zwischen vier und zehn Minuten. Für die Kalibrierung wurde das Tablet mit den darauf angebrachten Referenzpunkten (siehe Kap.4.4.3) gebraucht. Falls die Kalibrierung mehr als zehn Minuten dauerte, wurde das Experiment aus Zeitgründen ohne die Aufzeichnung durch den Eyetracker (sieben

Fälle) durchgeführt. Das Gerät wurde aber trotzdem mitgetragen (inkl. Rucksack), damit für alle AdA die gleichen Bedingungen herrschten.

Nach der Kalibrierung wurde dem AdA der Rucksack angezogen und das Kabel der MET-Brille, welches die Brille mit den Geräten im Rucksack verbindet, mit einer Wäscheklammer fixiert. So konnte das Gefühl von „angebunden sein“, welches im Rahmen von Pilottests genannt wurde, verhindert werden. Der AdA konnte den Kopf also ohne Einschränkungen bewegen. Danach wurden die Grundwerte der Parameter des Smartbands aufgenommen: 1 Minute umhergehen in normalem Marschtempo und 30 Sek so schnell wie möglich, aber ohne zu rennen. Die Aufnahme der Grundwerte hatte auch zum Ziel, dass der AdA sich an das Bewegen und Lesen der Karte mit der Ausrüstung gewöhnen konnte (Abb. 28).



Abbildung 28: Mit Messgeräten ausgestatteter AdA.

Anschliessend gingen wir (der AdA, mein Partner und ich) zum Startpunkt, welcher ca. 60 Meter vom Treffpunkt entfernt war. Dort wurde ihm das entsprechende Szenario (gemäss seiner Gruppeneinteilung) zum Lesen übergeben. Nach der Lektüre wurde ihm anhand von zwei Bildschirmfotos die Karten-Applikation erklärt. Des Weiteren wurde er informiert, dass bei jedem, der auf der Karte markierten Punkte, ein laminiertes Schild hängt, welches ihm Rückmeldung gab, was er zu tun hat. Auf den Schildern stand jeweils die Nummer des Checkpoints sowie „Alles OK, bitte weitergehen zum nächsten

Punkt“ (siehe Anhang G). Falls es von Seiten des AdA keine Fragen mehr gab, wurden die Aufnahmen des MET und der Kartenapplikation gestartet.

Nachdem der MET eingeschaltet war, wurde die Karten-Applikation gestartet und der AdA konnte dann mit der Aufgabe beginnen. Die Person war dann auf sich alleine gestellt und hatte – falls er zur Stress-Gruppe gehörte – 14 Minuten Zeit, die Aufgabe zu lösen. Den AdA der Kontrollgruppe wurde keine Zeitvorgabe gegeben. Ihnen wurde lediglich erklärt, dass sie in ungefähr 15 Minuten am Ziel sein sollen, damit der Zeitplan eingehalten werden kann. Mein Partner und ich folgten dem AdA im Abstand von ca. 10 Metern. So konnten wir eingreifen, falls etwas nicht mehr funktionierte (z.B. Kartenapplikation ausgefallen) oder eine Gefahr für den AdA bestand (z.B. Auto). Während der ganzen Aufgabe wurde der AdA mit der Kamera gefilmt und es wurden Notizen zu Auffälligkeiten erstellt.

Am Zielpunkt angekommen, wurden alle Aufnahmen gestoppt (MET, Smartband, Tablet) und der Hut sowie die Brille abgenommen. Hier endete auch die Stressinduktion und alle AdA (Kontroll- und Stressgruppe) lösten die Tests zur Wissensüberprüfung, ohne dass Stress induziert wurde. Als erstes füllte der AdA dann nochmals den Fragebogen zu seinem aktuellen Empfinden nach der Navigationsaufgabe aus. Danach wurde ihm der erste und zweite Test auf einem Blatt übergeben: Die Richtungs- und Distanzschätzung. Der Test wurde ihm kurz erklärt und die Blickrichtung für den Test mitgeteilt. Eine Steinskulptur am Zielpunkt diente als Tisch für diese Aufgabe (Abb. 29). Während der AdA diesen Test löste, ging mein Partner mit dem Tablet zurück zum Treffpunkt. Das Tablet wurde dort an einen unserer externen Akkus angeschlossen und konnte so ca. 10-15min lang aufgeladen werden. Des Weiteren bereitete mein Partner den dritten Nachtest – die Fotoaufgabe– vor.



Abbildung 29: AdA bei der Richtungs- und Distanzschätzung.

Nach Beendigung der Richtungs- und Distanzschätzung ging ich mit dem AdA zurück zum Treffpunkt (Distanz: ca. 230 Meter). Dort angekommen, wurden alle Geräte abgelegt und die Testperson an meinen Partner für den zweiten Nachtest übergeben. So konnte ich in dieser Zeit alle Geräte für die nächste Testperson bereitstellen bzw. falls die nächste Person bereits anwesend war, diese in Empfang nehmen.



Abbildung 30: AdA bei der Fotoaufgabe.

Mein Partner erklärte dem AdA die Fotoaufgabe. Diese wurde bei der Schule, neben dem Treffpunkt, auf einem sich ca. auf Hüfthöhe befindenden Fenstersims gelöst (Abb. 30). Nach Fertigstellung dieser Aufgabe wurde der AdA noch gebeten, den Schlussfragebogen zum Experiment auszufüllen. Anschließend wurde die Testperson verabschiedet und als kleines Dankeschön ein „Mandelfisch“ überreicht (Spezialität aus Wil SG, Gebäck aus Mürbeteig und Mandelfüllung).

## 5 RESULTATE

Im folgenden Kapitel wird auf die Resultate der Studie eingegangen. Dabei werden zuerst die Resultate der Vortests analysiert. Anschliessend werden die Resultate des Hauptexperiments präsentiert. Für die statistische Auswertung wurde SPSS 21<sup>15</sup> und R<sup>16</sup> benutzt. Sofern nichts anderes vermerkt ist, sind die Daten normalverteilt und für den Vergleich der Mittelwerte wurde ein unabhängiger T-Test benutzt. Ein Unterschied gilt ab einem p-Wert unter 0.05 als statistisch signifikant.

### 5.1 Vortests

Zuerst wird genauer auf die Probandengruppe und deren Resultate in den Vortests eingegangen. Diese Auswertung wurde vor dem Beginn des Hauptexperiments durchgeführt, da diese Resultate als Grundlage für die Einteilung in die Experimentgruppen (Stress- und Kontrollgruppe) dienen.

#### 5.1.1 Persönlichkeitsfragebogen

##### *Personalien*

Gesamthaft haben 35 AdA an der Studie teilgenommen, wovon 33 Männer und 2 Frauen sind. Dieses Ungleichgewicht stellt aber weiter kein Problem dar, da Geschlechterunterschiede nicht untersucht werden und diese Verteilung im Kontext von Armeeingehörigen als repräsentativ angesehen werden kann. Das durchschnittliche Alter beträgt 26.2 Jahre (Spannweite 20 – 40 Jahre). Der militärische Grad reicht vom Soldaten bis zum ersten Offiziersgrad (Leutnant). Für die Mehrheit der AdA (25 von 35 AdA) ist der Einsatz im Rahmen des 32. Kontingents der erste Auslandseinsatz. Die anderen zehn AdA haben teilweise schon bis zu acht Auslandseinsätze im Kosovo geleistet.

Die AdA gehören zu einer Logistikkompanie, welche bei ihrem Einsatz für die Organisation und Durchführung von Transporten sowie für die Unterstützung bei verschiedenen Bauprojekten im Kosovo zuständig ist. Aus diesem Grund bekleidet der Grossteil der Teilnehmenden die Funktion eines Fahrers (15 AdA) und ein weiterer Teil die Funktion eines Pioniers (9 AdA; Teil der Genietruppen, welche durch das Bauen oder die Reparatur von Verkehrswegen die Mobilität aller Truppen sicherstellen<sup>17</sup>). Die restlichen AdA nehmen im Rahmen ihres Einsatzes eine Funktion ein, bei welcher sie sich mit der Koordination der Fahrer und Pioniere beschäftigen. Aufgrund dieser Funktionen bewegen sich und navigieren die AdA täglich im Einsatzraum (mündliche Information vom Chef der Ausbildung SWISSINT, 05.03.2015).

---

<sup>15</sup> IBM (2015). *SPSS Software*. „<http://www-01.ibm.com/software/analytics/spss/>“, letzter Zugriff: 02.09.2015

<sup>16</sup> The R Foundation. „<https://www.r-project.org/>“, letzter Zugriff: 02.09.2015

<sup>17</sup> Schweizer Armee (2012). „<http://www.miljobs.ch/job-categories/category-detail/cat/6/show/>“, letzter Zugriff: 09.08.2015

### Besitz von mobilen Geräten

Ein AdA hat angegeben, dass er kein Smartphone besitzt, jedoch über ein Tablet verfügt. Somit besitzen alle AdA ein mobiles Gerät und es kann davon ausgegangen werden, dass man an den Umgang mit berührungsempfindlichen Bildschirmen gewohnt ist.

### Erfahrungen mit digitalen Karte

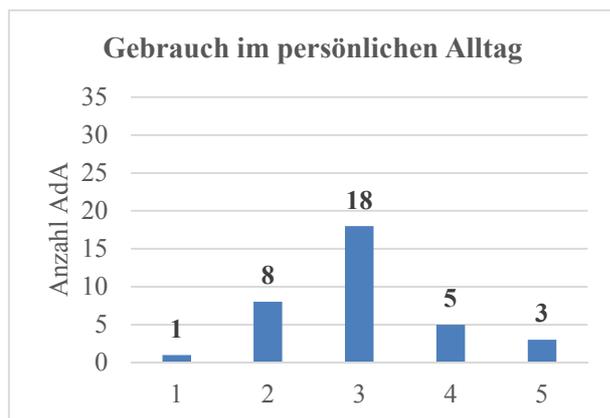


Abbildung 31: Häufigkeit des Gebrauchs mobiler Karten im Alltag. 1 = nie; 5 = sehr häufig

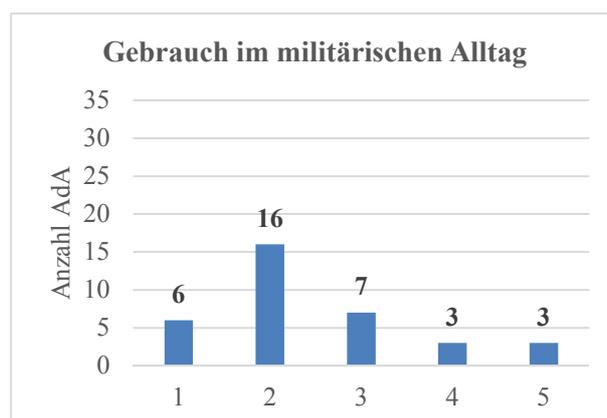


Abbildung 32: Gebrauch von Karten im Einsatz. 1 = nie; 5 = sehr häufig

Die Mehrheit der AdA (26 AdA) gaben an, dass sie digitale Kartenapplikationen in ihrem persönlichen Alltag gelegentlich (= *zwei bis drei Mal pro Monat*) bis sehr häufig (= *mind. einmal pro Tag*) brauchen (Abb.31). Die grosse Mehrheit der AdA (31 AdA) benutzen dabei die Kartenapplikation *Google Maps*<sup>18</sup>. Drei Testpersonen haben angegeben, dass sie die von Apple vorinstallierte Kartenapplikation *Karten*<sup>19</sup> benutzen. Ein AdA gab an, dass er nie eine Kartenapplikation auf dem mobilen Gerät benutzt. Trotz ihrer Funktionen, bei der sie nahezu täglich im Einsatzraum navigieren, gab ein grosser Teil (22 AdA) an, dass sie Karten im Einsatz nie bis selten gebrauchen. Die übrigen 13 AdA antworteten, dass sie Kartenmaterial gelegentlich bis sehr häufig im Einsatz brauchen (Abb.32).

<sup>18</sup> Google Inc. *Maps*. „<https://play.google.com/store/apps/details?id=com.google.android.apps.maps&hl=de>“, letzter Zugriff: 20.09.2015

<sup>19</sup> Apple Inc. *Karten*. „<http://www.apple.com/chde/ios/maps/>“, letzter Zugriff: 20.09.2015

### Weitere Erfahrungen

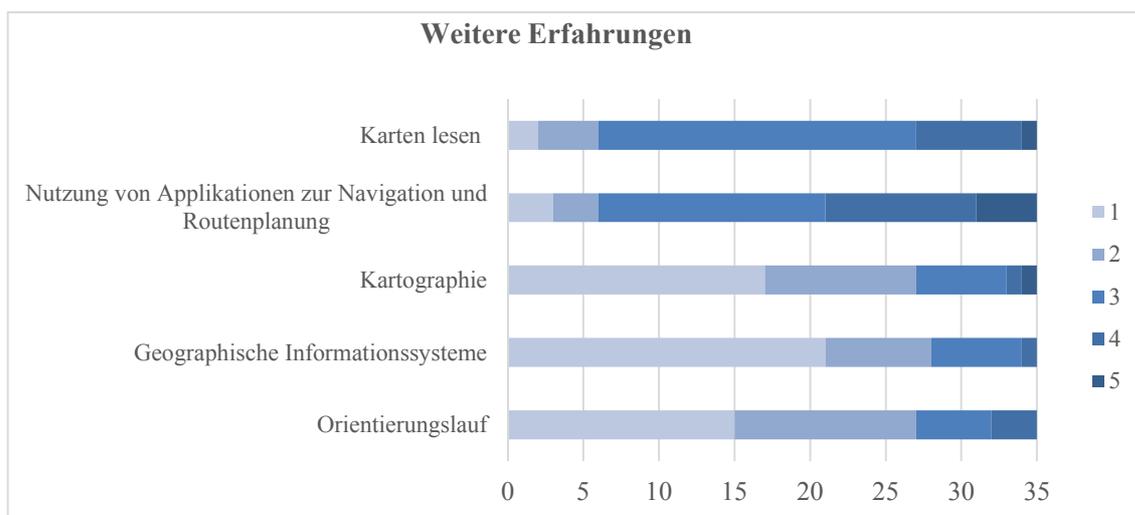


Abbildung 33: Weitere Erfahrungen im Kontext „Navigation mit Karten“; 1 = keine Erfahrung; 5 = täglicher Gebrauch

Es zeigte sich, dass „Karten lesen“ eine Aufgabe ist, an welche die AdA gewohnt sind (Abb. 33). Ebenfalls hat die Mehrheit der AdA Erfahrungen mit der Nutzung von Kartenapplikationen zur Navigation und der Routenplanung. Jedoch sind die Thematiken der Kartographie und der Geographischen Informationssysteme eher unbekannt für die meisten AdA. Nur wenige AdA sind vertraut mit der Sportart „Orientierungslauf“.

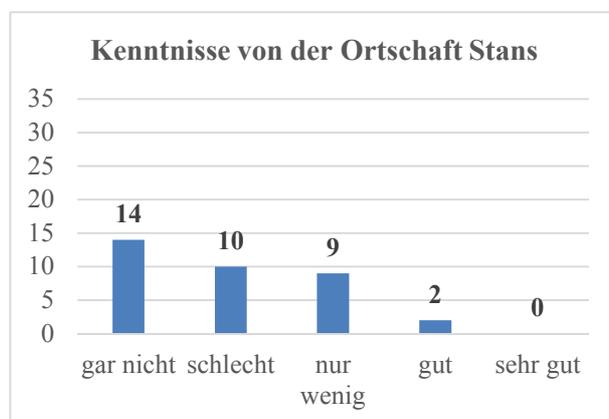


Abbildung 34: Kenntnisse von der Ortschaft Stans

Die AdA wurden im letzten Teil des Fragebogens noch dazu befragt, wie gut sie sich in Stans auskennen (Abb. 34). Da in dieser Arbeit das räumliche Wissen getestet wurde, war es wichtig sicherzustellen, dass die Teilnehmenden die Testumgebung noch nicht kennen. Wie in Abbildung 34 zu erkennen ist, hat der Grossteil der AdA (24 von 35) keine oder schlechte (= nur den Weg zwischen Kaserne und Bahnhof sowie die unmittelbare Umgebung um die Kaserne) Kenntnisse von Stans. Neun AdA gaben an, dass sie Stans ein wenig (= Gebiet um den Bahnhof/Altstadt Dorfkern) kennen. Zwei Personen gaben an, dass sie Stans gut kennen (= schon öfters in Stans gewesen). Wie aber aus der Durchführung des Hauptexperiments erkennbar, kannten diese zwei AdA die Testumgebung nicht. Man kann somit davon ausgehen, dass kein AdA bereits über räumliches Wissen zum Testgebiet verfügte.

### 5.1.2 Test zur Orientierung

Die AdA hatten fünf Minuten Zeit die zwölf Aufgaben des Test zur Orientierung von Hegarty & Waller (2004) zu lösen. Von ihren Schätzungen (eingezeichnete Linie in einem Kreis) wurde dann die Differenz zur richtigen Antwort berechnet. Diese Winkelabweichung wurde so angepasst, dass es nur Abweichungen von  $0^{\circ}$ - $180^{\circ}$  gibt. Für leer gelassene Aufgaben wurde als „Bestrafung“  $90^{\circ}$  eingetragen. Für jede Person wurde der Mittelwert über alle zwölf Aufgaben berechnet (Kozhevnikov & Hegarty, 2001). Die präsentierten Resultate dieses Tests entsprechen also einem mittleren Winkelschätzfehler in Grad. Je kleiner dieser Wert ist, desto besser ist die Fähigkeit der Person sich räumlich zu orientieren und eine Konstellation mental aus einer anderen Perspektive zu betrachten.

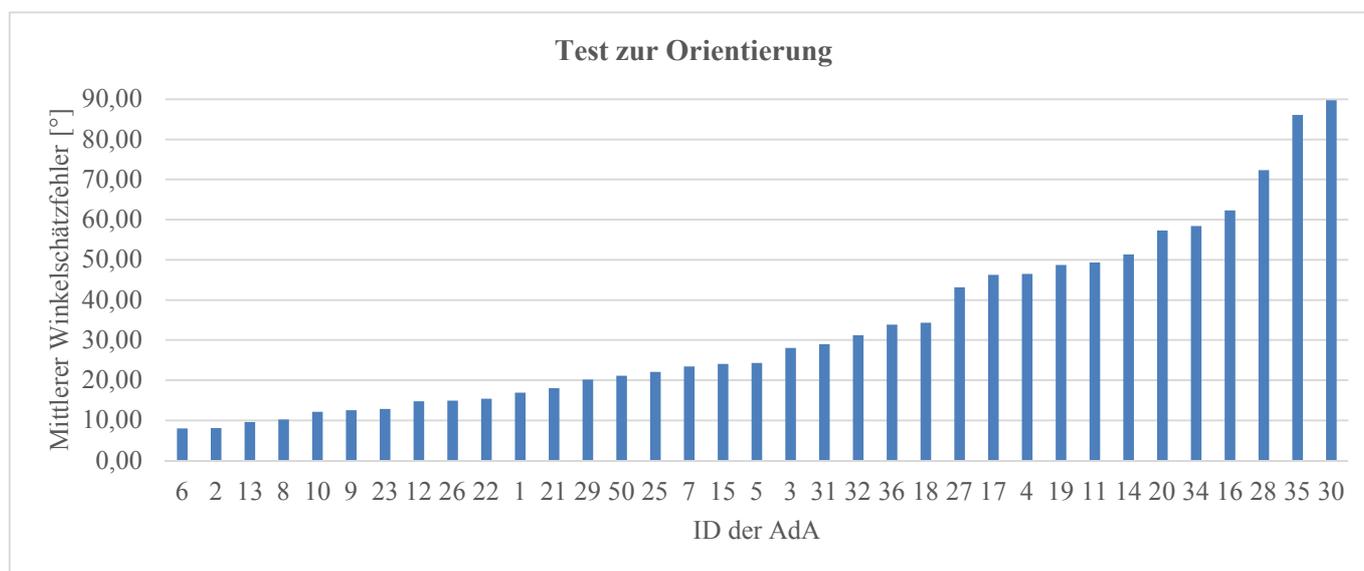


Abbildung 35: Resultat des Tests zur Orientierung (nach der Grösse sortiert)

13 AdA haben in der vorgegebenen Zeit nicht alle Aufgaben lösen können (im Mittel 2.5 Aufgaben leer gelassen). Der durchschnittliche Winkelschätzfehler lag bei  $33.05^{\circ}$  (Standardfehler =  $3.75^{\circ}$ ). Die Spannweite zwischen den Teilnehmenden ist relativ gross: Der beste AdA hatte einen mittleren Winkelschätzfehler von  $8^{\circ}$  und der schlechteste AdA einen Fehler von  $89.75^{\circ}$  (Abb. 35). Trotz dieser grossen Spannweite lassen sich keine grossen Sprünge feststellen, sondern der Anstieg scheint mehr oder weniger linear zu verlaufen.

### 5.1.3 Fragebogen zur räumlichen Strategie

Die Antworten des Fragebogens zur räumlichen Strategie (Skala 1 = trifft nicht zu bis 7 = trifft voll zu) wurden in eine Tabelle übertragen und pro Faktor (*Orientierung global/egozentrisch*, *Überblick* und *Himmelsrichtungen*) der Mittelwert ihrer Antworten berechnet. Zuletzt wurde noch ein Gesamtmittelwert berechnet. Der Wert ist so zu interpretieren, dass je höher die FRS Punktzahl ist, desto besser schätzt die Person ihre Orientierungs- und Navigationsfähigkeit ein (Münzer & Hölscher, 2011).

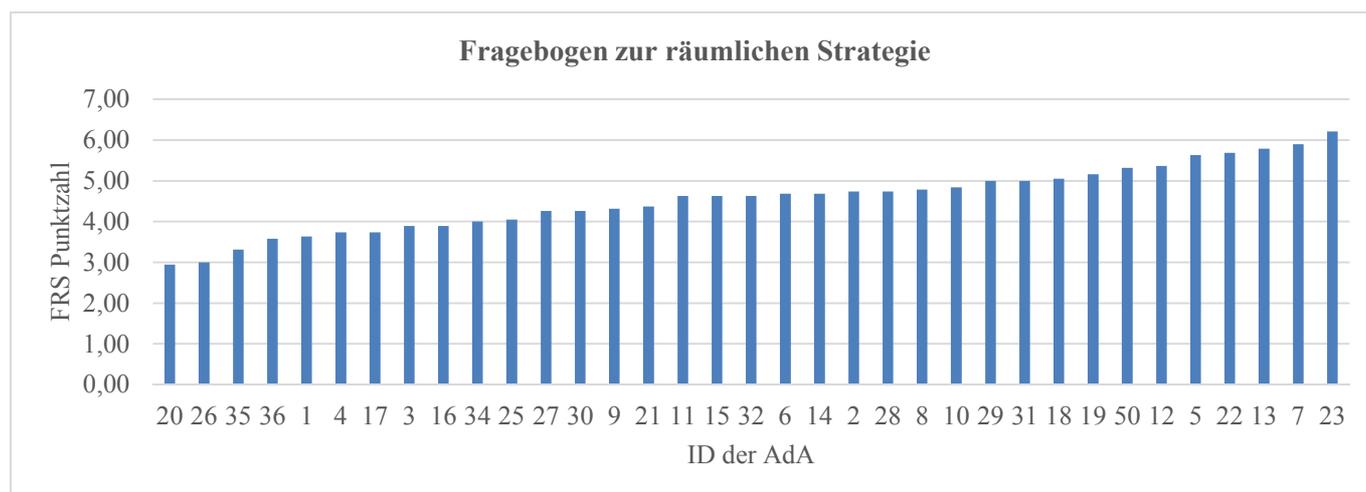


Abbildung 36: Fragebogen zur räumlichen Strategie (Münzer & Hölscher, 2011) (nach der Grösse sortiert)

Im Mittel betrug die FRS Punktzahl 4.56 (Standardfehler = 0.14). Wie schon beim Test zur Orientierung (Hegarty & Waller, 2004) gibt es auch hier eine etwas grössere Spannweite zwischen der tiefsten (2,95) und der höchsten Selbsteinschätzung (6,21) (Abb. 36). Im Grunde schätzen die AdA ihre Fähigkeiten eher als gut ein.

### 5.1.4 Test zur Merkfähigkeit

Für die Bewertung des Tests zur Merkfähigkeit (Ekstrom et al., 1976) wurde gezählt, wie viele der jeweils zwölf Objekte pro Karte (zwei Testkarten, d.h. 24 Objekte) die AdA richtig und wie viele sie falsch platziert haben. Entsprechend der Auswertung in Ekstrom et al. (1976) wurde die schlussendliche Punktzahl so berechnet, dass man die Anzahl Richtigen zusammengezählt und davon den Bruchteil der Anzahl Falschen (= falsch platzierte Objekte/24) subtrahiert hat.

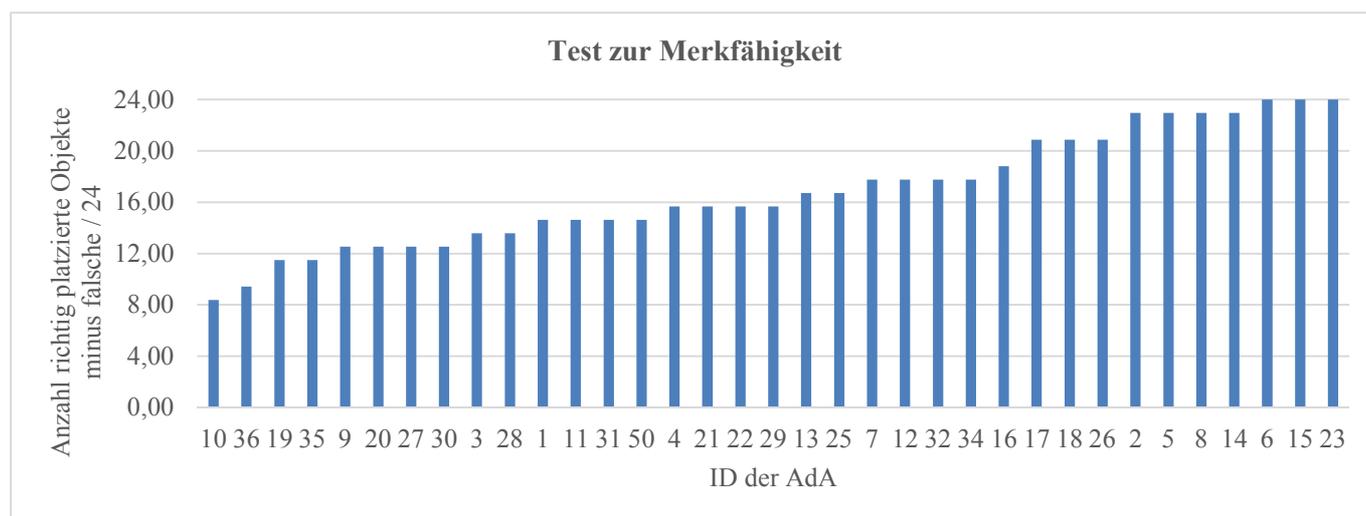


Abbildung 37: Test zur Merkfähigkeit (Ekstrom et al., 1976) (nach Grösse sortiert)

Grundsätzlich haben die AdA in diesem Test gut abgeschnitten. Im Mittel haben sie 16,83 Objekte (Standardfehler = 0,75) richtig platziert (Abb. 37). Die Spannweite reichte von 8,38 Objekten bis zum Maximum von 24 richtig platzierten Objekten. Drei AdA haben es geschafft, alle 24 Objekte auf den beiden Testkarten korrekt zu platzieren.

### 5.1.5 Einteilungskriterium für die Experimentgruppen

Die in Kap. 5.1.2 bis 5.1.4 präsentierten Tests wurden im Vorfeld des Hauptexperiments durchgeführt um zwei Gruppen bilden zu können, welche bezüglich der Fähigkeit räumlich zu denken vergleichbar sind (in beiden Gruppen gleich viele „gute“ wie „schlechte“ AdA). Aufgrund der Testcharakteristik und den späteren Aufgaben im Hauptexperiment (z.B. die Richtungsschätzung, siehe Kap. 4.4.3) eignet sich der Test zur Orientierung (Hegarty & Waller, 2004) am besten für diese Einteilung. Die Einteilung gemäss dem Fragebogen zur räumlichen Strategie (Münzer & Hölscher, 2011) birgt die Gefahr, dass die AdA eventuell ihre Fähigkeit überschätzen. In Bezug auf den Test zur Merkfähigkeit (Ekstrom et al., 1976) wird aufgrund der Testcharakteristik vermutet, dass ein gutes Abschneiden nicht zwingend mit einer guten räumlichen Denkfähigkeit im Allgemeinen zusammenhängt.

Um zu überprüfen, ob der Test zur Orientierung (Hegarty & Waller, 2004) auch zu einem gewissen Grad repräsentativ für die Leistungen in den anderen zwei Test ist, wurde eine Korrelationsanalyse nach Pearson durchgeführt. Die Resultate des Fragebogens zur räumlichen Strategie (Korrelationskoeffizient = -0,418,  $p < 0,05$ ) und des Tests zur Merkfähigkeit (Korrelationskoeffizient = -0,335,  $p < 0,05$ ) korrelieren signifikant mit den Resultaten des Tests zur Orientierung. Beide Korrelationen sind negativ, was zu erwarten war, da beim Fragebogen zur räumlichen Strategie (Münzer & Hölscher, 2011) und beim Test zur Merkfähigkeit (Ekstrom et al., 1976) ein höherer Wert als besser gilt, währendem beim Test zur Orientierung (Hegarty & Waller, 2004) ein tieferer Wert einer besseren räumlichen Denkfähigkeit entspricht.

---

Die Resultate des Tests zur Orientierung (Hegarty & Waller, 2004) wurden verwendet, um gleich viele Personen mit einer hohen räumlichen Denkfähigkeit in der Stress-Gruppe zu haben wie in der Kontrollgruppe (analog dazu Anzahl Personen mit tiefer räumlicher Denkfähigkeit). Da es innerhalb der Probandengruppe keine grossen Differenzen der mittleren Winkelschätzfehler gibt (Abb. 35), wurde der Median als Grund für die Gruppengrenze verwendet. Dies wurde auch in Wilkening & Fabrikant (2011) und Brügger (2015) so gehandhabt. Gemäss der Median-Aufteilung befinden sich in der Gruppe mit hoher räumlicher Denkfähigkeit 18 AdA (Mittelwert =  $16.03^\circ$ , Standardfehler =  $1.3^\circ$ ) und 17 AdA in der Gruppe mit tiefer räumlicher Denkfähigkeit (Mittelwert:  $51.06^\circ$ , Standardfehler:  $4.5^\circ$ ).

Für die Zuweisung zur Kontroll- bzw. zur Stress-Gruppe wurde jedem und jeder AdA anhand des Testresultats ein Rang zugewiesen. Der beste AdA (ID 6) bekam den Rang 1 und der schlechteste (ID 30) den Rang 35. Die AdA wurden gemäss dieser Rangliste abwechslungsweise zu einer der zwei Experimentgruppen zugewiesen (der höchste und der tiefste Rang zur Stress-Gruppe; der 2. Rang und der 34. Rang zur Kontrollgruppe, usw.). Mit Hilfe dieser Einteilung wurde erreicht, dass die beiden Experimentgruppen in Bezug auf die räumliche Denkfähigkeit ausgeglichen sind: Stress-Gruppe (Mittelwert =  $33.4^\circ$ ; Standardfehler =  $5.47^\circ$ ) und Kontrollgruppe (Mittelwert =  $32.7^\circ$ ; Standardfehler =  $5.38^\circ$ ).

## 5.2 Hauptexperiment

Im folgenden Kapitel werden die Resultate des Hauptexperiments präsentiert. Die zentrale Fragestellung dieser Arbeit ist, welchen Einfluss eine Stressinduktion während der Lernphase auf den Aufbau von räumlichem Wissen hat. Deshalb wird zuerst auf den Vergleich der Resultate zwischen der Stress-Gruppe und der Kontrollgruppe eingegangen. Anschliessend wird der Einfluss der räumlichen Denkfähigkeit sowie der Effekt von Stress auf einzelnen Gruppen der räumlichen Denkfähigkeit (hohe und tiefe räumliche Denkfähigkeit) untersucht. Es wird ebenfalls auf Unterschiede der Interaktion mit der Karte zwischen den jeweils zwei miteinander verglichenen Gruppen eingegangen.

### 5.2.1 Vergleich der Experimentgruppen (Stress- und Kontrollgruppe)

Um eine erste Antwort auf die Frage des Einflusses von Stress zu geben, wird in Tabelle 2 eine Rangliste der AdA - basierend auf ihren Resultaten in den vier Tests (Richtungsschätzung, Distanzschätzung, MMR und Fotoaufgabe) - präsentiert. Für jeden Test wurde eine eigene Rangliste erstellt und anschliessend der mittlere Rang über alle Tests pro AdA berechnet. Anhand dieses mittleren Ranges wurden dann die Plätze 1 bis 35 neu verteilt.

Tabelle 2: Rangliste aller Tests: Experimentgruppen. mS = Stress-Gruppe; oS = Kontrollgruppe

<i>Rangplatz</i>	<i>Gruppe</i>	<i>ID</i>	<i>Rangplatz</i>	<i>Gruppe</i>	<i>ID</i>
1	oS	50	19	mS	34
2	oS	8	20	mS	19
3	mS	13	21	mS	6
4	mS	29	22	mS	25
5	mS	15	23	oS	4
6	oS	31	24	oS	7
7	oS	2	25	mS	32
8	oS	12	26	mS	26
9	oS	9	27	oS	16
10	mS	14	28	mS	28
11	oS	5	29	oS	27
12	oS	11	30	mS	3
13	oS	21	31	mS	17
14	mS	18	32	mS	30
15	mS	10	33	oS	36
16	oS	20	34	mS	1
17	oS	22	35	oS	35
18	mS	23			

Wie in Tabelle 2 zu erkennen ist, befinden sich in der zweiten Hälfte der Tabelle (ab Rangplatz 18) mehr AdA aus der Stress-Gruppe (12 von 18 AdA), währendem die ersten 17 Rangplätze mehrheitlich durch AdA aus der Kontrollgruppe besetzt werden. Der mittlere Rang der Stress-Gruppe beträgt 19.8 (Standardfehler: 2.3) und jener der Kontrollgruppe 16.1 (Standardfehler: 2.6). Aufgrund dieses Resultats

kann man sagen, dass die Kontrollgruppe leicht besser ist (d.h. mehr Wissen aufgebaut hat) als die Stress-Gruppe. Jedoch ist anzumerken, dass es auch AdA der Stress-Gruppe gibt, welche sehr gut abgeschlossen haben (Rangplätze 3 bis 5). Dies könnte ein Hinweis dafür sein, dass die Stress-Gruppe eventuell in einigen Wissenstests besser abgeschnitten hat als die Kontrollgruppe. Eine genauere Betrachtung der einzelnen Tests wird deshalb im Folgenden gemacht. Zu Beginn jedes Tests wird jeweils präsentiert, wie gross der Mittelwert über alle 35 AdA ist.

### **Richtungsschätzung**

Die AdA wurden am Zielpunkt der Route gebeten, die Richtungen von diesem Punkt aus zum Startpunkt sowie allen Checkpoints zu schätzen. Diese Schätzung gaben sie anhand eines Pfeils in einem Kreis mit eingezeichneter Blickrichtung an (siehe Kap 4.4.3). Da die Antwortmöglichkeit bei der Richtungsschätzung analog zur jener des Tests zur Orientierung (Hegarty & Waller, 2004) aufgebaut ist, erfolgte auch die Auswertung in gleicher Weise (siehe Kap. 5.1.2). Für jeden geschätzten Punkt wurde der Winkelschätzfehler sowie ein mittlerer Winkelschätzfehler über alle geschätzten Punkte berechnet.

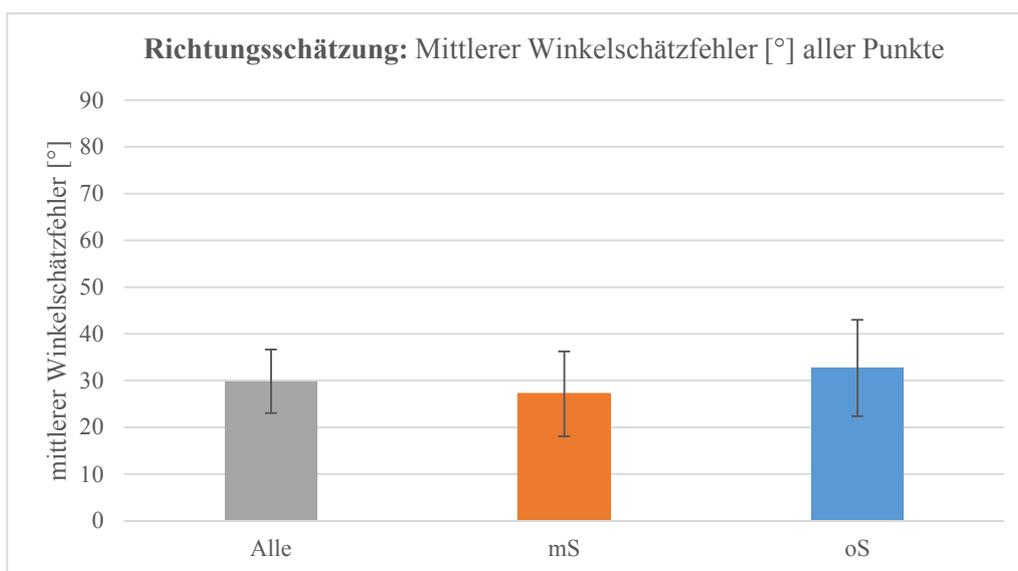


Abbildung 38: Winkelschätzfehler der Experimentgruppen. Mittelwert  $\pm$  2 Standardfehler

Der Durchschnitt aller 35 AdA liegt bei einem Winkelschätzfehler von  $29.84^\circ$  (Standardfehler =  $3.41^\circ$ ) (Abb. 38). Die Stress-Gruppe hat im Mittel von allen sechs Schätzungen einen Winkelschätzfehler von  $27.14^\circ$  (Standardfehler:  $4.5^\circ$ ) und ist somit klar unter dem Durchschnitt. Bei der Kontrollgruppe ist der mittlere Winkelschätzfehler (Mittelwert =  $32.7^\circ$ , Standardfehler:  $5.2^\circ$ ) leicht grösser. Die Stress-Gruppe ist bei der Richtungsschätzung also leicht besser, jedoch ist dieser Unterschied nicht signifikant ( $T = 0.810$ ,  $df=33$ ,  $p > 0.05$ ).

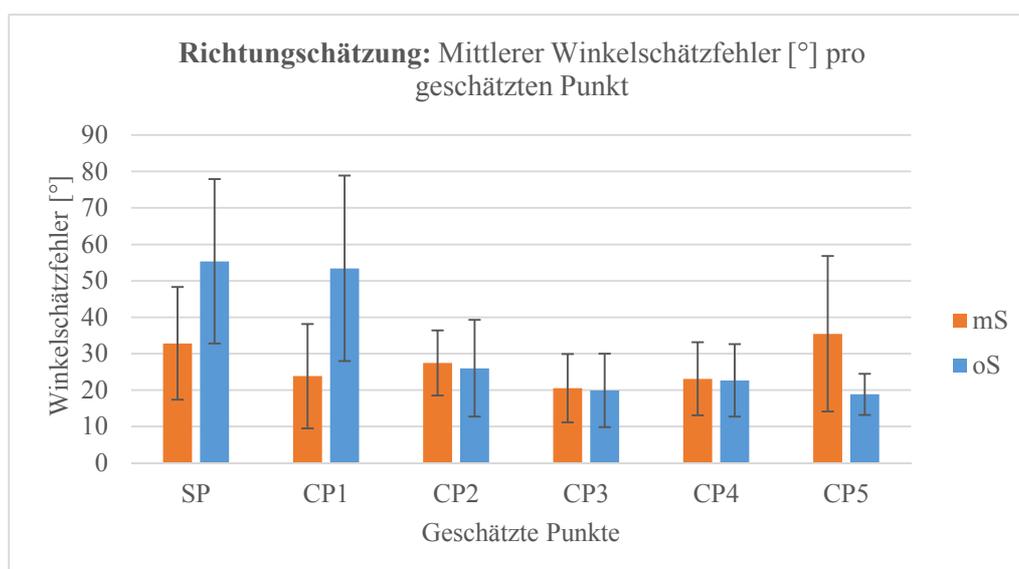


Abbildung 39: Richtungsschätzung pro Punkt der Experimentgruppen. Mittelwert  $\pm$  2 Standardfehler

Wenn man nun aber die mittleren Winkelschätzfehler der beiden Gruppen pro geschätzten Punkt betrachtet, lassen sich Unterschiede im Verlauf der Schätzungen erkennen (Abb. 39) Während die Kontrollgruppe bei den Schätzungen der ersten zwei Punkte einen grösseren Winkelschätzfehler hat und erst danach der Fehler kleiner wird, bleibt der Fehler bei der Stress-Gruppe immer ungefähr gleich gross.

Statistisch gesehen ist jedoch keiner dieser Unterschiede signifikant (SP:  $T = 1.646$ ,  $df = 28.591$ ,  $p > 0.05$ ; CP1:  $T = 2.026$ ,  $df = 25.357$ ,  $p > 0.05$ ; CP2:  $T = -0.182$ ,  $df = 33$ ,  $p > 0.05$ ; CP3:  $T = -0.179$ ,  $df = 33$ ,  $p > 0.05$ ; CP4:  $T = -0.061$ ,  $df = 33$ ,  $p > 0.05$ ). Die Schätzungen des CP5 sind nicht normalverteilt, deshalb wurde für den Test des Unterschieds der Rangsummentest nach Mann-Whitney verwendet ( $U = 111.5$ ,  $Z = -1.137$ ,  $p > 0.05$ ).

### ***Distanzschätzung***

Die Teilnehmenden hatten zusätzlich zur Richtungsschätzung noch die Distanz (Luftlinie) vom Zielpunkt zu jedem verlangten Punkt (Startpunkt, CP 1 bis 5) zu schätzen. Diese Angabe erfolgte in Metern. Die korrekten Distanzen wurden mit Hilfe des „Messen“-Werkzeugs auf dem webbasierten Kartendienst des Bundesamtes für Landestopographie swisstopo<sup>20</sup> herausgelesen.

Die Schätzungen der Distanzen der einzelnen Punkte reichten von sehr kleinen Angaben (z.B. ID 26 (mS): 10 m zwischen Zielpunkt und CP 1, korrekt 231 m) bis zu sehr grossen Distanzen (z.B. ID 35 (oS): 1500 Meter für die gleiche Distanzschätzung). Grundsätzlich haben sich 64.3% der AdA bei der Distanzangabe unterschätzt und 35.2% überschätzt. Ein ähnliches Verhältnis zeigt sich, wenn man die beiden Experimentgruppen (mS = 66.67% : 32.41% ; oS = 61.76% : 38.24%) einzeln betrachtet. Die Distanzen wurden also öfters unterschätzt.

<sup>20</sup> Swisstopo. „map.geo.admin.ch“, letzter Zugriff: 11.08.2015

Da ein gutes Wissen zu den metrischen Distanzen zur höchsten Stufe des räumlichen Wissens gehört (siehe Kap. 2.2.2), ist die Analyse der absoluten Werte in Meter im Rahmen dieses Experiments (einmalige Begehung der Testumgebung) nicht zwingend sinnvoll. Ebenfalls kann es sein, dass eine Person die Distanzen im Verhältnis relativ gut geschätzt hat (z.B. die Distanz zwischen von Zielpunkt zum Startpunkt ist kürzer geschätzt worden als die Distanz von Zielpunkt zum CP3), sich dabei aber konstant unterschätzt hat. Würde man nur die absoluten Werte betrachten, würde dies bedeuten, dass ein solcher AdA ein schlechtes Wissen aufgebaut hat. Dies wäre aber ein Fehlschluss, da die Person nach einmaliger Begehung schon ein relativ gutes Verständnis der räumlichen Beziehungen der Punkte aufgebaut hat, wenn die Verhältnisse zwischen den Schätzungen stimmen. Aufgrund der Gefahr dieses Fehlschlusses wurden die Distanzangaben relativiert. Die Relativierung erfolgte wie in Thorndyke & Hayes-Roth (1982) und Willis et al. (2009), indem der Korrelationskoeffizient zwischen den echten Distanzen und den Antworten der einzelnen AdA berechnet wurde. Die echten Distanzen sowie die Antworten der AdA sind normalverteilt, weshalb eine Korrelationsanalyse nach Pearson durchgeführt wurde. Anschließend wurde für beide Gruppen ein mittlerer Korrelationskoeffizient berechnet.

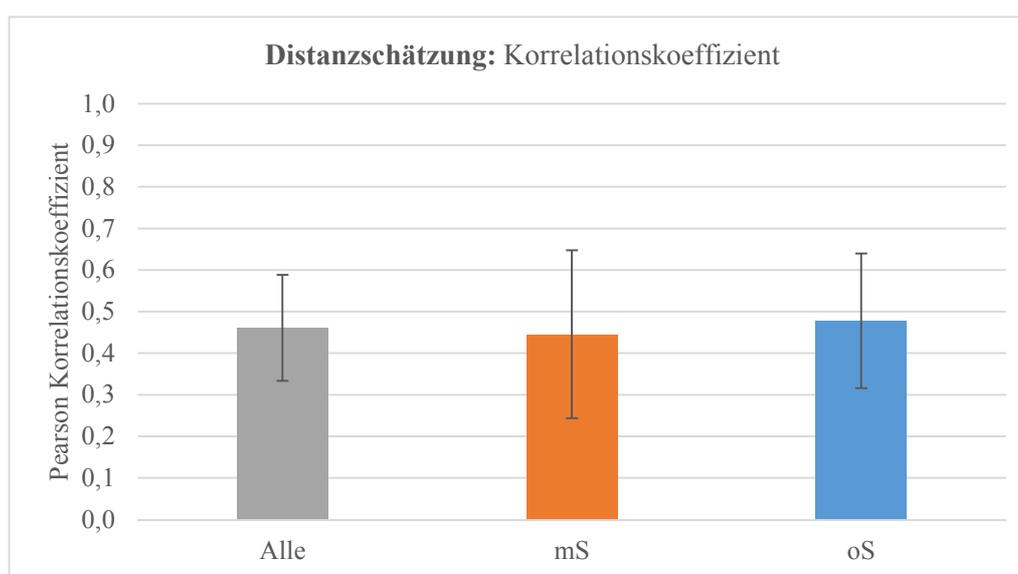


Abbildung 40: Korrelationskoeffizient der Distanzen der Experimentgruppen. Mittelwert  $\pm 2$  Standardfehler

Der Mittelwert der Korrelationskoeffizienten aller 35 AdA beträgt 0.461 (Standardfehler = 0.06) (Abb. 40). Dies entspricht einer mässig starken Korrelation. Somit haben die AdA in diesem Test tendenziell die Distanzen schlecht geschätzt.

Die Stress-Gruppe hat im Durchschnitt einen Korrelationskoeffizienten von 0.446 (Standardfehler = 0.081). Einen leicht besseren positiven Korrelationskoeffizienten mit 0.478 (Standardfehler= 0.101) hat die Kontrollgruppe (Abb. 40). Die AdA der Kontrollgruppe sind in diesem Test somit leicht besser. Die statistische Analyse ergab keinen signifikanten Unterschied zwischen den beiden Experimentgruppen ( $T = 0.249$ ,  $df = 33$ ,  $p > 0.05$ ).

**MMR**

Anhand der Richtungs- und Distanzschätzung wurde versucht, die im Experiment aufgebaute mentale Karte der AdA zu rekonstruieren. Diese mentale Karte (eine Konfiguration bestehend aus den geschätzten Punkten; abhängige Variable) wurde anhand einer bidimensionalen Regression nach Carbon (2013) mit der realen Punktconfiguration (unabhängige Variable) verglichen.

Die Ausgabe der bidimensionalen Regression nach Carbon (2013) umfasst zwölf verschiedene Parameter. Für diese Arbeit wird die Abweichung der mentalen Karte der einzelnen AdA von der Realität anhand dem  $R^2$  Bestimmtheitsmass, dem Rotationswinkel (d.h. wie weit muss man die originale Punktconfiguration drehen, damit sie der Ausrichtung der mentalen Karte entspricht; negativ = Gegenuhrzeigersinn, positiv = Uhrzeigersinn) und der notwendigen Skalierung der mentalen Karte in X - und Y-Richtung (d.h. wie stark muss man die mentale Karte schrumpfen ( $\phi < 1$ ) oder ausdehnen ( $\phi > 1$ ), damit sie der originalen Konfiguration entspricht) gemessen.

Diese Werte werden einerseits für eine euklidische und eine affine Geometrie berechnet. Die bidimensionale Regression nach Carbon (2013) liefert ebenfalls einen Vergleich dieser beiden Modelle und gibt an, welches Modell die bessere Lösung liefert. Für die meisten AdA gibt es keinen Unterschied zwischen den beiden Lösungen. In vier Fällen ist jedoch das Modell, basierend auf der affinen Geometrie, die bessere Lösung. Deshalb wurde für alle AdA das Modell der affinen Geometrie verwendet.

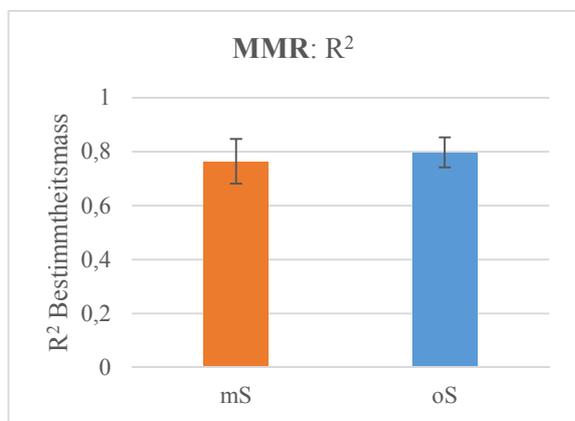


Abbildung 41: MMR  $R^2$  Bestimmtheitsmass Experimentgruppen. Mittelwert  $\pm 2$  Standardfehler

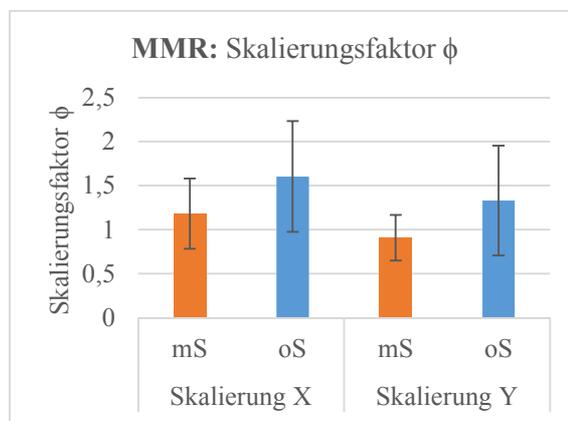


Abbildung 42: MMR Skalierungsfaktor  $\phi$ ,  $\phi < 1$  Schrumpfung,  $\phi > 1$  Ausdehnung. Mittelwert  $\pm 2$  Standardfehler

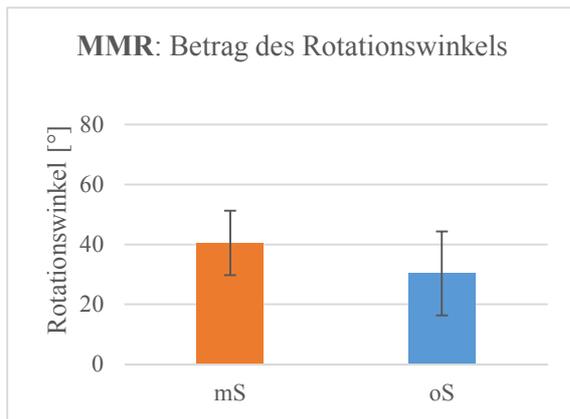


Abbildung 43: MMR Betrag des Rotationswinkel der Experimentgruppen. Mittelwert  $\pm 2$  Standardfehler

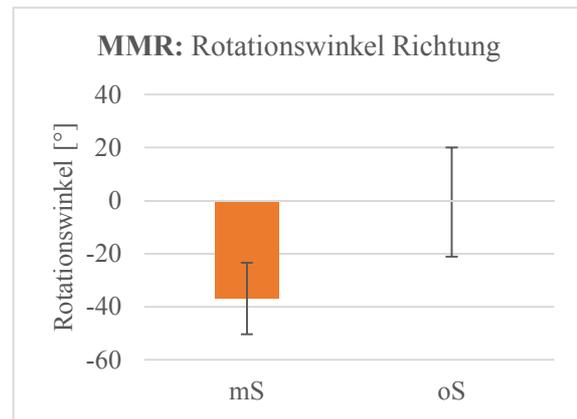


Abbildung 44: MMR Rotationswinkel Richtung,  $> 0$  Drehung im Uhrzeigersinn,  $< 0$  Drehung im Gegenuhrzeigersinn. Mittelwert  $\pm 2$  Standardfehler

Im Schnitt haben die mentalen Karten der 35 AdA ein  $R^2$  (Anteil erklärte Varianz des Modells) von 0.780 (Standardfehler = 0.025). 78% der Gesamtvarianz wird im Durchschnitt also durch das Modell erklärt. Für die Stress-Gruppe ergibt die bidimensionale Regression einen mittleres  $R^2$  von 0.764 (Standardfehler = 0.042) und für die Kontrollgruppe einen Durchschnitt von 0.797 (Standardfehler = 0.028) (Abb. 41). Die Modelle der mentalen Karte der Kontrollgruppe erklären also mehr Anteile der Gesamtvarianz. Allgemein ist aber der Anteil an erklärter Varianz als relativ hoch zu betrachten. Der Unterschied zwischen den Experimentgruppen ist aber nicht signifikant ( $T = 0.664$ ,  $df = 33$ ,  $p > 0.05$ ).

Als weiteren Vergleichswert der mentalen Karten wurde der Skalierungsfaktor miteinbezogen (Abb. 42). Im Durchschnitt aller 35 AdA ist der  $\phi$ -Wert in beide Richtungen (X und Y) über 1.0, was bedeutet, dass die mentalen Karten ausgedehnt werden müssen, um mit der realen Konfiguration übereinzustimmen (X-Richtung: Mittelwert = 1.387, Standardfehler = 0.185; Y-Richtung: Mittelwert = 1.113, Standardfehler = 0.167). Wenn man nun die Experimentgruppen betrachtet, zeigt sich, dass im Falle der Skalierung in X-Richtung ebenfalls beide Gruppen einen mittleren  $\phi$ -Wert über 1.0 haben (mS: Mittelwert = 1.183, Standardfehler = 0.2; oS: Mittelwert = 1.604, Standardfehler = 0.315). Im Falle der Skalierung in Y-Richtung hat die Kontrollgruppe ebenfalls wieder einen mittleren  $\phi$ -Wert über 1.0 (Mittelwert = 1.331, Standardfehler = 0.312), die Stressgruppe hingegen einen mittleren  $\phi$ -Wert unter 1.0 (Mittelwert = 0.909, Standardfehler = 0.129). In beiden Fällen muss die mentale Karte der Kontrollgruppe also stärker verändert bzw. ausgedehnt werden als jene der Stress-Gruppe. Die mentalen Karten der Stress-Gruppe müssen nur in X-Richtung leicht ausgedehnt und in Y-Richtung sogar leicht geschrumpft werden, um die originale Konfiguration zu erhalten. Der Unterschied zwischen den beiden Gruppen ist bei beiden Skalierungsfaktoren nicht signifikant (X:  $T = 1.142$ ,  $df = 33$ ,  $p > 0.05$ ; Y:  $T = 1.250$ ,  $df = 33$ ,  $p > 0.05$ ).

In der Ausgabe der bidimensionalen Regression kann der Rotationswinkel einen positiven (Drehung im Uhrzeigersinn) oder negativen (Drehung im Gegenuhrzeigersinn) Wert annehmen. Für den Vergleich, welche mentalen Karten bezüglich ihrer Orientierung stärker von der realen Karte abweichen, wurde

der Betrag dieser Rotationswinkel verwendet. Die mittlere Abweichung der Orientierung aller 35 AdA liegt bei  $35.53^\circ$  (Standardfehler =  $4.39^\circ$ ). Die Stress-Gruppe hat im Durchschnitt einen Rotationswinkel von  $40.47^\circ$  (Standardfehler:  $5.38^\circ$ ), die Kontrollgruppe einen Winkel von  $30.32^\circ$  (Standardfehler:  $6.98^\circ$ ) (Abb. 43). Somit muss im Falle der Stress-Gruppe die originale Konfiguration stärker gedreht werden, um die Ausrichtung der mentalen Karte zu erhalten. Der Unterschied zwischen den Experimentgruppen ist aber nicht signifikant ( $T = -1.161$ ,  $df = 33$ ,  $p > 0.05$ ).

Wenn man nun betrachtet, in welche Richtung die reale Konfiguration von der mentalen Karte abweicht, muss man die absoluten Werte der Rotationswinkel betrachten (Abb. 44). Ein negativer Winkel bedeutet eine Drehung der realen Konfiguration im Gegenuhrzeigersinn, damit sie mit der mentalen Karte übereinstimmt, ein positiver Wert eine Drehung im Uhrzeigersinn. Im Durchschnitt aller AdA muss man die reale Konfiguration um  $-19.25^\circ$  (Standardfehler =  $6.75^\circ$ ) drehen, damit sie mit der durchschnittlichen mentalen Karte übereinstimmt. Es handelt sich somit um eine Drehung im Gegenuhrzeigersinn. Im Falle der Stress-Gruppe müsste man die reale Karte im Mittel um  $-36.91^\circ$  (Standardfehler =  $6.72^\circ$ ), d.h. im Gegenuhrzeigersinn, drehen. Bei der Kontrollgruppe ist dieser Wert um einiges kleiner: Im Durchschnitt muss man die reale Karte um  $-0.56^\circ$  (Standardfehler =  $10.3^\circ$ ) drehen, damit man die Ausrichtung der mentalen Karte erhält. Im Gegensatz zur Stress-Gruppe gibt es bei der Kontrollgruppe also keine einheitliche Drehrichtung. Die mentalen Karten weichen sowohl im Gegenuhrzeigersinn als auch im Uhrzeigersinn ab.

## Fotoaufgabe

Die Fotoaufgabe bestand aus zwei Teilen: Dem Erkennen der auf ihrem Weg gesehenen Szenen auf den Fotos und dem Platzieren der Fotos in der richtigen Reihenfolge inkl. dem Benennen der richtigen Abzweigung, falls ein Kreuzung auf dem Bild zu sehen war. Die Auswertung dieser Aufgabe erfolgte mittels einem Punktebewertungssystem wie es Oliver & Burnett (2008) durchgeführt haben. Das System von Oliver & Burnett (2008) wurde dabei übernommen und durch zwei Kriterien erweitert. Tabelle 3 zeigt wie die Punkte verteilt wurden.

Tabelle 3: Punktebewertungssystem Fotoaufgabe

<i>Korrekt erkannt als gesehen</i>	+ 1
<i>Korrekt erkannt als nicht gesehen</i>	+ 1
<i>Falsch erkannt als gesehen</i>	-1
<i>Falsch erkannt als nicht gesehen</i>	-1
<i>3 Fotos in richtiger Reihenfolge</i>	+1
<i>4 Fotos in richtiger Reihenfolge</i>	+2
<i>5 Fotos in richtiger Reihenfolge</i>	+3
<i>Korrekte Angabe der Richtung bei einem Kreuzungsbild (neu)</i>	+0.5
<i>Falsche Angabe der Richtung bei einem Kreuzungsbild (neu)</i>	-0.5

Der Abzug einer falschen Richtungsangabe bei einem Bild einer Kreuzung wurde nur mit einem Abzug von 0.5 gewichtet, da dies nur eine zusätzliche Angabe ist und nicht gleich stark gewichtet werden soll wie das Erkennen eines Fotos.

Das Punktesystem ermöglicht es, alle vier möglichen Fälle der Signal Detektions Theorie bei einer solchen Aufgabe zu analysieren. (Griffin & Bell, 2009; Wilkening, 2012):

- **True Positive (TP):** AdA hat richtig erkannt, dass er /sie dieses Foto gesehen hat
- **True Negative (TN):** AdA hat richtig erkannt, dass er /sie dieses Foto **nicht** gesehen hat
- **False Positive (FP):** AdA hat falsch gesagt, dass er /sie dieses Foto auf seinem Weg gesehen hat, eigentlich hat er es **nicht** gesehen
- **False Negative (FN):** AdA hat falsch gesagt, dass er /sie dieses Foto nicht gesehen hat, eigentlich hat er /sie es gesehen

Jede und jeder AdA konnte den Weg selber wählen. Die richtige Antwort für jeden AdA wurde anhand der aufgenommenen GPS-Daten (siehe Kap. 4.4.3) erstellt. Die freie Routenwahl führte auch dazu, dass die maximal zu erreichende Punktzahl zwischen den AdA variiert. Um sie trotzdem vergleichbar zu machen, wurde für jede Testperson der prozentuale Anteil der erreichten Gesamtpunktzahl an der maximal möglichen Punktzahl (Variable „Gesamt“ in Abb. 45) berechnet. Je höher dieser Prozentwert ist, desto besser war die Person. Ebenfalls wurde der prozentuale Anteil für die oben genannten vier Fälle berechnet. Für TP und TN gilt wie für die Gesamtzahl, je höher desto besser. Für die Variablen FP und FN jedoch ist eine tiefere Prozentzahl erstrebenswert.

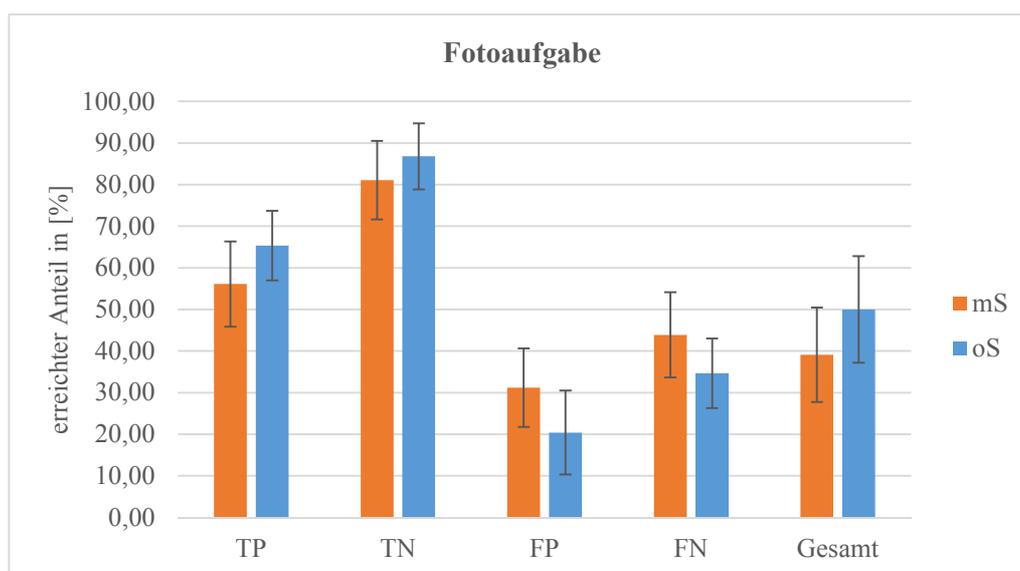


Abbildung 45: Resultat der Fotoaufgabe. Mittelwert  $\pm$  2 Standardfehler

Im Schnitt haben die 35 AdA 44.39% (Standardfehler = 4.31%) der möglichen Gesamtpunktzahl erreicht. Die Fotoaufgabe wurde also tendenziell schlecht gelöst. Wie in Abbildung 45 zu erkennen ist, schneidet die Stress-Gruppe bei diesem Test schlechter ab als die Kontrollgruppe. Dies sowohl bei der Gesamtzahl (mS: Mittelwert = 39.1 %, Standardfehler = 5.69%; oS : Mittelwert = 50.0 %, Standardfehler = 6.41%) als auch bei den vier anderen Variablen. In der Stress-Gruppe gibt es jedoch einen AdA (ID 8, mS), welcher alle Szenen richtig erkannt, diese in der richtigen Reihenfolge platzierte und die Abzweigungen an den Kreuzungen richtig benannt hat.

Die statistischen Tests haben aber gezeigt, dass die Unterschiede nicht signifikant sind (TP:  $T = 1.385$ ,  $df = 33$ ,  $p > 0.05$ ; TN:  $T = 0.922$ ,  $df = 33$ ,  $p > 0.05$ ; FP:  $T = -1.563$ ,  $df = 33$ ,  $p > 0.05$ ; FN:  $T = -1.385$ ,  $df = 33$ ,  $p > 0.05$ ; Gesamt:  $T = 1.275$ ,  $df = 33$ ,  $p > 0.05$ ).

### ***Fazit zur Wissensüberprüfung: Vergleich der Experimentgruppen***

Die Analyse der einzelnen Tests zur Wissensüberprüfung in Bezug auf die beiden Experimentgruppen haben differenzierte Resultate gezeigt. Währendem bei der Richtungsschätzung die Stress-Gruppe leicht besser und bei der Distanzschätzung fast kein Unterschied erkennbar war, weicht die Orientierung des Modells der rekonstruierten mentalen Karte weiter von der realen Welt ab als jenes der Kontrollgruppe. Schlechter war die Stressgruppe auch bei der Fotoaufgabe.

Aufgrund dieser differenzierten Resultate und teilweise kleinen Unterschiede wird als Nächstes überprüft, ob die AdA der Stress-Gruppe überhaupt Stress empfunden haben. Dafür werden die Daten des Smartbands genauer untersucht. Anschliessend wird auf die Interaktionsaufzeichnungen (Finger und Blick) eingegangen um zu sehen, ob sich Unterschiede im Verhalten finden lassen. Der Fokus liegt hierbei auf dem Unterschied zwischen den Gruppen, weshalb auf eine Angabe des mittleren Stresslevels und Interaktionen aller 35 AdA verzichtet wird.

### ***Stresslevel-Messung***

Mit Hilfe des Smartbands wurde die Hautleitfähigkeit der Teilnehmenden aufgezeichnet. Die Verarbeitung dieser Rohdaten entspricht in den Grundzügen der Verarbeitung der Daten in Rouiller (2013). Im Gegensatz zu Rouiller (2013) wurden aber in dieser Studie zusätzlich bei jeder Testperson die Grundwerte aufgenommen und die Daten mit Hilfe dieser Aufnahme normalisiert.

Die Datenaufbereitung passierte folgendermassen: In einem ersten Schritt wurde das SCR aus dem gemessenen Signal extrahiert (somit vom SCL getrennt) (Figner & Murphy, 2011). Anschliessend wurden in einem zweiten Schritt die SCR-Werte durch eine Korrektur der Spannweite vom minimalen zum maximalen SCR-Wert normalisiert. Diese erste Normalisierung erfolgte nach der Formel von Lykken (1972). Der daraus resultierende Verlauf enthält dann die normalisierten SCR-Ausschläge. Die Fläche unter diesen SCR-Ausschlägen wurde dann summiert und der Mittelwert daraus berechnet. Dieser mittlere Integral-Wert wurde anschliessend durch die entsprechende Experimentdauer der Testperson dividiert (zweite Normalisierung), wodurch man als Zwischenwert der Analyse pro AdA die mittlere SCR-Fläche in  $\mu\text{S}/\text{Sek}$  erhält (Fabrikant et al., 2012). Diese Schritte wurden sowohl für die aufgenommenen Grundwerte vor dem Experiment als auch für die aufgezeichneten Werte während der Navigationsaufgabe durchgeführt. In einem nächsten Schritt folgte dann die dritte Normalisierung der Experimentwerte aufgrund der aufgenommenen Grundwerte der AdA. Diese Normalisierung wurde gemäss der Formel von Antonenko et al. (2010) berechnet:

$$\text{normalisierte SCR Fläche} = \frac{\text{mittlere SCR Fläche der Grundwerte} - \text{mittlere SCR Fläche Experiment}}{\text{mittlere SCR-Fläche Grundwerte}} \cdot 100$$

Diese Formel kann sowohl positive als auch negative Werte ergeben. Ein positiver Wert bedeutet, dass das SCR gesunken ist währenddessen ein negativer Wert ein Anstieg der SCR während dem Experiment. Somit ist der Wert in diesem Experiment so zu verstehen, dass, je negativer der Wert ist, desto mehr Arousal hat die Person empfunden.

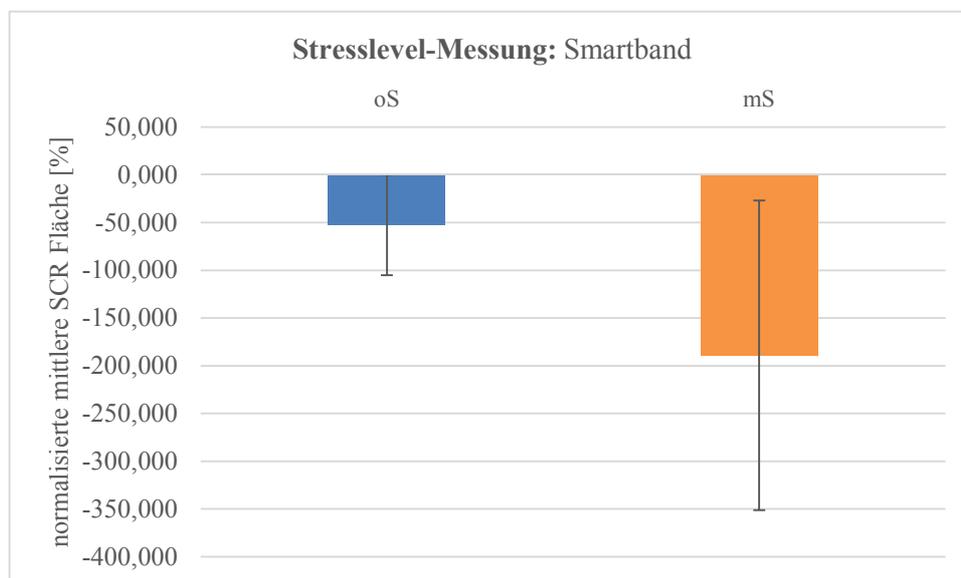


Abbildung 46: Smartband Auswertung der Experimentgruppen. Mittelwert ± 2 Standardfehler

Bei zwei AdA der Stress-Gruppe hat das Smartband nicht funktioniert, weswegen die Stress-Gruppe in diesem Vergleich aus 16 AdA besteht. Die Auswertung der Smartband-Messung zeigt, dass die Stress-Gruppe eine stärkere Erhöhung des SCR zu verzeichnen hat (oS: Mittelwert = -52.591 %, Standardfehler = 26.329 %; mS: Mittelwert = -188.972 %, Standardfehler = 81.08 %) (Abb. 46). Dieser Unterschied ist aber statistisch nicht signifikant ( $T = 1.6$ ,  $df = 18.141$ ,  $p > 0.05$ ).

Nichtsdestotrotz kann man sagen, dass diese Gruppe eine grössere Arousal verspürt hat. Ob diese Erregung positiver Natur (z.B. Motivation) ist oder durch negative Gefühle wie z.B. Disstress verursacht wurde, lässt sich mit dem SSSQ-Fragebogen (Helton, 2004) herausfinden. Es wurden dabei die Veränderungen zwischen den Antworten des Fragebogens, welche sie vor Beginn des Experiments gegeben haben, und den Antworten nach dem Experiment, berechnet für jeden Faktor (Disstress, Bedrücktheit, Engagement) (Helton, 2004):

$$\text{Veränderung der SSSQ Punktzahl pro Faktor} = \frac{(\text{Punktzahl nachher} - \text{Punktzahl vorher})}{\text{Mittelwert der Punktzahl vorher}}$$

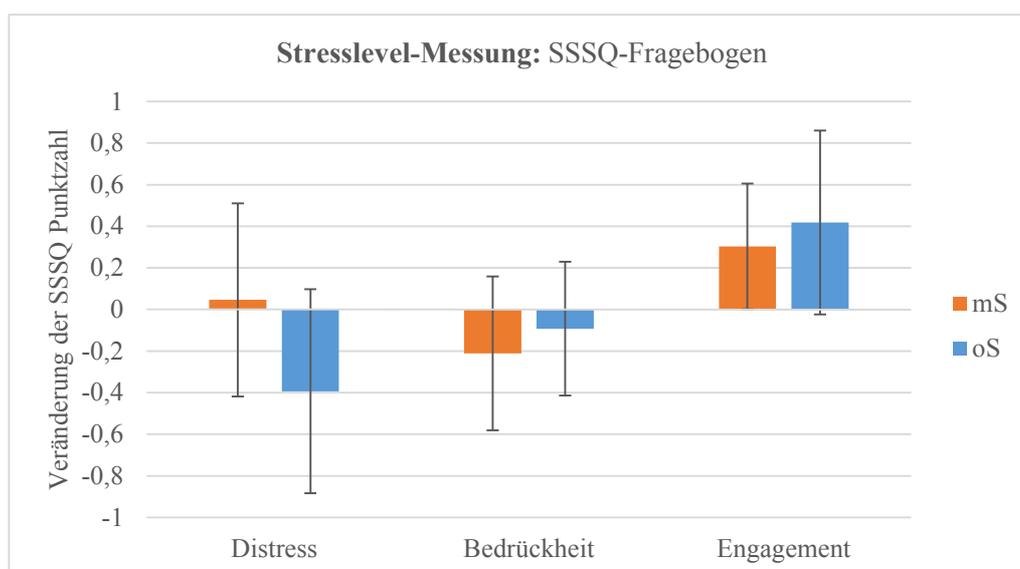


Abbildung 47: Veränderung der SSSQ-Punktzahl. Mittelwert  $\pm$  2 Standardfehler

Abbildung 47 zeigt die Veränderung der SSSQ-Punktzahl. Hierbei bedeutet ein positiver Wert, dass die Zustimmung zu diesem Faktor zugenommen hat, d.h. dieser nach dem Experiment stärker empfunden wurde. Bezüglich dem Faktor Distress zeigt sich klar, dass der Faktor der Stress-Gruppe (Mittelwert = 0.05; Standardfehler = 0.23) nach dem Experiment stärker zustimmt als jener der Kontrollgruppe, welcher eine Abnahme zu verzeichnen hat (Mittelwert = - 0.39; Standardfehler = 0.24).

In Bezug auf die Bedrücktheit ist bei beiden Gruppen eine Abnahme zu erkennen. Diese ist jedoch bei der Stress-Gruppe grösser (Mittelwert = - 0.21; Standardfehler = 0.19), d.h. sie waren nach dem Experiment weniger bedrückt als vor dem Experiment (Kontrollgruppe: Mittelwert = -0.09; Standardfehler = 0.16).

Beim Faktor Engagement zeigt sich bei beiden Gruppen die gleiche Tendenz. Sowohl bei der Stress-Gruppe (Mittelwert = 0.3; Standardfehler = 0.15) als auch bei der Kontrollgruppe (Mittelwert = 0.42; Standardfehler = 0.22) ist ein Anstieg zu beobachten, d.h. ihr Empfinden war nach dem Experiment motivierter. Die Unterschiede sind aber nicht statistisch signifikant (Distress:  $T = -1.301$ ,  $df = 33$ ,  $p > 0.05$ ; Bedrücktheit:  $T = 0.482$ ,  $df = 33$ ,  $p > 0.05$ ; Engagement:  $T = 0.431$ ,  $df = 33$ ,  $p > 0.05$ )

Zusammenfassend kann man sagen, dass die Stress-Gruppe gemäss der Smartband-Messung mehr emotionale Erregung gezeigt hat als die Kontrollgruppe. Diese Erregung hängt vor allem mit Distress zusammen, denn beide Experimentgruppen haben nach dem Experiment einen gewissen Grad an Motivation und ein gewisses Gefühl von Erleichterung (weniger bedrückt) gefühlt.

### ***Fingerinteraktion mit der digitalen Karte***

Als nächstes wird auf die Fingerinteraktionen mit der Karte eingegangen, um zu sehen, ob bei den während dem Lösen der Navigationsaufgabe aufgezeichneten Daten noch weitere Unterschiede zu finden sind. Die verwendete Kartenapplikation hat jede Interaktion der Finger mit der Karte aufgezeichnet und in Form einer Textdatei abgespeichert. Dabei wurde jede Interaktion in Form einer Reihe von Parametern wie z.B. der Zeit oder der Koordinaten des Kartenzentrums gespeichert (siehe Kap. 4.4.3). Im Rahmen dieser Analyse wurde aber nur auf die Anzahl geachtet, um herauszufinden, welche Experimentgruppe sich diesbezüglich mehr mit der Karte auseinandergesetzt hat.

Die aufgenommenen Rohdaten mussten zuerst bereinigt werden, da die Applikation ein Zoomen mit den Fingern in mehrere kleine Zoom-Bewegungen unterteilt hat. Als Folge daraus wurde für eine Zoom-Bewegung mit den Fingern nicht nur eine, sondern mehrere Linien niedergeschrieben (Rouiller, 2013). Für die Bereinigung der Daten ist in Rouiller (2013) ein Matlab-Skript zu finden, welches alle Linien, die weniger als eine halbe Sekunde auseinander liegen, zusammenfasst. Nach der Bereinigung wurde für jeden und jede AdA die Anzahl Interaktionen zusammengezählt. Diese Summe wurde dann durch die Dauer des Experiments relativiert. Der resultierende Wert ist eine Angabe für die Anzahl Interaktionen pro Minute.

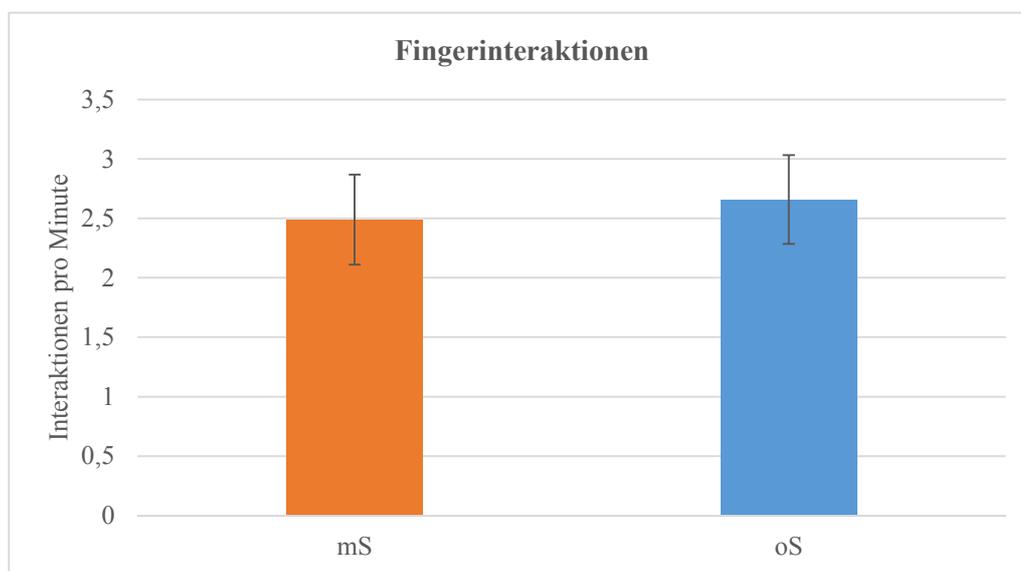


Abbildung 48: Fingerinteraktionen der Experimentgruppen. Mittelwert  $\pm$  2 Standardfehler

Wie in Abbildung 48 zu erkennen ist, haben die AdA der Kontrollgruppe leicht mehr mit der Karte interagiert als die Stress-Gruppe (oS: Mittelwert = 2.66, Standardfehler = 0.372 ; mS: Mittelwert = 2.49 , Standardfehler = 0.378). Dieser Unterschied ist jedoch nicht signifikant ( $T = 0.316$  ,  $df = 33$  ,  $p > 0.05$ ).

### ***Blickinteraktion mit der digitalen Karte***

Wie sich gezeigt hat, gibt es bezüglich den Karteninteraktionen keine signifikanten Unterschiede zwischen den Experimentgruppen. Die Anzahl Karteninteraktionen sind jedoch nur eine Möglichkeit das Verhalten der AdA während der Lernphase zu untersuchen. Eine andere bietet die aufgezeichneten Blickinteraktionen mit dem Tablet. Ein bekanntes Problem des verwendeten mobilen Eyetrackersystems ist die tiefe Erkennungsrate der Pupille bei Studien im Freien. Aufgrund der ständig ändernden Lichtverhältnisse verändert sich die Pupillengrösse ständig, was zu Problemen bei der Erkennung führt (Kiefer et al., 2013). Die Software des mobilen Eyetrackers bietet aber die Möglichkeit zur Nachbearbeitung der Pupillenerkennung (Ergoneers, 2011b), jedoch ist diese Datenaufbereitung sehr zeitintensiv (Beispiel aus den Pilottests: zwei Minuten Aufnahmen = 1.5 bis 2 Stunden Nachbearbeitung). Aus diesem Grund wurden die Aufnahmen des MET nur stichprobenweise untersucht. Für die Stichprobe wurden nur jene AdA ausgewählt, bei welchen bereits eine Erkennungsrate von 65 % oder mehr hatten. Sieben AdA wurden ausgewählt (3 oS, 4 mS) und ihre Daten aufbereitet.

Die Analyse hat zum Ziel zu wissen, wie oft die AdA auf die Karte geschaut haben und wie lange sie sich im Total auf die Karte fokussiert haben. Die Aufbereitung der Daten lief wie folgt ab:

1. ***Manuelle Bearbeitung der Pupillenerkennung:*** Mit Hilfe der Aufnahme der Augenkamera konnte manuell für jedes Frame des Videos angeklickt werden, wo sich die Pupille befindet. Dabei wurden aber nicht alle Frames korrigiert, sondern nur jene, bei welchen die Software angab, die Pupille nicht erkannt zu haben. Es ist nicht auszuschliessen, dass es unter den anderen Frames solche gibt, bei welchen die Pupille falsch erkannt wurde. Gemäss dem Hersteller gilt eine Erkennungsrate von 94-96% als das Optimum, denn in den restlichen 4-6% Frames kann aufgrund des Blinzeln gar keine Pupille erkennbar sein (Ergoneers, 2011b). Nach der manuellen Bearbeitung hatten die Aufnahmen der ausgewählten AdA eine Erkennungsrate zwischen 92% und 96%.
2. ***Marker Erkennung:*** Wie in Kapitel 4.4.3 beschrieben, mussten für die Erkennung des Tablets durch die Software rund um das Tablet Marker platziert werden. Diese Marker mussten aber zuerst in der Videoaufnahme der Szenenkamera detektiert werden. Diese Detektion des *Marker Detektion* Programm (enthalten im Softwarepaket des mobilen Eyetrackers) ist ein vollautomatisierter Prozess. Einzig die Genauigkeit der Detektion muss vorher, anhand von drei Auswahlmöglichkeiten (*Fast*, *Normal*, *Exhaustive*), angegeben werden (Ergoneers, 2011b). Für diese Analyse wurde *Normal* ausgewählt.
3. ***Definieren der AOI und Analyse:*** Im nächsten Schritt musste nun eine *Area of Interest* (AOI) für das Tablet definiert werden. Dafür wurden die nun im Video detektierten Marker genutzt. Anhand dieser Marker kann die AOI aufgespannt werden und wird in jedem Videoframe, in welchem ein Marker erkannt wurde, sichtbar. Ist die AOI definiert, können die Blicke in dieser AOI gezählt und als Textfile mit weiteren Informationen (wie Start- und Endframe und die Dauer des Blickes) exportiert werden. Wie lange ein Blick dauern muss, bis er als solcher auch

gezählt wird, kann selber definiert werden. Im Rahmen dieser Analyse wurde die Voreinstellung der Software von 120 ms verwendet. Falls ein Blick kürzer dauert, wird dieser als Blinzler oder als ein „vorbei ziehen“ des Blickes bezeichnet und wurde aus dem Resultat entfernt.

4. **Dichtekarten:** Neben der Auflistung aller Blicke und deren Dauer in Tabellenform, können auch Dichtekarte der Blicke erstellt werden. Die vorgegebene Farbskala reicht von grün bis rot. Je mehr Blicke an einem Ort registriert wurden, desto öfter und länger hat die Person dort darauf geachtet. Die erstellen Dichtekarten werden im Rahmen der Diskussion präsentiert (siehe Kap. 6.2.1).
5. **Korrektur für mS:** Bei der Stress-Gruppe wurden Dialogfenster für die Stressinduktion verwendet. Dies hat zur Folge, dass die AdA der Stress-Gruppe eventuell nicht aus eigener Entscheidung, sondern aufgrund der Dialogfenster auf das Tablet geschaut haben. Diese Blicke müssen für den Vergleich entfernt werden. Es wurden dafür die Videoaufnahmen der Szenenkamera betrachtet und falls ein Blick durch das Dialogfenster verursacht wurde, wurde dieser aus der Tabelle entfernt (erkennbar anhand der Information über das Start – und Endframe jedes Blicks). Tauchte aber ein Dialogfenster während einer Fokussierung der Testperson auf das Tablet auf, wurde dieser Blick nicht entfernt. In den meisten Fällen hat sich die Blickdauer dadurch nur minimal (0.5-1 Sekunde) verlängert.

Die ganze Datenaufbereitung basiert auf dem Handbuch zur Analyse-Software des mobilen Eyetrackers, weshalb diese Beschreibung hier kurz und ohne grosse technische Details gehalten wurde. Für genauere technische Informationen wird auf das Handbuch verwiesen (Ergoneers, 2011b).

Das Resultat der stichprobenweisen Analyse ist in Tabelle 4 gezeigt. Diese enthält pro AdA die Anzahl Blicke auf die Karte und die Gesamtdauer der Blicke (Summe der Dauer aller einzelnen Blicke in die Karte). Die gesamte Blickdauer wurde anhand der Experimentdauer normalisiert.

Tabelle 4: Auswertung MET Daten

<b>ID</b>	<b>Experiment- gruppe</b>	<b>Anzahl Bli- cke</b>	<b>Gesamte Blick- dauer auf die Karte [min:sek]</b>	<b>Gesamtdauer Navigationsauf- gabe [min:sek]</b>	<b>Normalisierte gesamte Blick- dauer [%]</b>
6	mS	290	03:53	16:59	29,75
15	mS	518	05:06	13:30	22,49
18	mS	156	03:32	15:43	28,78
19	mS	150	05:16	17:42	30,00
21	oS	136	03:30	18:12	24,27
35	oS	153	03:11	19:24	16,43
50	oS	180	04:15	17:32	19,20

Wie Tabelle 4 zeigt, haben die AdA der Stress-Gruppe tendenziell mehr auf die Karte geachtet. Wenn man ID 6 und ID 15 betrachtet, ist die Anzahl Blicke im Vergleich zu den AdA der Kontrollgruppe sogar deutlich grösser und dies auch in ihrer kürzeren Experimentdauer. Dies zeigt sich auch, wenn man den prozentualen Anteil der Dauer der Blicke auf die Karte an der Gesamtzeit betrachtet: Die AdA der

Stress-Gruppe haben ca. 30% der Zeit auf die Karte geachtet, während die AdA der Kontrollgruppe nur ca. 20% darauf geschaut haben.

Da die Teilnehmenden während dem Lösen der Navigationsaufgabe auch gefilmt wurden, konnte die Blickinteraktion auch qualitativ untersucht werden. Diese qualitative Analyse der Filmaufnahmen hat gezeigt, dass die AdA der Stress-Gruppen während dem Gehen von einem zum nächsten Checkpoint tendenziell mehr auf die Karte geachtet haben. Sind sie an einem Checkpoint angekommen, gingen sie sofort weiter und planten den Weg zum nächsten Checkpoint unterwegs. Bei der Kontrollgruppe jedoch gab es mehrere AdA, welche jeweils nach erfolgreichem Auffinden eines Checkpoints zuerst stehen geblieben sind und längere Zeit auf die Karte geachtet haben. Ich vermute deshalb, dass diese AdA zuerst den Weg zum nächsten Punkt geplant und unterwegs nur noch zur Überprüfung, ob sie auf dem richtigen Weg sind, die Karte benutzt haben.

Die Analyse der MET- und Filmaufnahmen hat also gezeigt, dass Unterschiede bezüglich der Nutzung der Karte existieren. Es handelt sich aber um eine stichprobenweise bzw. für die Filmaufnahmen um eine qualitative Analyse. Eine statistische Signifikanz konnte deshalb nicht nachgewiesen werden.

### **Schlussfragebogen zum Experiment**

Am Ende des Experiments wurden die AdA gebeten, eine Rückmeldung zum Schwierigkeitsgrad der einzelnen Aufgaben (Navigationsaufgabe, Richtungs- und Distanzschätzung, Fotoaufgabe) zu geben. Die Rückmeldung gaben sie in Form einer Skala von „sehr einfach“ bis „sehr schwierig“. Die Antworten wurden durch Zahlen von 1 = sehr schwierig und 5 = sehr einfach ersetzt, womit ein Mittelwert berechnet werden konnte.

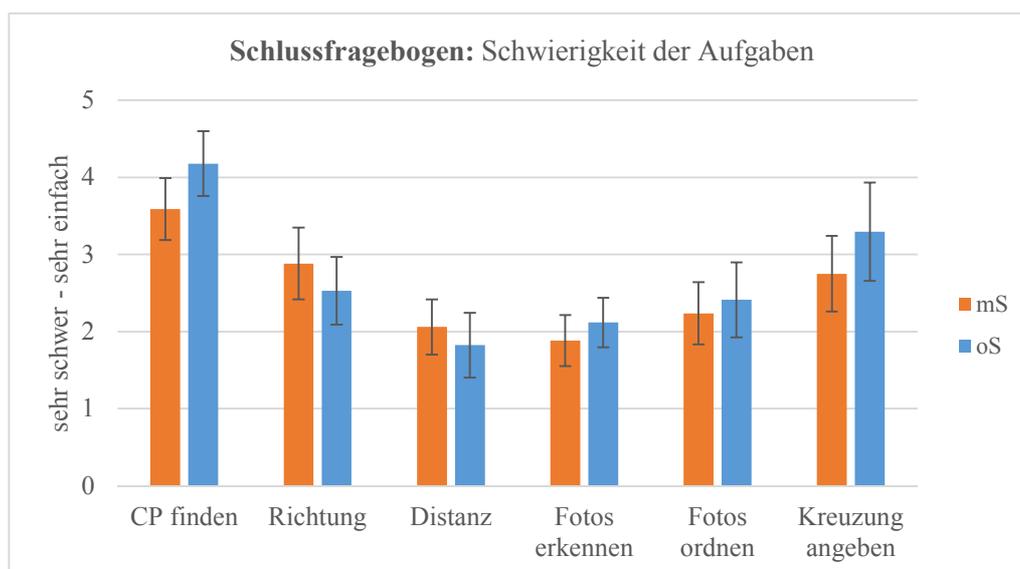


Abbildung 49: Schlussfragebogen Schwierigkeit der Aufgaben. Mittelwert  $\pm 2$  Standardfehler

Wie in Abbildung 49 zu erkennen ist, habe beide Gruppen die Navigationsaufgabe nicht als schwierig empfunden (mS: Mittelwert = 3.58, Standardfehler = 0.4; oS: Mittelwert = 4.17, Standardfehler = 0.42). Die Stress-Gruppe empfand die Aufgabe als leicht schwieriger. Das Schätzen der Richtung und der Distanz empfand die Stress-Gruppe als einfacher im Vergleich zur Kontrollgruppe (Richtung: mS: Mittelwert = 2.88, Standardfehler = 0.46; oS: Mittelwert = 2.53, Standardfehler = 0.44; Distanz: mS: Mittelwert = 2.06, Standardfehler = 0.36; oS: Mittelwert = 1.82, Standardfehler = 0.42).

Beim Erkennen und dem Ordnen der Fotos sowie beim Angeben der Richtungen bei einer Kreuzung findet man das gegenteilige Bild. Die Stress-Gruppe empfand diese Aufgaben als schwieriger als die Kontrollgruppe. Grundsätzlich kann man sagen, dass die Schätzung der Distanz und das Erkennen der Fotos als die schwierigsten Aufgaben empfunden wurden.

### 5.2.2 Vergleich der AdA mit hoher und tiefer räumlicher Denkfähigkeit

Im letzten Kapitel wurde auf die Unterschiede zwischen den Teilnehmenden mit Stresseinfluss und jenen ohne Stressinduktion eingegangen. Dabei haben sich differenzierte Resultate bei den Tests zur Wissensüberprüfung gezeigt. Ein Einflussfaktor, welcher bei Navigationsaufgaben und dem Aufbauen von Wissen bereits nachgewiesen wurde, ist die Fähigkeit räumlich zu denken (siehe Kap. 2.4). Im folgenden Kapitel wird deshalb untersucht, ob auch in dieser Studie ein Unterschied zwischen der Lernleistung der Personen mit hoher und jener mit tiefer räumlicher Denkfähigkeit erkennbar ist. Die räumliche Denkfähigkeit wird hierbei auch mit „RDF“ abgekürzt. Für diesen Vergleich wurden die 35 AdA gemäss ihrer räumlichen Denkfähigkeit in eine hohe RDF-Gruppe und eine tiefe RDF-Gruppe unterteilt. Die Einteilung erfolgte wie in Kapitel 5.1.5 beschrieben anhand des Resultats beim Test zur Orientierung (Hegarty & Waller, 2004). Es sei angemerkt, dass sowohl bei der hohen als auch bei der tiefen RDF-Gruppe die Hälfte der AdA die Navigationsaufgabe unter Stresseinfluss gelöst hat. Zuerst wird wieder eine Rangliste, basierend auf den Resultaten in allen Tests, präsentiert (Tab.5).

Tabelle 5: Rangliste aller Tests: RDF-Gruppen

<i>Rangplatz</i>	<i>RDF nach PTSOT- Resultat</i>	<i>UserID</i>	<i>Rangplatz</i>	<i>RDF nach PTSOT - Resultat</i>	<i>UserID</i>
1	hoch	50	19	tief	34
2	hoch	8	20	tief	19
3	hoch	13	21	hoch	6
4	hoch	29	22	hoch	25
5	hoch	15	23	tief	4
6	tief	31	24	hoch	7
7	hoch	2	25	tief	32
8	hoch	12	26	hoch	26
9	hoch	9	27	tief	16
10	tief	14	28	tief	28
11	hoch	5	29	tief	27
12	tief	11	30	tief	3
13	hoch	21	31	tief	17
14	tief	18	32	tief	30
15	hoch	10	33	tief	36
16	tief	20	34	hoch	1
17	hoch	22	35	tief	35
18	hoch	23			

Wie in Tabelle 5 erkennbar ist, befinden sich unter den ersten 18 Rängen mehrheitlich Personen mit hoher räumlicher Denkfähigkeit (13 von 18 AdA). Die AdA mit tiefer RDF belegen einen Grossteil der Rangplätze in der zweiten Tabellenhälfte (12 von 17 AdA). Somit vermute ich, dass – wie schon aus früheren Arbeiten bekannt ist (z.B. Johansson et al. (2013)) - auch in dieser Studie ein Unterschied

bezüglich der Lernleistung zwischen diesen beiden Gruppen zu beobachten ist. Es werden im Folgenden die Resultate jedes Tests zur Wissensüberprüfung einzeln auf einen möglichen Unterschied geprüft.

Wie eingangs erklärt, wird das Resultat des Tests zur Orientierung (Hegarty & Waller, 2004) in den folgenden Vergleichen als Kriterium für die Gruppenbildung „hohe RDF“ und „tiefe RDF“ verwendet und die Abbildungen zeigen das Resultat aufgrund dieses Kriteriums. Die Mittelwertvergleiche wurden aber auch mit den Resultaten des Fragebogens zur räumlichen Strategie (Münzer & Hölscher, 2011) und des Test zur Merkfähigkeit (Ekstrom et al., 1976) als Kriterium für die Gruppenbildung durchgeführt. Falls die Resultate des Vergleichs aufgrund dieser zwei Kriterien nicht erwähnt werden, entsprechen sie in der Tendenz den Resultaten des Vergleichs aufgrund der Resultate des Tests zur Orientierung als Gruppenbildungskriterium.

### ***Richtungsschätzung***

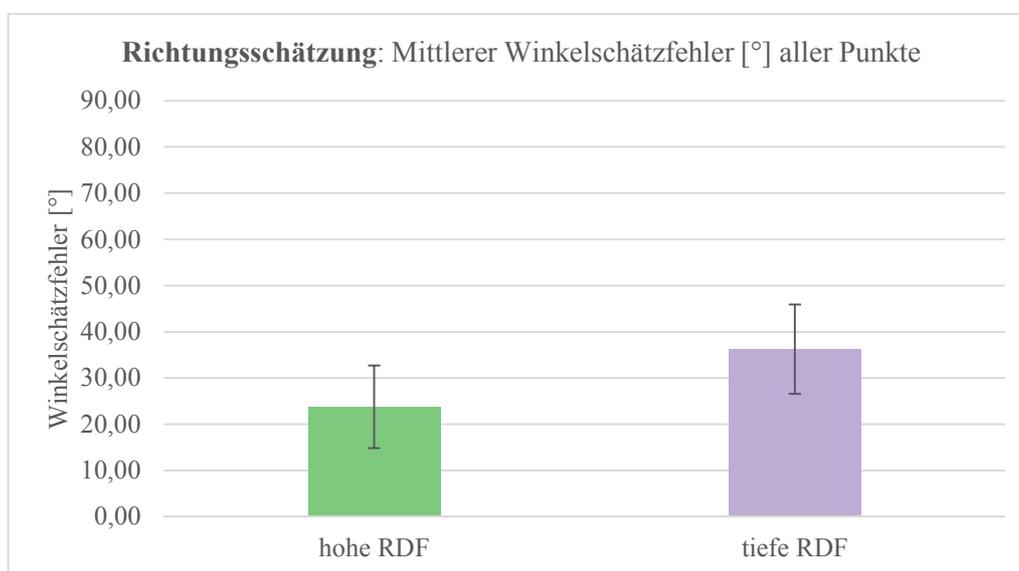


Abbildung 50: Richtungsschätzung Vergleich zwischen hoher und tiefer RDF. Mittelwert  $\pm$  2Standardfehler

Die Gruppe „hohe RDF“ hatte im Mittel von allen sechs Schätzungen einen Winkelschätzfehler von  $23.79^\circ$  (Standardfehler =  $4.5^\circ$ ). Die Gruppe „tiefe RDF“ hatte im Durchschnitt einen höheren Winkelschätzfehler mit  $36.25^\circ$  (Standardfehler =  $4.8^\circ$ ) (Abb. 50). Die AdA mit einer hohen räumlichen Denkfähigkeit haben also die Richtungen besser schätzen können als die AdA mit tiefer RDF.

Der unabhängige T-Test ergab knapp ( $p = 0.067$ ) kein signifikantes Resultat ( $T = -1.896$ ,  $df=33$ ,  $p > 0.05$ ). Benutzt man aber das Resultat des „Fragebogens zur räumlichen Strategie“ (Münzer & Hölscher, 2011) für die Aufteilung der AdA in hohe und tiefe räumliche Denkfähigkeit, dann zeigt sich, dass die AdA mit hoher RDF die Richtungen signifikant besser geschätzt haben ( $T = -2.391$ ,  $df = 28.240$ ,  $p < 0.05$ ).

**Distanzschätzung**

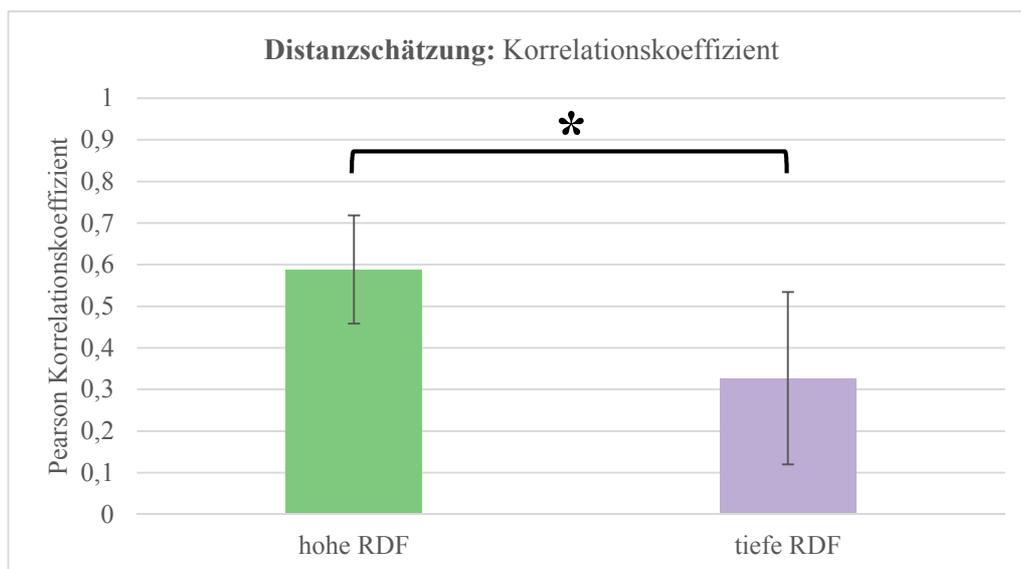


Abbildung 51: Mittelwert der Korrelation der Distanzen, Vergleich zwischen hohe und tiefe RDF. Mittelwert  $\pm 2$  Standardfehler

Wie sich in Abbildung 51 erkennen lässt, hat die Gruppe „hohe RDF“ einen deutlich höheren mittleren Korrelationskoeffizienten (Mittelwert = 0.588, Standardfehler = 0.065) als die Gruppe „tiefe RDF“ (Mittelwert = 0.0.327, Standardfehler = 0.104). Und dieser Unterschied ist auch signifikant ( $T = 2.135$ ,  $df = 27.154$ ,  $p < 0.05$ ).

**MMR**

Nachdem festgehalten wurde, dass die Ada mit hoher Fähigkeit räumlich zu denken beim Schätzen der Richtung sowie der Distanzen signifikant besser waren, wird dieses Resultat nun auch beim Vergleich ihrer mentalen Karte erwartet.

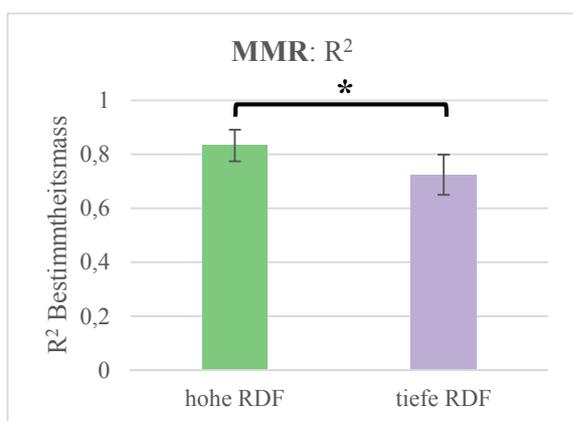


Abbildung 52: MMR R<sup>2</sup> Bestimmtheitsmass RDF-Gruppen. Mittelwert  $\pm 2$  Standardfehler

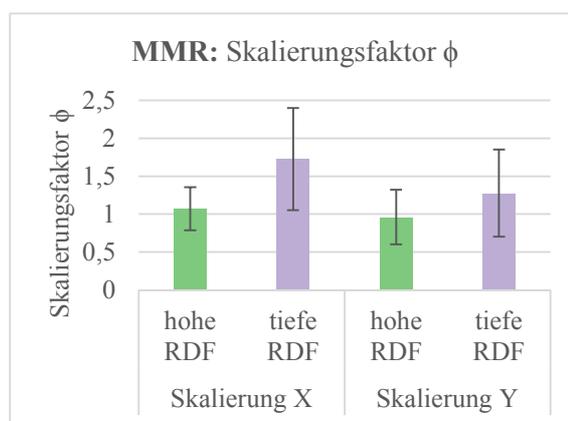


Abbildung 53: MMR Skalierungsfaktor,  $\phi < 1$  Schrumpfung,  $\phi > 1$  Ausdehnung. Mittelwert  $\pm 2$  Standardfehler

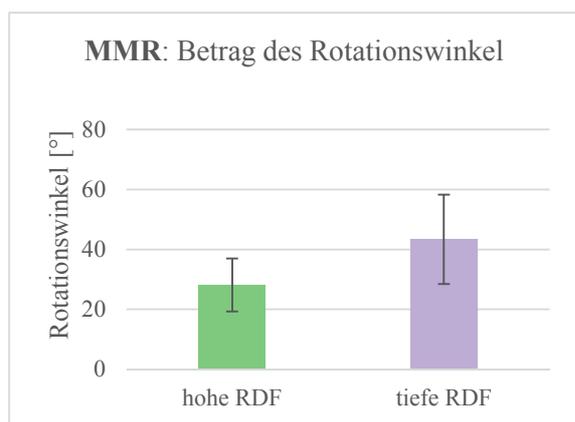


Abbildung 54: MMR Betrag des Rotationswinkel der RDF-Gruppen. Mittelwert  $\pm$  2 Standardfehler

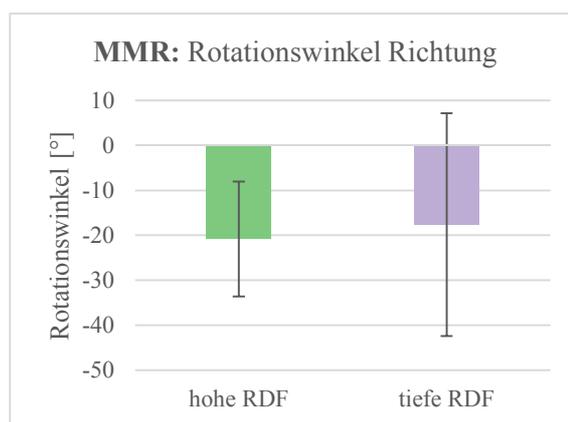


Abbildung 55: MMR Rotationswinkel Richtung. Mittelwert  $\pm$  2 Standardfehler

Es widerspiegeln sich die Resultate der Richtungs- und Distanzschätzung: Das  $R^2$  der Gruppe „hohe RDF“ (Mittelwert = 0.833, Standardfehler = 0.029) ist höher als jenes der „tiefen RDF“ (Mittelwert = 0.725, Standardfehler = 0.037) (Abb.52). Dieser Unterschied erreicht statistische Signifikanz ( $T=2.288$ ,  $df=33$ ,  $p < 0.05$ ). Das Modell der mentalen Karte der Gruppe „hohe RDF“ erklärt signifikant mehr von der Gesamtvarianz als jenes der Gruppe „tiefe RDF“.

Einen weiteren Unterschied finden wir bei den beiden Skalierungsfaktoren in X- und Y- Richtung ein Unterschied feststellen (Abb. 53). In beiden Fällen sind die Skalierungsfaktoren der Gruppe „hohe RDF“ nahe bei 1.0 = keine Skalierung (Skalierung X: Mittelwert = 1.07, Standardfehler = 0.142; Skalierung Y: Mittelwert = 0.96, Standardfehler = 0.18). Bei der tiefen RDF Gruppe ist in beide Richtungen eine Ausdehnung notwendig (Skalierung X: Mittelwert = 1.724, Standardfehler = 0.337; Skalierung Y: Mittelwert = 1.277, Standardfehler = 0.287). Bezüglich des Masstabes sind die mentalen Karten der „hohen RDF“ Gruppe näher an der realen Konfiguration, jedoch sind die Unterschiede nicht signifikant (Skalierung X:  $T = -1.788$ ,  $df=21.554$ ,  $p > 0.05$ ; Skalierung Y:  $T = -0.948$ ,  $df=33$ ,  $p > 0.05$ ).

Ebenso ist der Betrag des Rotationswinkels der Gruppe „hohe RDF“ (Mittelwert:  $28.16^\circ$ , Standardfehler:  $4.42^\circ$ ) kleiner als jener der tiefen RDF-Gruppe (Mittelwert =  $43.35^\circ$ , Standardfehler =  $7.43^\circ$ )(Abb.54). Dieser Unterschied ist aber nicht signifikant ( $T= -1.782$ ,  $df=33$ ,  $p > 0.05$ ). Wenn man die Richtung der Abweichung betrachtet (Abb. 55), erkennt man, dass für die hohe RDF-Gruppe die reale Karte im Gegenuhrzeigersinn gedreht werden müsste (Mittelwert =  $-20.8^\circ$ , Standardfehler =  $6.38^\circ$ ). Dies ist auch bei der tiefen RDF-Gruppe der Fall, jedoch gibt es hier eine breitere Streuung der Werte und somit auch der Fälle, in denen die Karte im Uhrzeigersinn gedreht werden müsste (Mittelwert =  $-17.61^\circ$ , Standardfehler =  $12.38^\circ$ ).

## Fotoaufgabe

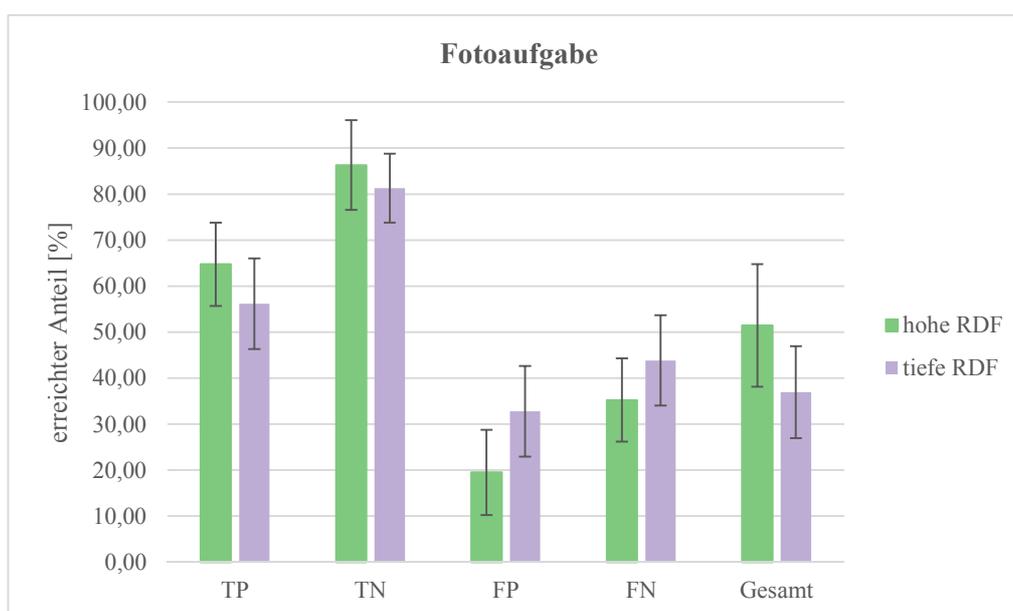


Abbildung 56: Resultat der Fotoaufgabe. Mittelwert  $\pm 2$  Standardfehler

Wie in Abbildung 56 zu erkennen ist, erreicht die Gruppe „hohe RDF“ (Mittelwert = 51.44%, Standardfehler = 6.63%) auch in diesem Test gesamthaft mehr Punkte als die AdA mit tiefer RDF (Mittelwert = 36.94%, Standardfehler = 5.0%). Und auch beim Betrachter der weiteren vier Variablen schneiden die AdA mit hoher räumlicher Denkfähigkeit überall besser ab. Die statistischen Tests haben aber gezeigt, dass diese Unterschiede nicht signifikant sind (TP:  $T = 1.284$ ,  $df = 33$ ,  $p > 0.05$ ; TN:  $T = 0.807$ ,  $df = 33$ ,  $p > 0.05$ ; FP:  $T = -1.964$ ,  $df = 33$ ,  $p > 0.05$ ; FN:  $T = -1.284$ ,  $df = 33$ ,  $p > 0.05$ ; Gesamt:  $T = 1.729$ ,  $df = 33$ ,  $p > 0.05$ ).

### Fazit zur Wissensüberprüfung: Vergleich der AdA hoher und tiefer RDF

Die Analyse der einzelnen Wissenstests in Bezug auf die Fähigkeit der AdA räumlich zu denken, hat ein klares Resultat gezeigt. In allen Tests waren die AdA mit einer hohen räumlichen Denkfähigkeit besser (bei Richtungs- und Distanzschätzung sowie  $R^2$  signifikant) und haben somit ein besseres räumliches Wissen über die Testumgebung aufgebaut. Wiederum wird geprüft, ob Unterschiede im Verhalten erkennbar sind. Auf die Stresslevel-Messung wird jedoch verzichtet, da beide Gruppen je zur Hälfte aus AdA bestehen, die die Navigationsaufgabe unter Stresseinfluss lösten. Die Aussagekraft dieses Vergleichs wäre gering, da der durchschnittliche Wert einer Gruppe aus AdA mit unterschiedlichen Experimentkonditionen entstanden ist.

**Interaktionen mit der digitalen Karte**

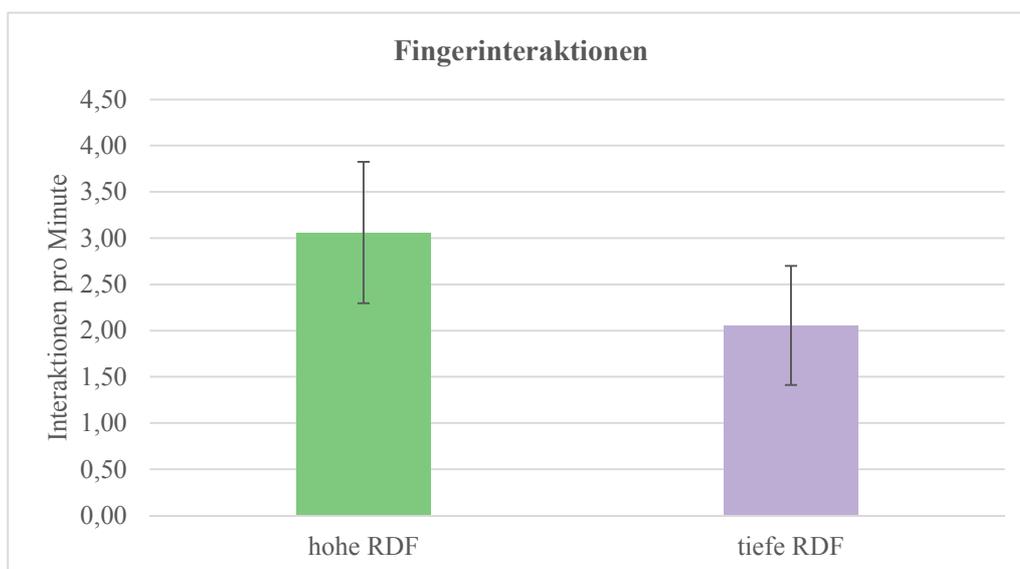


Abbildung 57: Fingerinteraktionen mit der Karte RDF. Mittelwert  $\pm 2$  Standardfehler

Wie dies bereits beim Vergleich zwischen den beiden Experimentgruppen praktiziert wurde, wird auch hier beim Vergleich der beiden RDF Gruppen untersucht, ob es Unterschiede bezüglich dem Verhalten während der Lernphase gibt. Zuerst wird dabei auf die Anzahl Interaktionen mit der Karte pro Minute eingegangen. Wie Abbildung 57 zeigt, haben die AdA mit einer hohen Fähigkeit räumlich zu denken, im Schnitt eine Interaktion pro Minute mehr gemacht (hohe RDF: Mittelwert = 3.06, Standardfehler = 0.38; tiefe RDF: Mittelwert = 2.06, Standardfehler = 0.32). Dieser Unterschied ist gross, jedoch mit einem p-Wert von 0.054 knapp nicht signifikant ( $T= 1.997$ ,  $df = 33$ ,  $p > 0.05$ ).

**MET**

Die Fingerinteraktionen zeigten also einen Unterschied zwischen den RDF-Gruppen in Bezug auf die Nutzung der Karten. Nun wird untersucht, ob dieser Unterschied auch in der stichprobenweisen Analyse der Blickinteraktion bestätigt wird. In Tabelle 6 sind die entsprechenden Werte dazu aufgelistet.

Tabelle 6: Blickinteraktionen RDF-Gruppen

<b>ID</b>	<b>RDF</b>	<b>Anzahl Blicke</b>	<b>Gesamte Blickdauer auf die Karte [min:sek]</b>	<b>Gesamtdauer Navigationsaufgabe [min:sek]</b>	<b>Normalisierte gesamte Blickdauer [%]</b>
6	hoch	290	03:53	16:59	29,75
15	hoch	518	05:06	13:30	22,49
21	hoch	136	03:30	18:12	24,27
50	hoch	180	04:15	17:32	19,20
18	tief	156	03:32	15:43	28,78
19	tief	150	05:16	17:42	30,00
35	tief	153	03:11	19:24	16,43

Erkennbar ist, dass die AdA mit einer tiefen räumlichen Fähigkeit in dieser Stichprobe tendenziell weniger Blickinteraktionen getätigt haben. In Bezug auf die Blickdauer findet man jedoch keinen Unterschied. Die AdA mit tiefer räumlicher Fähigkeit haben also weniger, dafür länger auf die Karte geachtet. Die normalisierte Blickdauer zeigt ebenfalls keine klaren Unterschiede.

### 5.2.3 Vergleich des Stresseinflusses auf AdA mit hoher und jener mit tiefer RDF

Im letzten Kapitel wurde aufgezeigt, dass die AdA mit einer hohen Fähigkeit räumlich zu denken ein besseres Wissen über die Umgebung aufgebaut haben. Während die Unterschiede bei der Richtungs- und Distanzschätzung sowie beim  $R^2$  der Modellierung der mentalen Karte signifikant waren, wurden bei der Richtung des Rotationswinkels der mentalen Karte (MMR), beim Skalierungsfaktor sowie bei der Fotoaufgabe keine signifikanten Unterschiede festgestellt. Vor allem die Richtung des Rotationswinkels war bei beiden RDF-Gruppen im Mittel die Gleiche: Im Gegenuhrzeigersinn. Beim Vergleich der Stress-Gruppe mit der Kontrollgruppe wurde nur innerhalb der Stress-Gruppe eine einheitliche Drehung im Gegenuhrzeigersinn festgestellt. Um die nicht signifikanten Unterschiede beim Vergleich der RDF-Gruppen genauer zu untersuchen, wird die Analyse verfeinert. Im Folgenden werden die AdA nach ihrer Experimentgruppenzugehörigkeit (mS/oS) und ihrer räumlichen Denkfähigkeit (hoch/tief; Kriterium: Test zur Orientierung (Hegarty & Waller, 2004)) aufgeteilt und somit die AdA mit hoher RDF unter Stress mit den AdA mit hoher RDF ohne Stress verglichen. Analog dazu der Vergleich innerhalb der AdA mit tiefer RDF. Aufgrund der zweifachen Aufteilung handelt es sich um einen Vergleich von sehr kleinen Gruppen (hohe RDF mS = 9 AdA; hohe RDF oS = 9 AdA; tiefe RDF mS = 9 AdA; tiefe RDF oS = 8 AdA). Wiederum wird zuerst die Gesamtrangliste betrachtet (Tab.7).

Tabelle 7: Rangliste aller Tests: Aufgeteilt nach Experimentgruppe und RDF-Gruppe

<i>Rangplatz</i>	<i>Experimentgruppe</i>	<i>RDF-Gruppe</i>	<i>ID</i>
1	oS	hoch	50
2	oS	hoch	8
3	mS	hoch	13
4	mS	hoch	29
5	mS	hoch	15
6	oS	tief	31
7	oS	hoch	2
8	oS	hoch	12
9	oS	hoch	9
10	mS	tief	14
11	oS	hoch	5
12	oS	tief	11
13	oS	hoch	21
14	mS	tief	18
15	mS	hoch	10
16	oS	tief	20
17	oS	hoch	22
18	mS	hoch	23
19	mS	tief	34
20	mS	tief	19
21	mS	hoch	6
22	mS	hoch	25
23	oS	tief	4
24	oS	hoch	7
25	mS	tief	32
26	mS	hoch	26
27	oS	tief	16
28	mS	tief	28
29	oS	tief	27
30	mS	tief	3
31	mS	tief	17
32	mS	tief	30
33	oS	tief	36
34	mS	hoch	1
35	oS	tief	35

Tabelle 7 zeigt, dass die Stressinduktion auf AdA mit hoher RDF eine leicht andere Wirkung hat als auf die AdA mit tiefer RDF. Wenn man nur die beiden Gruppen (mS und oS) der „hohe RDF“ betrachtet, sieht man, dass in dieser RDF-Gruppe die AdA ohne Stress (mittlerer Rang = 10.2) tendenziell einen besseren Rangplatz erreicht haben als jene mit Stress (mittlerer Rang = 16.4). Bei der Gruppe mit tiefer RDF hingegen ist der Unterschied nicht so deutlich: Die AdA mit Stress erreichten einen mittleren Rang von 23.2 und jene ohne Stress 22.6. Wie man also sieht, haben die gestressten AdA der hohen RDF-Gruppe in den Wissenstests schlechter abgeschnitten, währendem bei der tiefen RDF-Gruppe kein grosser Unterschied zwischen den AdA unter Stress und jenen ohne Stress erkennbar ist. Dies lässt die Vermutung zu, dass eine Stressinduktion während der Lernphase einen unterschiedlichen Einfluss hat, je nachdem wie gut die bereits vorhandene Fähigkeit des AdA ist, räumlich zu denken.

Neben den Mittelwertvergleichen hohe RDF mS mit hohe RDF oS und tiefe RDF mS mit tiefe RDF oS wurde jeweils auch noch eine mehrfaktorielle Varianzanalyse durchgeführt, um den Einfluss der beiden unabhängigen Variablen (räumliche Denkfähigkeit und Stress) auf die abhängige Variable (Resultat des Wissenstest) zu testen und Wechselwirkungen der unabhängigen Variable herauszufinden<sup>21</sup>.

### **Richtungsschätzung**

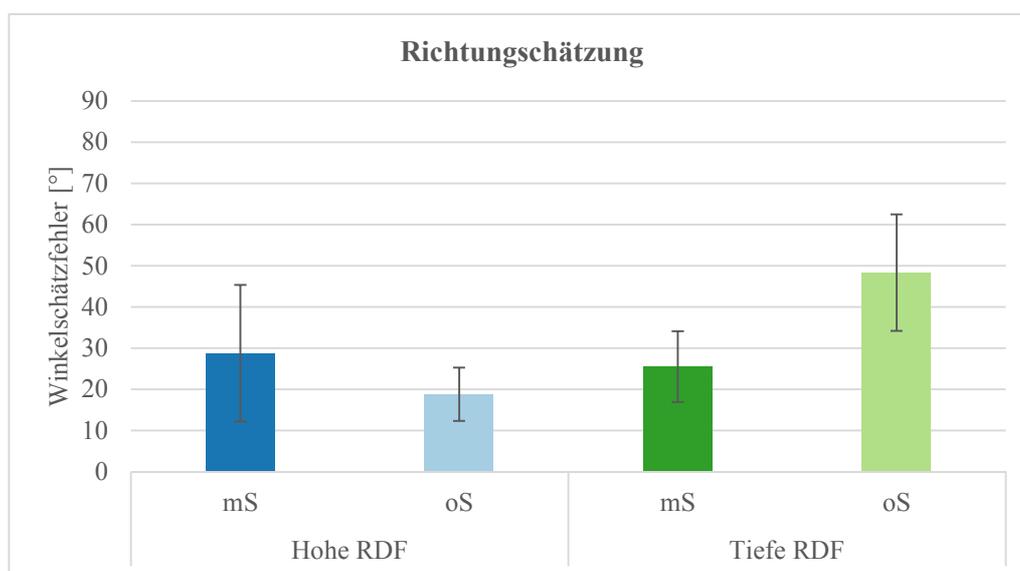


Abbildung 58: Richtungsschätzung aufgeteilt nach RDF- und Experimentgruppen. Mittelwert  $\pm 2$  Standardfehler

Wie in der Abbildung 58 zu erkennen ist, gibt es bei den beiden RDF-Gruppen Unterschiede bezüglich der Stressinduktion. Bei der Gruppe „hohe RDF“ haben die AdA der Kontrollgruppe (oS) im Durchschnitt einen kleineren Winkelschätzfehler (Mittelwert =  $18.81^\circ$ , Standardfehler =  $3.25^\circ$ ) als die AdA der Stress-Gruppe (mS) (Mittelwert =  $28.77^\circ$ , Standardfehler =  $8.28^\circ$ ). Bei der Gruppe „tiefe RDF“ ist

<sup>21</sup> Universität Zürich (2010). „<http://www.methodenberatung.uzh.ch/datenanalyse/unterschiede/zentral/mvarianz.html>“, letzter Zugriff: 15.09.2015

genau das Gegenteil erkennbar: Die AdA der Kontrollgruppe haben einen deutlich höheren mittleren Winkelschätzfehler (Mittelwert =  $48.33^\circ$ , Standardfehler =  $7.08^\circ$ ) als die AdA der Stress-Gruppe (Mittelwert =  $25.51^\circ$ , Standardfehler =  $4.3^\circ$ ).

Währendem der Unterschied bei der Gruppe „hohe RDF“ zwischen Kontroll- und Stress-Gruppe nicht signifikant ist ( $T = -1.117$ ,  $df = 16$ ,  $p > 0.05$ ), erreicht der Unterschied bei der „tiefen RDF“ Gruppe statistische Signifikanz ( $T = 2.827$ ,  $df = 15$ ,  $p < 0.05$ ).

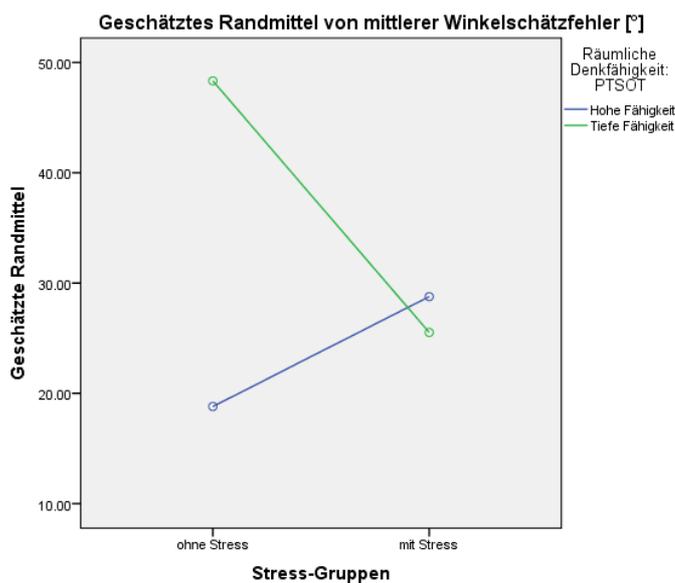


Abbildung 59: Mehrfaktorielle Varianzanalyse Richtungsschätzung.

Die mehrfaktorielle Varianzanalyse hat ergeben, dass Stress alleine nicht einen entscheidenden Einfluss auf das Ergebnis bei der Richtungsschätzung hat ( $F(1, 35) = 1.137$ ,  $p > 0.05$ ). Die Fähigkeit räumlich zu denken hat jedoch einen Einfluss auf das Schätzen von Richtungen ( $F(1,35) = 4.753$ ,  $p < 0.05$ ). Werden die beiden unabhängigen Variablen nun zusammen betrachtet, lässt sich feststellen, dass in diesem Test die Interaktion der beiden Variablen einen Einfluss hat ( $F(1, 35) = 7.395$ ,  $p < 0.05$ ). Die AdA mit hoher RDF und unter Stress schätzten die Richtungen zu den besuchten Punkten während der Navigationsaufgabe schlechter als jene AdA mit hoher RDF ohne Stress. Bei den AdA mit tiefer RDF ist der Effekt gegenteilig: Die AdA der Stress-Gruppe schätzten die Richtungen besser ein als jene der Kontrollgruppe. Dieser Interaktionseffekt ist auch in Abbildung 59 zu erkennen.

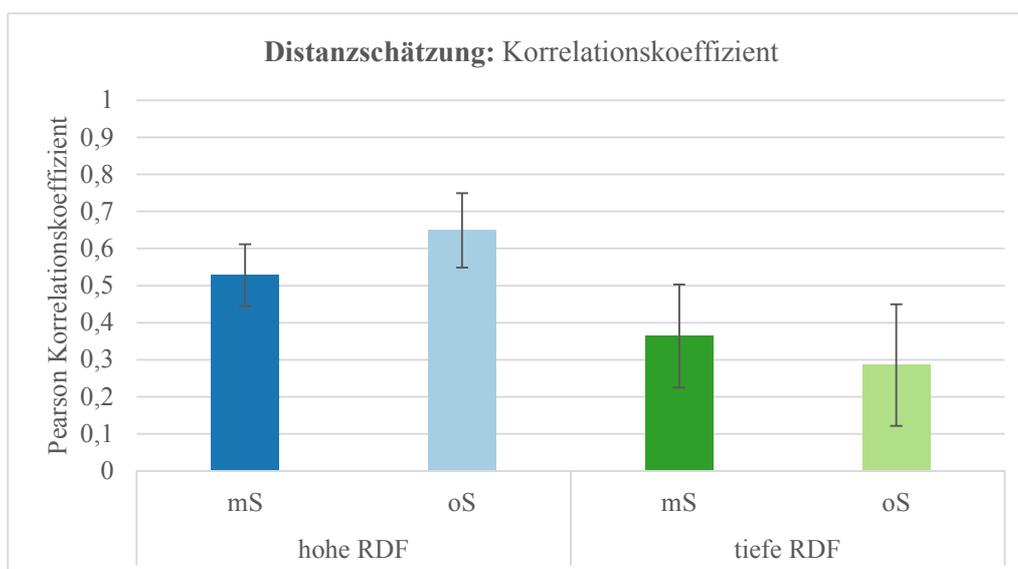
**Distanzschätzung**

Abbildung 60: Distanzschätzung aufgeteilt nach RDF- und Experimentgruppen. Mittelwert  $\pm$  1 Standardfehler

In der Gruppe „hohe RDF“ erreichten die AdA der Kontrollgruppe im Durchschnitt einen höheren und somit besseren Korrelationskoeffizienten (Mittelwert = 0.649, Standardfehler = 0.101) als die AdA der Stress-Gruppe (Mittelwert = 0.528, Standardfehler = 0.083) (Abb. 60). Bei der Gruppe „tiefe RDF“ ist wieder das Gegenteil der Fall: Die AdA unter Stress haben im Mittel einen höheren Korrelationskoeffizienten der Distanzen (Mittelwert = 0.364, Standardfehler = 0.139) als die AdA der Kontrollgruppe (Mittelwert = 0.286, Standardfehler = 0.164).

Wie schon bei der Richtungsschätzung zeigt sich, dass bei der Gruppe mit „hoher RDF“ die AdA der Stress-Gruppe im Vergleich zu den AdA der Kontrollgruppe schlechter sind, während bei der Gruppe „tiefe RDF“ die AdA der Stress-Gruppe besser sind als jene der Kontrollgruppe. Beide Unterschiede sind aber nicht statistisch signifikant („hohe RDF“:  $T = 0.927$ ,  $df = 16$ ,  $p > 0.05$ ; „tiefe RDF“:  $T = -0.367$ ,  $df = 15$ ,  $p > 0.05$ ).

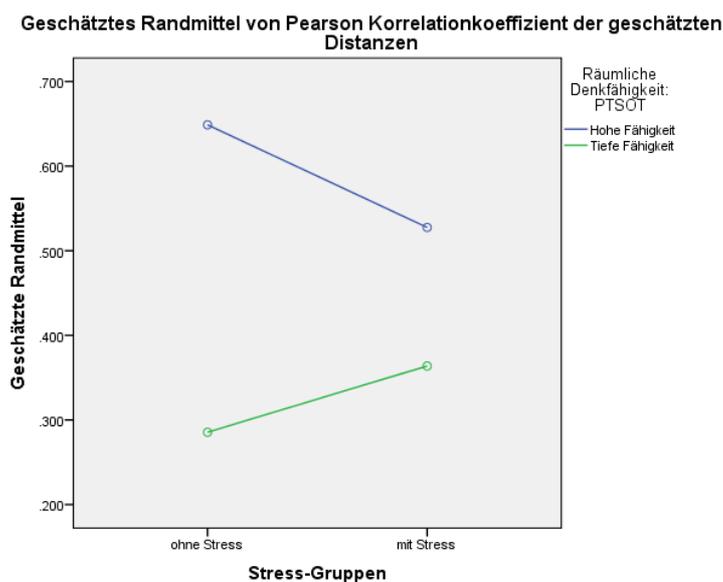


Abbildung 61: Mehrfaktorielle Varianzanalyse Distanzschätzung.

Im Falle der Distanzschätzung ergab die Varianzanalyse, dass Stress alleine keinen Einfluss auf das Ergebnis hat ( $F(1,35) = 0.03, p > 0.05$ ). Je höher die räumliche Denkfähigkeit einer Testperson ist, desto besser kann diese die Distanzen schätzen. Dieser Einfluss ist signifikant ( $F(1,35) = 4.556, p < 0.05$ ). Im Gegensatz zur Richtungsschätzung sind in diesem Test keine Interaktionseffekte beobachtbar ( $F(1,35) = 0.653, p < 0.05$ ). Wenn man aber die Abbildung 61 betrachtet, erkennt man die leichte Tendenz, dass die AdA mit hoher RDF unter Stress die Distanzen schlechter schätzten als die AdA mit tiefer RDF unter Stress.

**MMR**

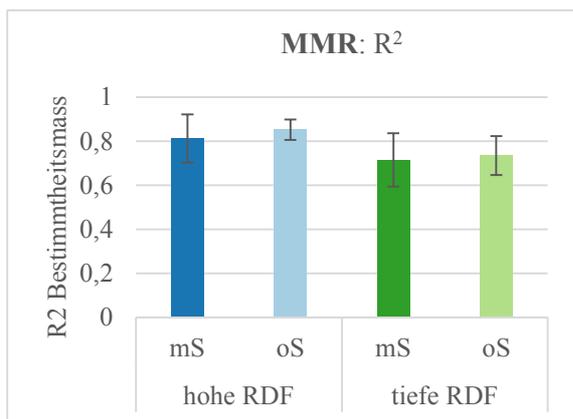


Abbildung 62: MMR R<sup>2</sup> nach RDF- und Experimentgruppen. Mittelwert ±2 Standardfehler

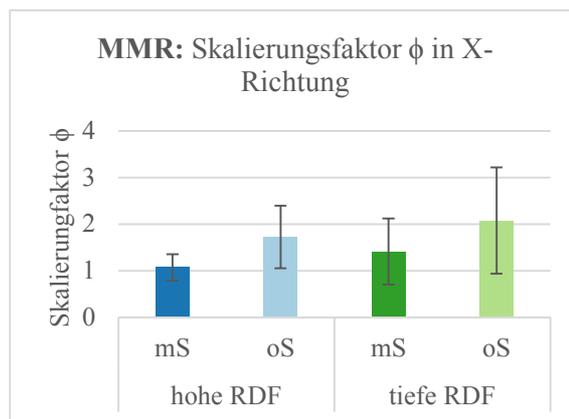


Abbildung 63: MMR Skalierungsfaktor  $\phi$  für X nach RDF- und Experimentgruppen. Mittelwert ± 2 Standardfehler

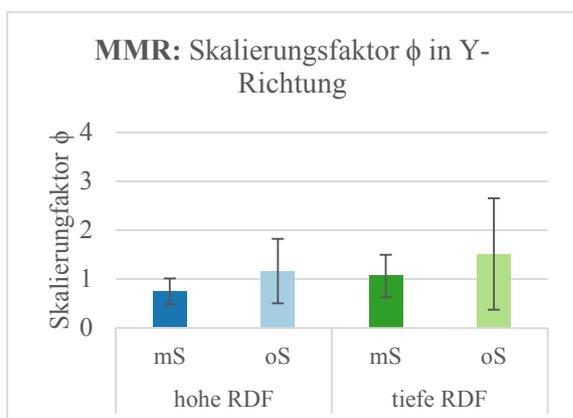


Abbildung 64: MMR Skalierungsfaktor  $\phi$  für Y nach RDF- und Experimentgruppen. Mittelwert ±2 Standardfehler

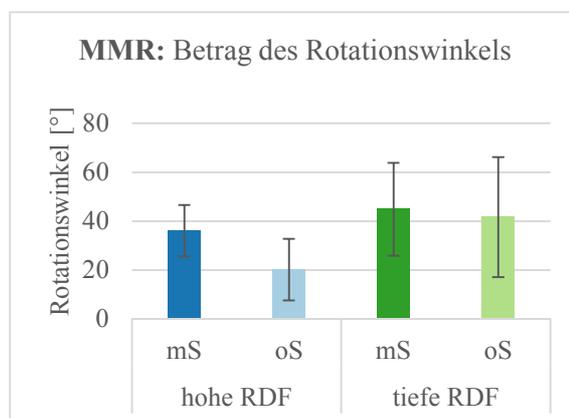


Abbildung 65: MMR Betrag des Rotationswinkels nach RDF- und Experimentgruppen. Mittelwert ± 2 Standardfehler

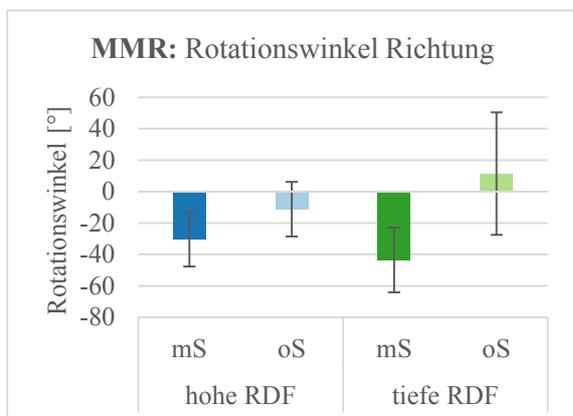


Abbildung 66: MMR Rotationswinkel Richtung nach RDF- und Experimentgruppen. Mittelwert 2 Standardfehler

Bei der Gruppe „hohe RDF“ ist zwischen den AdA der Stress-Gruppe und jenen der Kontrollgruppe kein grosser Unterschied bezüglich dem  $R^2$ -Wert erkennbar (Abb.62). Beide Gruppen haben einen relativ hohen Wert erreicht, wobei der Wert der Kontrollgruppe leicht höher ist (mS: Mittelwert = 0.812, Standardfehler = 0.055; oS: Mittelwert = 0.853, Standardfehler = 0.023). Das gleiche Resultat findet man bei der Gruppe „tiefe RDF“. Auch hier ist der  $R^2$ -Wert bei der Kontrollgruppe leicht höher (mS: Mittelwert = 0.715, Standardfehler = 0.061; oS: Mittelwert = 0.735, Standardfehler = 0.045). In beiden Fällen ist der Unterschied aber nicht signifikant (hohe RDF:  $T = 0.676$ ,  $df=16$ ,  $p > 0.05$ ; tiefe RDF:  $T = 0.257$ ,  $df = 15$ ,  $p > 0.05$ ).

Bezüglich dem Skalierungsfaktor in X- und Y-Richtung wiederholen sich die Resultate des ersten Vergleichs der Stress-Gruppe mit der Kontrollgruppe: Die AdA der Stress-Gruppe haben in beiden Gruppen (hohe und tiefe RDF) einen kleineren Skalierungsfaktor bzw. sie sind näher bei 1 sprich keine Skalierung (Abb. 63 und Abb. 64). In allen Fällen ist der Unterschied aber nicht signifikant.

In Bezug auf den Rotationswinkel haben in der Gruppe „hohe RDF“ die AdA der Kontrollgruppe im Mittel einen besseren Wert erreicht (Mittelwert =  $20.23^\circ$ , Standardfehler =  $6.3^\circ$ ) als jene der Stress-Gruppe (Mittelwert =  $36.1^\circ$ , Standardfehler =  $5.25^\circ$ ) (Abb. 65). Die mentale Karte der AdA der Kontrollgruppe hat in Bezug auf die Orientierung im Durchschnitt weniger abgewichen als jene der Stress-Gruppe. Bei der Gruppe „tiefe RDF“ sieht man das gleiche Bild: Die AdA der Kontrollgruppe haben im Durchschnitt einen kleineren und somit besseren Rotationswinkel (Mittelwert =  $41.66^\circ$ , Standardfehler =  $12.28^\circ$ ) als die AdA der Stress-Gruppe (Mittelwert =  $44.86^\circ$ , Standardfehler =  $9.53^\circ$ ). Jedoch ist der Unterschied kleiner als bei der Gruppe „hohe RDF“. In beiden Fällen ist der Unterschied nicht signifikant („hohe RDF“:  $T = -1.935$ ,  $df = 16$ ,  $p > 0.05$ ; „tiefe RDF“:  $T = -0.208$ ,  $df = 15$ ,  $p > 0.05$ ).

Bei genauerer Betrachtung der Richtung der Abweichung (Abb. 66), zeigt sich auch hier eine Bestätigung des Resultats des Vergleichs Stress-Gruppe mit Kontrollgruppe. Die AdA unter Stress haben in beiden Gruppen jeweils stark negative Werte (hohe RDF mS: Mittelwert =  $-30.36^\circ$ , Standardfehler =  $8.6^\circ$ ; tiefe RDF mS: Mittelwert =  $-43.45^\circ$ , Standardfehler =  $10.30^\circ$ ), was bedeutet, dass eine Drehung der realen Karte im Gegenuhrzeigersinn notwendig wäre, um sie der mentalen Karte anzupassen.

Eine mehrfaktorielle Varianzanalyse, welche für die Untersuchung des Einflusses von Stress und der räumlichen Denkfähigkeit nötig wäre, ist nur im Falle des  $R^2$  möglich. Bei den anderen Variablen ist die Voraussetzung der Varianzhomogenität nicht gegeben.

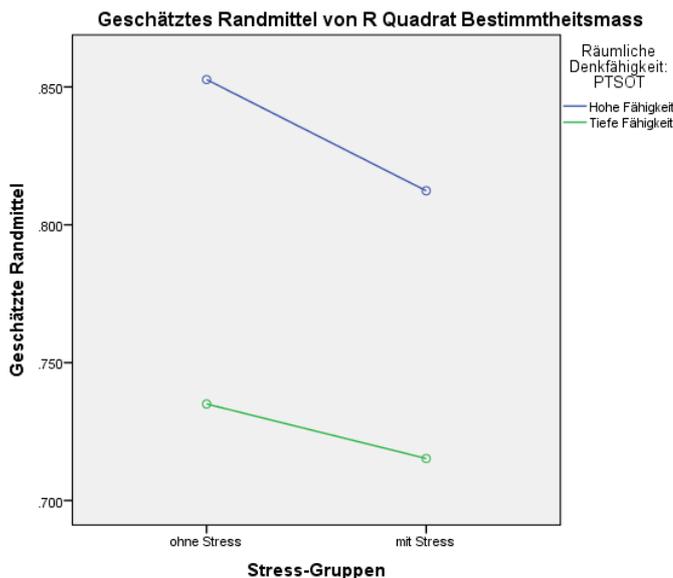


Abbildung 67: Mehrfaktorielle Varianzanalyse MMR R<sup>2</sup>.

Es kann festgestellt werden, dass Stress alleine keinen Einfluss auf das Ergebnis des R<sup>2</sup> hat ( $F(1,35) = 0.386, p > 0.05$ ) Die räumliche Denkfähigkeit hingegen hat einen signifikanten Einfluss ( $F(1,35) = 4.925, p < 0.05$ ). Die Modelle der mentalen Karte der AdA mit hoher RDF erreichen im Schnitt einen höheren R<sup>2</sup>-Wert als jene der AdA mit tiefer RDF. Interaktionseffekte können aber nicht beobachtet werden, wie dies auch in Abb. 67 zu erkennen ist.

### Fotoaufgabe

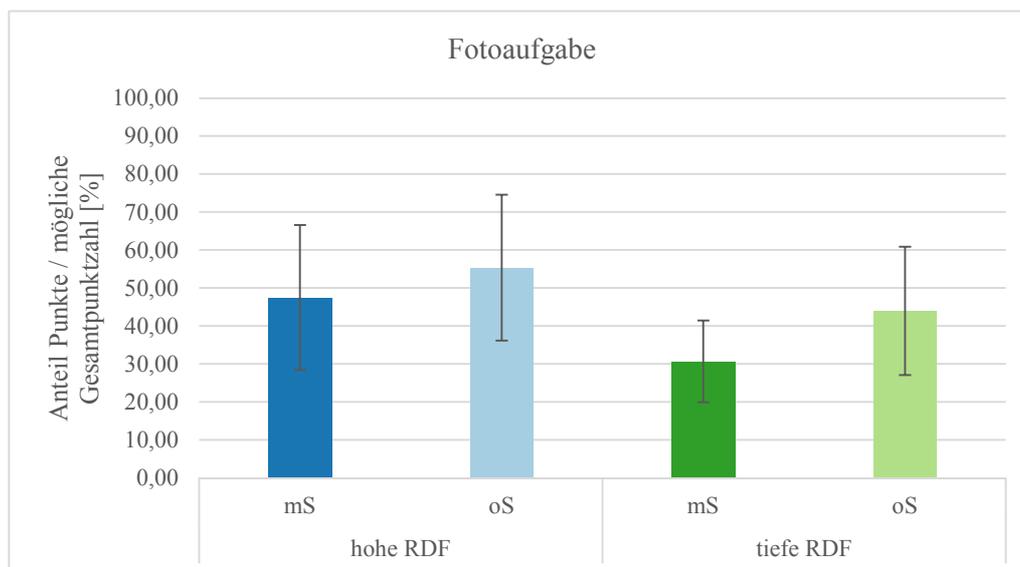


Abbildung 68: Fotoaufgabe aufgeteilt nach RDF- und Experimentgruppen. Mittelwert ±2 Standardfehler

Bei der Gruppe „hohe RDF“ haben die AdA der Kontrollgruppe prozentual leicht mehr Punkte erreicht (Mittelwert = 55.37%, Standardfehler = 9.6%) als die AdA der Stress-Gruppe (Mittelwert = 47.51%, Standardfehler = 9.54%) (Abb. 68). Das gleiche Resultat ergibt sich, wenn man die Gruppe

„tiefe RDF“ betrachtet. In dieser Gruppe jedoch waren die AdA der Kontrollgruppe (Mittelwert = 43.97%, Standardfehler = 8.45%) deutlich besser als die AdA der Stress-Gruppe (Mittelwert = 30.7%, Standardfehler = 5.37%).

Der Unterschied bei der Gruppe „hohe RDF“ ist nicht signifikant ( $T = 0.580$ ,  $df = 16$ ,  $p > 0.05$ ). Die Differenz bei der „tiefen RDF“-Gruppe erreicht ebenfalls keine statistische Signifikanz ( $T = 1.357$ ,  $df = 15$ ,  $p > 0.05$ ). In beiden Fällen waren also die AdA, welche während der Lernphase keine Stressinduktion bekommen haben, besser.

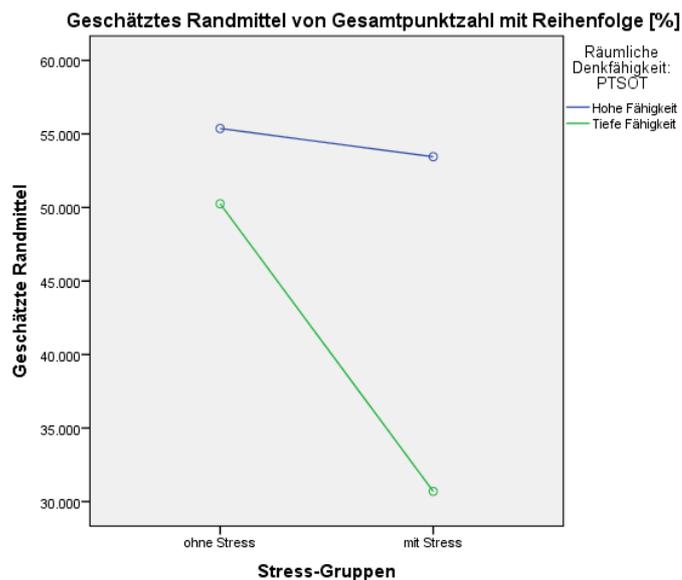


Abbildung 69: Mehrfaktorielle Varianzanalyse Fotoaufgabe.

Bei der Fotoaufgabe erkennt man in der mehrfaktoriellen Varianzanalyse, dass weder Stress ( $F(1,35) = 1.88$ ,  $p > 0.05$ ) noch die räumliche Denkfähigkeit ( $F(1,35) = 3.167$ ,  $p > 0.05$ ) einen Einfluss auf das Ergebnis haben. Ebenfalls ist kein Interaktionseffekt feststellbar ( $F(1,35) = 1.269$ ,  $p > 0.05$ ) (Abb. 69).

### ***Fazit zur Wissensüberprüfung: Stresseinfluss auf AdA mit hoher und jener mit tiefer RDF***

Wie vorangehend erwähnt, finden wir bei der Richtungs- und der Distanzschätzung das gleiche Muster: Währendem bei der hohen RDF-Gruppe die AdA unter Stress schlechter sind als jene ohne Stress, erreichen bei der tiefen RDF-Gruppe die AdA mit Stress ein besseres Ergebnis. Die Varianzanalyse hat gezeigt, dass es bei der Richtungsschätzung einen Interaktionseffekt zwischen Stress und räumlicher Denkfähigkeit gibt und dass bei der Distanzschätzung eine Tendenz dazu sichtbar ist. Dieses Muster widerspiegelt sich aber bei der Modellierung ihrer mentalen Karte nicht mehr. Die „mentalen Karten“ der gestressten AdA sind in beiden Fällen (RDF-Gruppen) schlechter als jene der AdA ohne Stress. Und dies ist auch bei der Fotoaufgabe der Fall: Die AdA der Stress-Gruppe sind jeweils schlechter als die AdA der Kontrollgruppe, wenn man dies innerhalb der RDF-Gruppen vergleicht.

Als nächstes wird wieder auf die Verhaltensdaten eingegangen, beginnend mit den gemachten Fingerinteraktionen während der Lernphase.

### Fingerinteraktionen mit der Karte

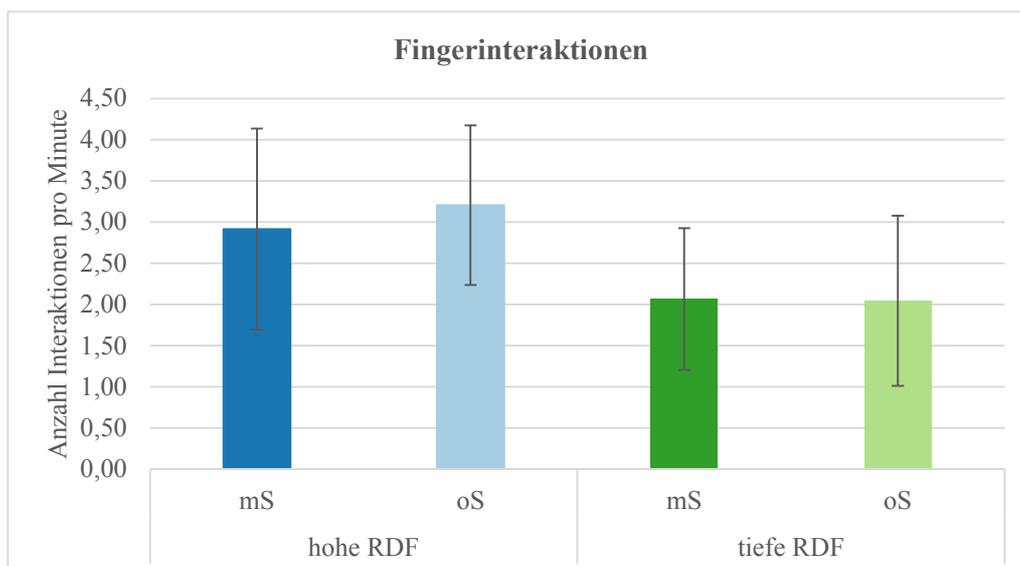


Abbildung 70: Fingerinteraktionen aufgeteilt nach RDF- und Experimentgruppen. Mittelwert  $\pm$  2 Standardfehler

Wie in Abbildung 70 zu erkennen ist, werden in der hohen RDF-Gruppe der AdA der Kontrollgruppe im Durchschnitt leicht mehr Fingerinteraktionen verzeichnet (Mittelwert = 3.2, Standardfehler = 0.48) als jene der Stress-Gruppe (Mittelwert = 2.9, Standardfehler = 0.62). Bei der Gruppe „tiefe RDF“ hingegen ist ein Unterschied kaum zu erkennen. Bei den AdA mS verzeichnet man im Mittel 2.07 Interaktionen pro Minute (Standardfehler = 0.43) währendem es bei den die AdA oS im Durschnitt 2.04 sind. Somit war auch zu erwarten, dass dieser Unterschied nicht signifikant ist ( $T = -0.034$ ,  $df = 15$ ,  $p > 0.05$ ). Ebenfalls ist der Unterschied bei der hohen RDF-Gruppe nicht signifikant ( $T = 0.370$ ,  $df = 16$ ,  $p > 0.05$ ).

## Stresslevel-Messung

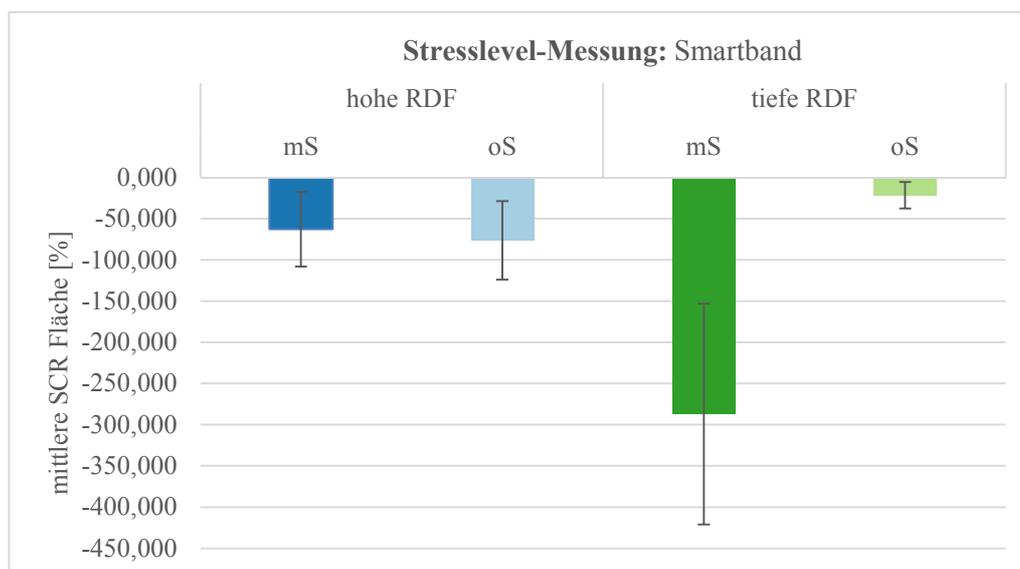


Abbildung 71: Stresslevel aufgeteilt nach RDF- und Experimentgruppe. Mittelwert  $\pm$  1 Standardfehler

Abbildung 71 zeigt die Unterschiede der Hautleitfähigkeit während der Lernphase. Bei der hohen RDF-Gruppe ist der Unterschied klein: Die AdA der Stress-Gruppe hatten eine mittlere SCR Fläche von -62.8 % (Standardfehler = 45.38 %) und die AdA der Kontrollgruppe einen Wert von -76.25 % (Standardfehler = 47.66 %). Bei der Gruppe „tiefe RDF“ hingegen ist der Unterschied grösser: Die AdA der Stress-Gruppe erreichten im Mittel einen Wert von -287.1 % (Standardfehler = 134.02 %) und die AdA der Kontrollgruppe eine mittlere SCR Fläche von -25.98 % (Standardfehler = 15.99 %).

In der hohen RDF-Gruppe haben also die AdA der Kontrollgruppe mehr Erregung verspürt, währenddem bei der anderen Gruppe die AdA der Stress-Gruppe eine höhere Erregung zeigten. Diese Unterschiede sind aber nicht statistisch signifikant („hohe RDF“:  $T = -0.200$ ,  $df = 14$ ,  $p > 0.05$ ; „tiefe RDF“:  $T = 1.935$ ,  $df = 8.227$ ,  $p > 0.05$ ).

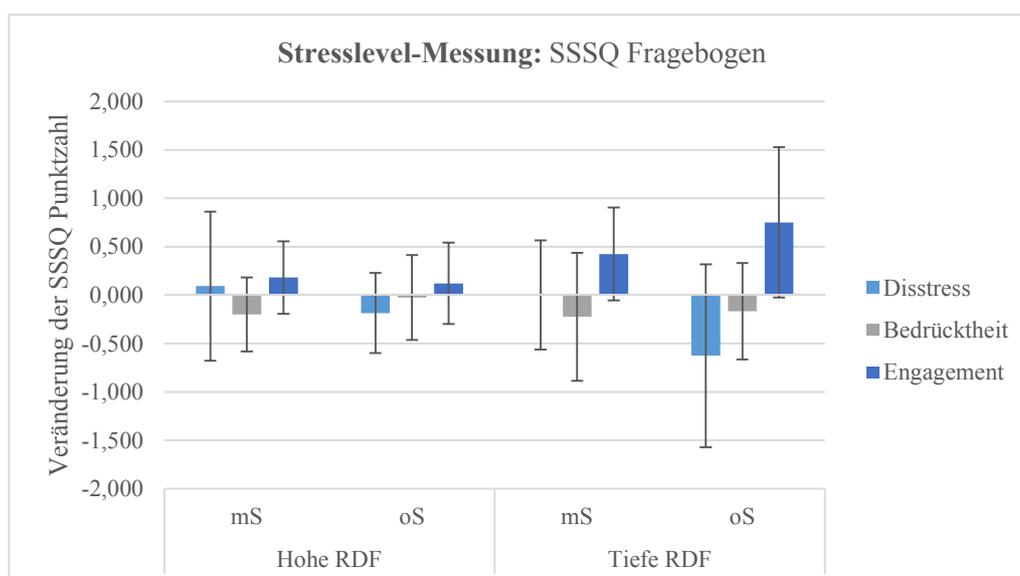


Abbildung 72: Veränderung der SSSQ-Punktzahl. Mittelwert  $\pm 2$  Standardfehler

Abbildung 72 bildet die Resultate des SSSQ-Fragebogens (Helton, 2004) der vier Gruppen ab. Bei der Gruppe hohe RDF unter Stress zeigt sich, dass die Zustimmung zu den Fragen des Faktors Disstress im Mittel zugenommen hat (Mittelwert = 0.09, Standardfehler = 0.38). Beim Faktor Bedrücktheit ist eine Abnahme zu verzeichnen (Mittelwert = -0.19, Standardfehler = 0.19). Bei den Fragen zum Engagement ist wiederum eine Zunahme im Mittel zu erkennen (Mittelwert = 0.18, Standardfehler = 0.19).

Die AdA mit einer hohen RDF und ohne Stressinduktion beim Lernen empfanden nach dem Experiment weniger Disstress (Mittelwert = -0.18, Standardfehler = 0.21). Der Faktor Bedrücktheit hingegen blieb im Mittel praktisch unverändert (Mittelwert = -0.03, Standardfehler = 0.22). Wie schon bei der hohen RDF-Gruppe unter Stress ist auch bei der hohen RDF-Gruppe ohne Stress eine Zunahme des Faktors Engagement zu verzeichnen (Mittelwert = 0.12, Standardfehler = 0.21).

Bei der Gruppe tiefe RDF unter Stress ist in der Abbildung 72 erkennbar, dass sich der Faktor Disstress kaum verändert hat (Mittelwert = 0.00, Standardfehler = 0.28). Der Faktor Bedrücktheit hingegen verzeichnet eine klare Abnahme zwischen vor und nach dem Experiment (Mittelwert = -0.22, Standardfehler = 0.33). In Bezug auf das Engagement ist eine klar höhere Zustimmung nach dem Experiment feststellbar (Mittelwert = 0.42, Standardfehler = 0.24).

Das Muster der Veränderungen der Gruppe tiefe RDF ohne Stress gleicht in gewissen Massen dem Muster der hohen RDF-Gruppe ohne Stress. Der Faktor Disstress nimmt klar ab (Mittelwert = -0.63, Standardfehler = 0.47). Die Zustimmung zu den Fragen des Faktors Bedrücktheit nehmen leicht ab (Mittelwert = -0.17, Standardfehler = 0.25) und jene zum Faktor Engagement stark zu (Mittelwert = 0.75, Standardfehler = 0.39).

Aufgrund der kleinen Gruppengrößen sind die Unterschiede aber statistisch nicht signifikant. Die genauen Resultate der Tests sind im Anhang L zu finden.



## 6 DISKUSSION

Im folgenden Kapitel werden die Resultate der Studie diskutiert. Dabei wird versucht, sie mit den bisherigen Erkenntnissen aus der Forschung zur Thematik mentale Karte (siehe Kap. 2) in Beziehung zu setzen und die Resultate in diesen Kontext einzugliedern. Das folgende Kapitel beginnt mit einer Diskussion darüber, ob die Stressinduktion überhaupt erfolgreich war. Anschliessend ist das Kapitel nach den vier Forschungsfragen (siehe Kap. 3) dieser Arbeit strukturiert. Auf die Forschungsfrage C (Einfluss von Stress auf den Umgang mit der Karte) wird auch innerhalb der anderen Forschungsfragen Bezug genommen, da das Verhalten beobachtet wurde, um mögliche Erklärungsansätze für Unterschiede im Wissensaufbau zu finden. Im Anschluss an diese Diskussion folgt eine kritische Begutachtung der verwendeten Methodik.

### 6.1 Hat die Stressinduktion bei den AdA auch Stress ausgelöst?

Bevor versucht wird die Forschungsfragen zu beantworten, wird darauf eingegangen, ob die Stressinduktion bei den AdA der Stress-Gruppe überhaupt stressauslösend wirkte. Die Auswertung der Messungen der Hautleitfähigkeit zeigt, dass bei den AdA der Stress-Gruppe im Mittel eine stärkere Erhöhung festgestellt und somit mehr Stress empfunden wurde. Eine Erhöhung der Hautleitfähigkeit kann aber mit verschiedenen Einflüssen zusammenhängen, wie z.B. der Tageszeit (Braithwaite et al., 2013). Diese Einflüsse wurden anhand einer Normalisierung der Daten durch die Grundwerte der Person berücksichtigt.

Des Weiteren kann die erhöhte Hautleitfähigkeit der Stress-Gruppe aber auch mit positiven Gefühlen wie z.B. Motivation zusammenhängen (Figner & Murphy, 2011). Um die Gefühle der AdA zu erfassen, wurde vor und nach dem Experiment den AdA der SSSQ-Fragebogen (Helton, 2004) zur Beantwortung abgegeben. Diese Resultate zeigen, dass beide Gruppen nach dem Experiment ein gewisses Gefühl der Erleichterung verspürten (Abnahme der Zustimmung zu Aussagen wie: „Ich bin beunruhigt über den Eindruck, den ich hinterlasse.“) und sie die Navigationsaufgabe motiviert hat (mehr Zustimmung zu Aussagen wie: „Ich fühle mich aktiv.“). Die beiden Gruppen unterscheiden sich aber beim Faktor Distress: Bei der Stress-Gruppe ist im Mittel eine erhöhte Zustimmung zu Aussagen, wie z.B. „Ich fühle mich unzufrieden“ festzustellen, währendem bei der Kontrollgruppe auch hier eine klare Abnahme zu verzeichnen ist. Diese Unterschiede sind jedoch nicht signifikant. Da sich aber nur bei der Stress-Gruppe die Zustimmung zu den Fragen des Faktors Distress erhöhte und diese Gruppe eine stärkere (aber nicht signifikant) mittlere Erhöhung der Hautleitfähigkeit zeigt, wird für diese Diskussion der Resultate davon ausgegangen, dass die Stressinduktion bei der Stress-Gruppe grundsätzlich geklappt hat.

Im Gegensatz zu Rouiller (2013) konnte in diesem Experiment eine Wirkung der Stressoren festgestellt werden. Es zeigt sich also, dass für eine Simulation einer Stresssituation die Kombination von mehreren Stressoren notwendig ist. Rouiller (2013) benutzte das Mittel des Zeitdrucks zusammen mit einem fiktiven Szenario. In diesem Experiment hingegen wurden vier Stressoren (Lärm, Dialogfenster, Zeitdruck und Szenario) verwendet. Da aber auch in dieser Studie keine signifikanten Unterschiede

festgestellt wurden und es auch AdA der Stress-Gruppe gab, die keinen Stress empfanden, zeigt dies, dass es für die Induktion von Stress bei der Navigation keine allgemeingültige Methode gibt. Diese Erkenntnis kommt jedoch nicht überraschend, denn die vorherrschende Theorie zu Stress besagt, dass die Empfindung von Stress abhängig von der subjektiven Einschätzung eines Ereignisses ist (Lazarus, 2006; Bodenmann & Gmelch, 2009). Die Frage, welche Stressoren geeignet sind um den Einfluss von Stress bei der Navigation zu untersuchen, bleibt offen, jedoch kann man vermuten, dass die Kombination von mehreren Stressoren erfolgsversprechender ist als nur einen Stressor wie z.B. Zeitdruck.

## **6.2 Forschungsfrage A: Einfluss von Stress auf dem Aufbau von Überblickswissen**

Für die Überprüfung des Aufbaus von Überblickswissen wurde die Methode der Richtungs- und Distanzschätzung von Punkten verwendet. Die Teilnehmenden mussten dabei die Richtung und die Distanz vom Zielpunkt zu allen fünf Checkpoints sowie zum Startpunkt der Aufgabe schätzen. Anhand einer Kombination dieser Resultate wurde versucht, die mentale Karte der AdA zu rekonstruieren (MMR). Keine der beiden Gruppen war in einem dieser Tests signifikant besser. Nichtsdestotrotz lassen sich gewisse Muster erkennen, auf welche nun eingegangen und versucht wird mit Hilfe der gemessenen Interaktionsdaten eine Begründung dafür zu finden.

### **6.2.1 Richtungsschätzung**

Der mittlere Winkelschätzfehler von allen 35 AdA liegt mit  $29.84^\circ$  (Standardfehler =  $3.41^\circ$ ) in einem Bereich, welcher, aufgrund der Resultate aus verwandten Studien, zu erwarten war (z.B. Ishikawa et al. (2008):  $34.2^\circ$ ; Willis et al. (2009):  $16.58^\circ$ ; Münzer et al. (2012):  $35^\circ$ ). Betrachtet man die Experimentgruppen einzeln, zeigen die Resultate, dass die Richtungsschätzungen der Stress-Gruppe weniger stark von der korrekten Antwort abweichen (somit besser sind) wie jene der Kontrollgruppe. Der Unterschied ist zwar nicht signifikant, jedoch wurde ein leicht besseres Schätzen von Richtungen unter Stress schon in Richardson & Tomasulo (2011) beobachtet. Richardson & Tomasulo (2011) führten eine Studie in einer virtuellen Realität durch, wobei vor dem Experiment Stress induziert wurde. Der mittlere Schätzfehler der männlichen Probanden war mit Stress kleiner als ohne Stress (aber auch nicht signifikant). Dies lässt aber die Vermutung zu, dass es hier eine leichte Tendenz zu besserem Schätzen von Richtungen unter Stress gibt.

In Bezug auf den Mittelwert über alle Punkte ist also nur ein kleiner Unterschied zu beobachten. Wenn man die einzelnen Winkelschätzfehler pro Punkt betrachtet, erkennt man, dass diese Mittelwerte unterschiedlich zustande kommen. Bei der Kontrollgruppe weichen die Schätzungen der Richtung vom Zielpunkt zum Start- und ersten Kontrollpunkt stark von der korrekten Richtung ab. Je weniger lang es zum Zeitpunkt der Schätzung her war, dass ein Kontrollpunkt besucht wurde, desto kleiner ist in der Folge der Winkelschätzfehler geworden. Die Abweichungen der Stress-Gruppe hingegen sind bei allen Schätzungen mehr oder weniger gleich gross. Dies wiederum bestätigt die Vermutung, dass die AdA

unter Stress die Richtungen besser schätzen und deshalb – da dies eine Methode für das Messen des Überblickswissens darstellt – mehr Überblickswissen aufgebaut haben.

Ein ähnliches Muster des Winkelschätzfehlers pro geschätzten Punkt konnte in Gartner & Hiller (2009) beobachtet werden. Sie untersuchten den Einfluss der Bildschirmgröße von mobilen Geräten auf den Aufbau von räumlichem Wissen. Dafür verglichen sie unter anderem auch die Schätzung der Richtungen zu besuchten Wegpunkten zwischen einer Gruppe, welche die Navigationsaufgabe mit einer gedruckten Karte löste, und einer Gruppe, die mit einer digitalen Karte navigierte. Der Winkelschätzfehler der Gruppe mit der gedruckten Karte war konstant zwischen  $15^\circ$  und  $30^\circ$  (Abb. 74 *Map*) (Gartner & Hiller, 2009). Dieser mehr oder weniger konstante Winkelschätzfehler ist vergleichbar mit den Schätzungen der Stress-Gruppe in diesem Experiment (Abb. 73 *mS*). Die Gruppe mit der digitalen Karte von Gartner & Hiller hingegen zeigte ein ähnliches Muster der Winkelschätzfehler pro Punkt wie die Kontrollgruppe dieser Studie (Abb. 73 *oS*). Die Schätzungen der zuerst besuchten Punkte weichen sehr stark (zwischen  $50^\circ$  und  $60^\circ$ ) von der korrekten Antwort ab und die letzten Punkte wurden dann besser geschätzt (Abb. 74 *Navigation system*).

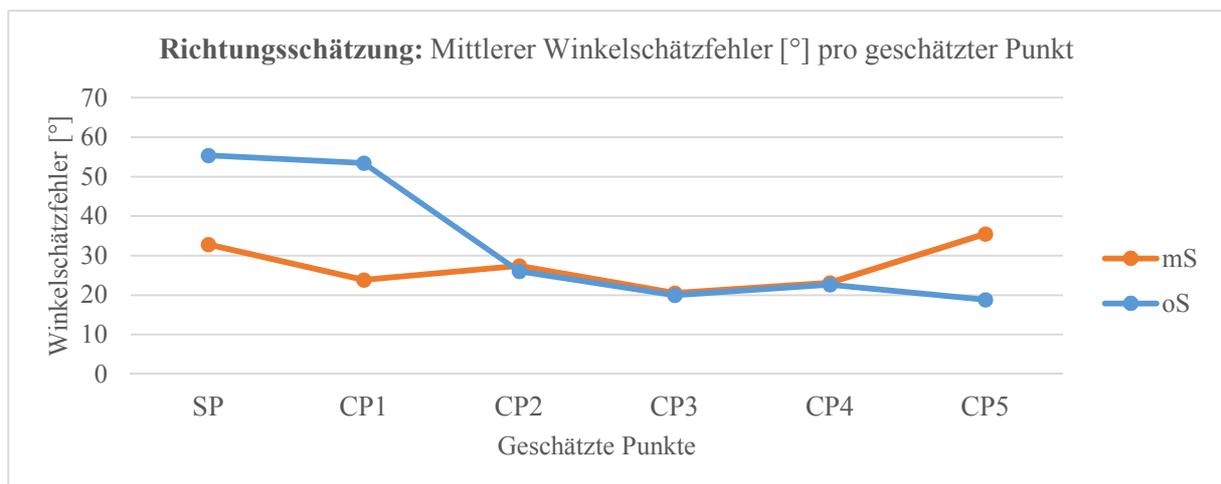


Abbildung 73: Richtungsschätzung der Experimentgruppen. Mittelwert

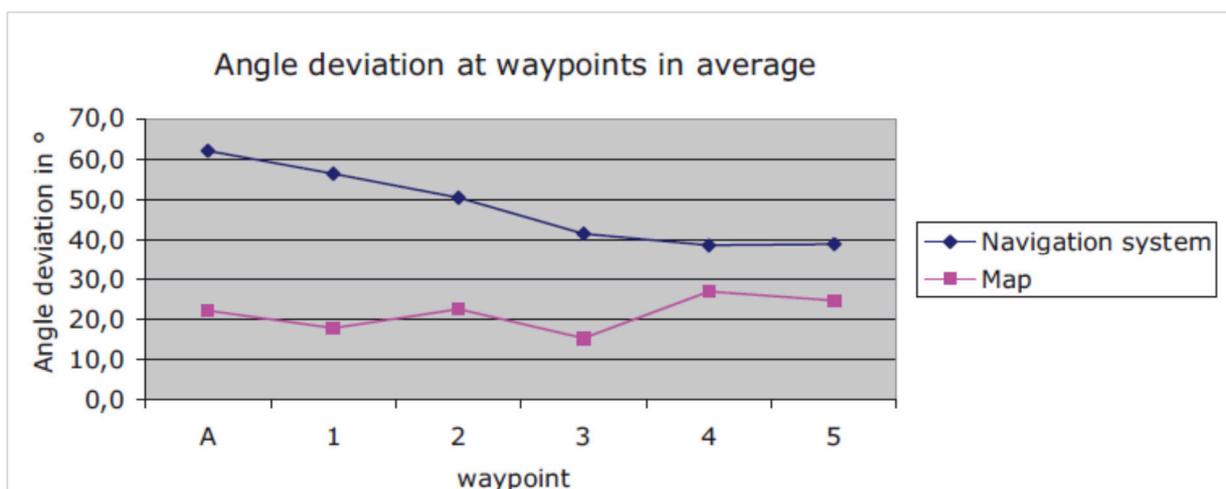


Abbildung 74: Richtungsschätzung bei Gartner & Hiller (2009). Mittelwert

Gartner & Hiller (2009) begründen die inkonstantere Schätzung der Gruppe mit der digitalen Karte damit, dass diese Gruppe den Massstab der Karte nicht verändern konnte. Dadurch war während der Navigation immer nur ein Teil der Karte und nie alle Punkte auf einen Blick zu sehen. In diesem Experiment hingegen konnte man den Massstab durch Zoomen selber bestimmen. Nichtsdestotrotz kann man überlegen, ob die Begründung von Gartner & Hiller (2009) auch für diese Studie zutreffen könnte. Dies würde bedeuten, dass die Kontrollgruppe während der Navigationsaufgabe einen grösseren Massstab verwendet hat (sprich mehr Zoom-Interaktion) und durch den daraus resultierenden kleineren Ausschnitt der Karte nicht alle Punkte gleichzeitig wahrnehmen konnte. Durch den kleinen Ausschnitt hätten sie aber die Karte mehr verschieben (sprich mehr Verschiebe-Interaktion) müssen, um den Weg zu finden. Dieses Verhalten würde also zu mehr Interaktion mit der Karte führen. Wenn man die Resultate des Vergleichs der Fingerinteraktionen zwischen der Stress- und der Kontrollgruppe betrachtet, erkennt man, dass die Kontrollgruppe leicht mehr Interaktionen pro Minute getätigt hat. Ein Unterschied ist zwar zu erkennen, jedoch ist dieser nicht signifikant und zu klein, um damit die inkonstantere Schätzung der Kontrollgruppe zu begründen. Vermutlich lässt sich die Begründung von Gartner & Hiller (2009) anhand der hier gezeigten Daten nicht bestätigen, da die Bildschirmgröße in dieser Studie einiges grösser war als bei Gartner & Hiller (2009).

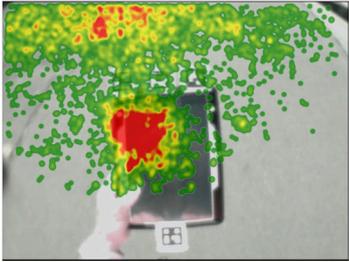
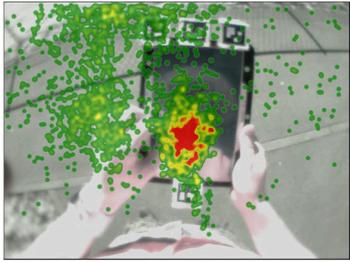
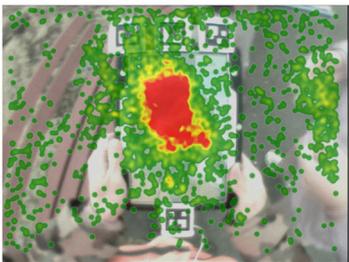
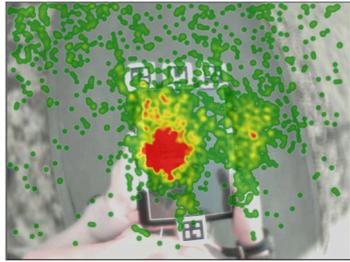
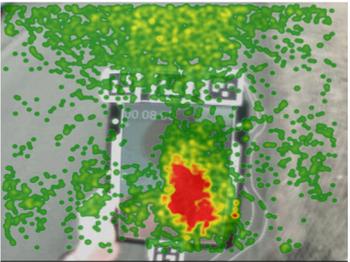
Ein anderer Grund für die konstantere und bessere Richtungsschätzung unter Stress könnte sein, dass die AdA der Stress-Gruppe aufgrund des empfundenen Stresses mehr auf die Karte geachtet haben. Diese Erklärung begründet einerseits auf der Idee, dass man in einem unbekanntem Gebiet nur anhand einer Karte einen Überblick über die räumlichen Beziehungen von Orten erhält, da nur sie eine überblickende Ansicht der Umgebung bietet (Münzer et al., 2006). Andererseits konnte Rouiller (2013) zeigen, dass unter Zeitdruck mehr auf die Karte geachtet wird. Es könnte also sein, dass die Stress-Gruppe durch vermehrte und längere Blicke auf die Karte mehr Informationen über die räumlichen Beziehungen der auf der Karte markierten Checkpoints aufgenommen hat.

Um die Anzahl und Dauer der Blicke während der Navigationsaufgabe zu untersuchen, wurden die Aufnahmen des mobilen Eyetrackers stichprobenweise untersucht (vier AdA mS und drei AdA oS). Hierbei zeigt sich, dass die AdA unter Stress vermehrt und länger (ca. 30% der benötigten Zeit) auf die Karte geschaut haben als die AdA ohne Stress (ca. 20% der benötigten Zeit). Aufgrund der vorliegenden Resultate der Blickinteraktionen könnte man sagen, dass die AdA der Stress-Gruppe sich mehr mit der Karte befasst haben: Sie haben vermehrt und gesamthaft länger auf die Karte geachtet.

Des Weiteren lässt die während der Analyse der MET-Daten erstellten Dichtekarten der Blicke (Tab. 8) vermuten, dass die Blicke der AdA unter Stress breiter auf der Karte verstreut sind. Die Dichtekarten sind aufgrund der absoluten Anzahl Blicke und nicht eine durch die Experimentdauer relativierte Anzahl berechnet worden. Wie aber Tabelle 4 (siehe Kap. 5.2.1) zeigt, haben die AdA ohne Stress weniger lang auf die Karte geschaut bei durchschnittlich längerer Experimentzeit (Zeit für das Absolvieren der Navigationsaufgabe) als die AdA mit Stress. Deshalb stellt die Verwendung der absoluten Anzahl kein Problem dar.

Bei den AdA unter Stress scheint es höhere und breitere Blickdichten (rote Bereiche) auf dem Tablet zu geben. Sie haben tendenziell eher die Karte als Ganzes und nicht nur die Information der Positionsangabe beachtet. Bei den für die Stichprobe ausgewählten AdA der Kontrollgruppe hingegen wurden tendenziell weniger Blicke auf die Karte verzeichnet. Betrachtet man die Dichtekarten (Tab.8), kann man vermuten, dass diese Blicke auch nicht breit verteilt, sondern eher auf einen Teil der Karte (vermutlich Positionsanzeige) konzentriert waren.

Tabelle 8: Dichtekarten der Blicke. Grün = tiefe Dichte der Blicke, Rot = hohe Dichte der Blicke

<b>Kontrollgruppe</b>			
	ID 50	ID 35	ID 21
			
<b>Stress-Gruppe</b>	ID 19	ID 18	ID 15

Auch der qualitative Vergleich der Filmaufnahmen während des Experiments zeigt, dass die Kontrollgruppe während dem Laufen kürzer auf die Karte blickte. Es wird vermutet, dass hierbei jeweils nur die aktuelle Position und die Richtigkeit des eingeschlagenen Weges kurz überprüft wurde. Die Stress-Gruppe hingegen hat während dem Gehen immer wieder und länger auf die Karte geachtet. In vereinzelten Gesprächen nach der Navigationsaufgabe wurde erwähnt, dass sie dabei nach Abkürzungen und dem weiteren Verlauf des Weges nach einem Checkpoint gesucht haben. Dies würde die Erkenntnis der längeren und breiteren Betrachtung der Karte bestätigen.

Das Verhalten und die Resultate der Kontrollgruppe (kurze wenige Blicke auf die Karte und wenig Überblickswissen) erinnert an die bereits bekannte passive Haltung der Kartennutzenden bei der Wegfindung mit Navigationssystemen, welche zu einem schlechteren Wissensaufbau führt (Münzer et al., 2006; Parush et al., 2007, Ishikawa et al., 2008; Willis et al., 2009, Richter et al., 2010). Bei der Stress-Gruppe hingegen ist ein aktiveres Verhalten und leicht intensiverer Umgang mit der Karte zu beobachten. Die durch die digitale Karte verursachte Passivität wird unter Stress vermutlich überwunden, und man wird wieder aktiver, was zu mehr Informationen über die Beziehungen zwischen den Checkpoints und besserem Überblickswissen geführt hat. Es wird vermutet, dass die Stress-Gruppe sich nicht nur auf

die automatische Positionsanzeige konzentriert, sondern sich viel mehr mit der ganzen Karte auseinandergesetzt hat. Wahrscheinlich führte der Stress auch dazu, dass man sich von Beginn an voll auf die Aufgabe konzentriert hat, währendem die Konzentration der Kontrollgruppe erst im Verlaufe der Studie gestiegen ist.

### 6.2.2 Distanzschätzung

Die Auswertung der zweiten Methode zur Überprüfung des Überblickswissens – die Distanzschätzung – kann ein besseres Überblickswissen der Stress-Gruppe nicht bestätigen. Die Distanzschätzung wurde anhand des Korrelationskoeffizienten zwischen den richtigen und den geschätzten Distanzen bewertet. Die Resultate zeigen, dass zwei Drittel der AdA die Distanzen unterschätzt und ca. ein Drittel überschätzt hat. Auch wenn man die Experimentgruppen einzeln betrachtet, bleibt dieses Verhältnis bestehen. Willis et al. (2009) entdeckten bei ihrer Distanzschätzungsaufgabe ein ähnliches Verhältnis zwischen Über- und Unterschätzung von Distanzen. Es scheint daher der „Normalfall“ zu sein, dass man nach einer Begehung eines Gebietes - unabhängig von Stress – die Distanzen tendenziell eher unter- als überschätzt.

Der Vergleich der mittleren Korrelationskoeffizienten der beiden Experimentgruppen zeigt keinen signifikanten Unterschied. Die Distanzen wurden grundsätzlich von beiden Gruppen (mittlere Korrelationskoeffizienten unter 0.5) relativ schlecht geschätzt. Vergleicht man diesen Korrelationskoeffizienten mit Resultaten verwandter Studien bestätigt dies das schlechte Schätzen der Distanzen in dieser Studie. In den anderen Studien wurde jeweils ein Korrelationskoeffizient von ca. 0.8 erreicht (Thorndyke & Hayes-Roth, 1982; Richardson et al., 1999; Willis et al., 2009).

Der tiefe Korrelationskoeffizient kann zwei Gründe haben. Ein erster möglicher Grund ist, dass mit sechs Schätzungen im Vergleich zu verwandten Studien (Thorndyke & Hayes-Roth, 1982; Richardson et al., 1999; Willis et al., 2009) deutlich weniger Schätzungen gemacht wurden (z.B. 14 Schätzungen bei Richardson et al., 1999). Ein zweiter Grund liefert die Theorie des Aufbaus von räumlichem Wissen. Siegel & White (1975) sowie Montello (1998) gehen davon aus, dass man für ein gutes metrisches Verständnis des Raumes mehrmals in der Umgebung gewesen sein muss. Es ist deshalb nicht verwunderlich, dass die Distanzschätzung relativ schlecht absolviert wurde. Ebenfalls wurde im Schlussfragebogen die Distanzschätzung von den AdA als eine der schwierigsten Aufgaben bewertet.

Zusammenfassend kann man sagen, dass in dieser Studie Stress keinen Einfluss auf den Erwerb von metrischem Wissen hat. Beide Gruppen haben im Vergleich mit anderen Arbeiten relativ schlecht abgeschnitten.

### 6.2.3 MMR – Rekonstruktion der mentalen Karte

Anhand der Richtungs- und Distanzschätzung wurde die mentale Karte der Testumgebung rekonstruiert, welche die AdA zum Zeitpunkt der Schätzung im Kopf hatten. Die hier rekonstruierte mentale Karte enthält aber nicht alle aufgenommenen räumlichen Informationen, sondern nur die mentale Anordnung der geschätzten Punkte. Weitere räumliche Informationen (z.B. Strassen oder Häuser), welche die AdA sicherlich ebenfalls im Kopf hatten, repräsentiert diese Rekonstruktion nicht. Im Folgenden wird bei der mentalen Punktconfiguration der AdA von der „mentalen Karte“ gesprochen und die reale Punktconfiguration als „reale Karte“ bezeichnet.

Im Gegensatz zur Distanzschätzung können beim Vergleich der Resultate der durchgeführten bidimensionalen Regression wieder Unterschiede zwischen den beiden Experimentgruppen beobachtet werden. Aber auch hier sei angemerkt, dass kein beobachteter Unterschied signifikant ist.

Einen Unterschied erkennt man beim nötigen Skalierungsfaktor der mentalen Karten. Der Skalierungsfaktor beschreibt, wie stark und auf welche Weise – Ausdehnung oder Schrumpfung – die mentale Karte skaliert werden müsste, damit sie der realen Karte entspricht. Im Falle der Kontrollgruppe ist zu erkennen, dass die mentalen Karten ausgedehnt werden müssten. Bei der Stress-Gruppe ist im Mittel nur eine kleine Ausdehnung der mentalen Karten in X-Richtung und eine kleine Schrumpfung in Y-Richtung notwendig, damit sie der realen Karte entsprechen würden. Ebenfalls ist die Streuung innerhalb der Kontrollgruppe grösser als bei der Stressgruppe. Der Unterschied erreicht zwar keine signifikante Grösse, nichtsdestotrotz zeigt sich die Tendenz, dass die Stress-Gruppe bezüglich des Massstabs eine bessere mentale Karte aufgebaut hat.

Interessant ist der erkennbare Unterschied bei der Orientierung der mentalen Karte. Die mentalen Karten der Stress-Gruppe weichen zwar leicht stärker von der realen Karte ab (Betrag des Rotationswinkels). Jedoch alle - bis auf die mentale Karte eines AdA - in die gleiche Richtung (im Durchschnitt um  $36^\circ$  im Gegenuhrzeigersinn). Bei der Kontrollgruppe hingegen zeigt sich, dass bei 7 AdA die reale Karte im Gegenuhrzeigersinn und bei 10 AdA im Uhrzeigersinn gedreht werden müsste, damit sie der Orientierung der mentalen Karte entsprechen würde. Man kann also die Hypothese aufstellen, dass die Stressinduktion in diesem Experiment dazu geführt hat, dass die mentale Karte um ca.  $36^\circ$  im Gegenuhrzeigersinn rotiert ist. Diese Rotation ist in den folgenden Abbildungen 75 und 76 ersichtlich. Es handelt sich bei den Abbildungen, um die rekonstruierten mentalen Karten der ID 10 und ID 15. Die blauen Punkte entsprechen der Schätzung des AdA und die gelben Punkte dem realen Standort der Checkpoints. Die Karten wurden mit Hilfe von ArcMap 10.2.2<sup>22</sup> erstellt.

---

<sup>22</sup> Esri. *ArcGIS for Desktop*. <http://www.esri.com/software/arcgis/arcgis-for-desktop>, letzter Zugriff: 12.09.2015

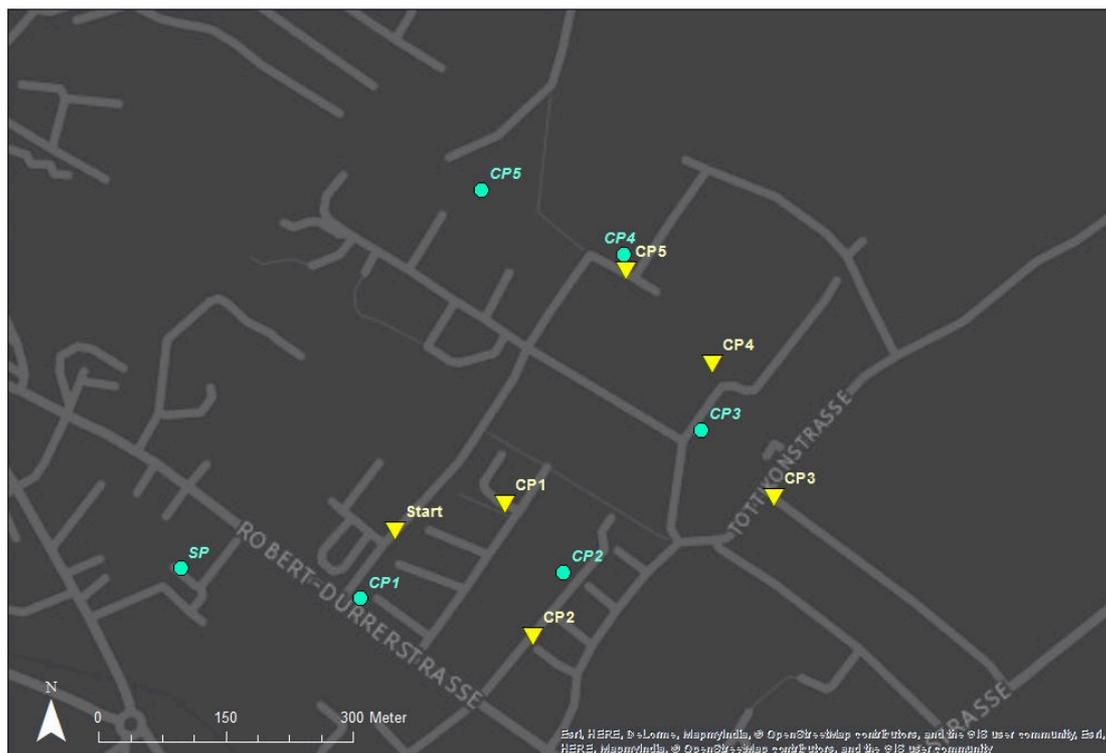


Abbildung 75: Mentale Karte von ID 10 mS.

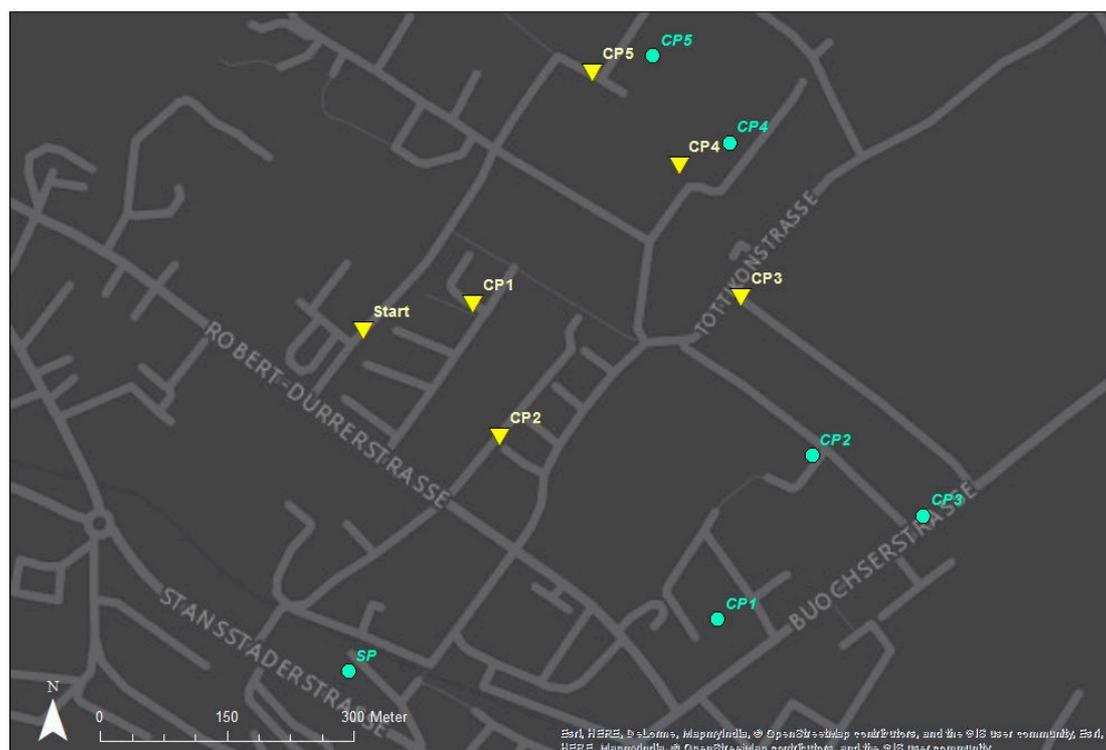


Abbildung 76: Mentale Karte von ID 15 mS.



Abbildung 77: Blickrichtung bei den Schätzungen. Karte: Google Maps

Den Grund für die Grösse und die Richtung der Drehung findet man schnell, wenn man die Testumgebung und die Blickrichtung bei der Schätzung betrachtet (Abb. 77). Wie Tversky (1993) und Glicksohn (1994) beobachteten, tendiert man dazu, bei der mentalen Karte Strukturen, die nicht nach einem grösseren Bezugsrahmen (z.B. Himmelsrichtungen) ausgerichtet sind, so zu rotieren, dass sie gegenüber diesem globalen Referenzrahmen (Nord-Süd, Ost-West) stimmen. Betrachtet man nun die Ausrichtung der leicht gitterförmigen Struktur der Testumgebung und die Blickrichtung bei der Schätzung, erkennt man, dass diese um ca. 30° im Uhrzeigersinn von der Nordrichtung abweichen. Somit kann man vermuten, dass die AdA der Stress-Gruppe die mentale Karte nach dem globalen Bezugsrahmen ausgerichtet haben.

Diese Rotation der mentalen Karte bei fast allen AdA der Stress-Gruppe zeugt davon, dass sie überhaupt ein - und im Vergleich zur Kontrollgruppe besseres - Überblickswissen aufgebaut haben, denn ein gutes Wissen über die Struktur des Raumes scheint notwendig zu sein, um die Punktkonfiguration gleichmässig zu rotieren.

Dieser Rotationseffekt kann bei der Kontrollgruppe nicht beobachtet werden. Innerhalb der Kontrollgruppe weichen die mentalen Karten fast gleich oft im Uhrzeigersinn wie im Gegenuhrzeigersinn von der korrekten Ausrichtung ab. Es scheint in diesem Experiment also zufällig zu sein, ob man ohne Stress die mentale Karte am globalen Referenzrahmen ausrichtet oder nicht.

Stress führt gemäss diesen Resultaten also dazu, dass man die mentale Karte stärker an einen grösseren Bezugsrahmen anpasst. Des Weiteren kann man vermuten, dass ein Stressgefühl dazu führt, dass der Massstab der mentale Karte besser mit dem Massstab der realen Karte übereinstimmt (Skalierungsfaktor bei der MMR näher bei 1.0 und kleinere Streuung). Innerhalb der Stress-Gruppe sind die mentalen

Karten ähnlicher (kleinere Streuung beim Massstab und Betrag des Rotationswinkel sowie einheitliche Richtung des Rotationswinkels) als bei der Kontrollgruppe. In der Kontrollgruppe scheint es zufällig zu sein, ob die mentale Karte an dem globalen Bezugsrahmen ausgerichtet wird oder nicht.

Aufgrund der Ergebnisse der MMR und bei der Richtungsschätzung komme ich zum Schluss, dass die Stress-Gruppe ein besseres Überblickswissen aufgebaut hat. Der leicht schlechtere Aufbau von Überblickswissen der Kontrollgruppe bestätigt grundsätzlich die These, dass die Wegfindung mit Navigationssystemen (in diesem Fall automatische Positionsanzeigen) zu einem schlechteren Aufbau von räumlichem Wissen führt (Münzer et al., 2006; Parush et al., 2007, Ishikawa et al., 2008; Willis et al., 2009, Richter et al., 2010). Im Gegensatz dazu wird vermutet, dass Stress zu einer intensiveren Auseinandersetzung mit der Karte führt (zumindest in Bezug auf die Blickinteraktion), was zu mehr Informationen über die räumlichen Beziehungen von Orten geführt haben könnte. Die eingangs gestellte Hypothese, dass unter Stress mehr Überblickswissen aufgebaut wird, (siehe Kap. 3) konnte somit in der Tendenz (da signifikanten Unterschiede fehlen) bestätigt werden.

### 6.3 Forschungsfrage B: Einfluss von Stress auf das Landmarken- und Routenwissen

Für die Untersuchung des Aufbaus von Landmarken- und Routenwissen wurde die Methode des Erkennens von Szenen auf Fotos und der Ordnung dieser Fotos in die richtige Reihenfolge von Start bis Ziel der Route verwendet (hier als Fotoaufgabe bezeichnet). Bewertet wurde die Aufgabe anhand eines Punktebewertungssystems (beinhaltet Punkte für: Richtige Szenen erkannt, korrekte Reihenfolge und korrekte Angabe der Richtung bei Kreuzung).

Grundsätzlich kann man sagen, dass die AdA in diesem Test schlecht abgeschnitten haben. Es wurde auch im Schlussfragebogen angemerkt, dass die Fotoaufgabe neben der Distanzschätzung die schwierigste Aufgabe war. Auch Oliver & Burnett (2008) halten fest, dass diese Aufgabe für die Testpersonen in ihrem Experiment schwierig war. Im Gegensatz zu Oliver & Burnett (2008) hat es in diesem Experiment aber jemand geschafft, alle richtigen Szenen auf den Fotos zu erkennen, sie in der richtigen Reihenfolge zu ordnen und die Abzweigungen richtig zu benennen.

Evans et al. (1984) entdeckten einen positiven Effekt von Stress auf das Routenwissen. Wenn man aber die erreichte Gesamtpunktzahl der Stress-Gruppe in dieser Studie betrachtet, zeigt sich, dass diese Gruppe eine tiefere Punktzahl als die Kontrollgruppe erzielt hat. Die Resultate von Evans et al. (1984) lassen sich also nicht bestätigen. Der Unterschied ist nicht signifikant, jedoch klar zu erkennen, wodurch man vermuten kann, dass die AdA unter Stress tendenziell weniger Landmarken- und Routenwissen aufbauen.

Das schlechtere Resultat der Stress-Gruppe bei der Gesamtpunktzahl zeigt sich auch, wenn man die einzelnen Variablen der Signal-Detektionstheorie (Griffin & Bell, 2009) anschaut. Im Falle der *True Positive* (TP), d.h. derjenigen Szenen, die sie korrekterweise als richtig erkannt haben, hat die Stress-Gruppe einen Durchschnittswert von ca. 56% (%-Anteil an der Anzahl, die korrekt gewesen wäre) er-

reicht. Sie haben also nur ungefähr die Hälfte der eigentlich richtigen Szenen auf den Fotos wiedererkannt. Die Kontrollgruppe hingegen erreicht einen Wert von 65%. Die Kontrollgruppe hingegen bestätigt die Resultate von Huang et al. (2012), welche einen mittleren Fehler von 34% für ihre Testpersonen dokumentieren, die mit der Testumgebung nicht vertraut waren. Aufgrund der Resultate der Variable TP kann man behaupten, dass die Stress-Gruppe weniger Landmarkenwissen aufgebaut hat

Spannend zu sehen ist, dass beide Gruppen in Bezug auf die Szenen, welche sie korrekterweise als „nicht gesehen“ identifiziert haben (*True Negativ*, TN), einen hohen Prozentsatz erreicht haben. Wenn man aber die Variable *False Negative* (%-Anteil falsch aussortierter Szenen) dazu betrachtet, zeigt sich, dass beide Gruppen eher dazu tendierten eine Szene als „nicht gesehen“ zu bezeichnen. Der hohe Wert der TN ist vermutlich eher durch Zufall entstanden. Die Stress-Gruppe hat hierbei einen höheren Wert, d.h. sie haben grundsätzlich mehr korrekte Szenen auf den Fotos nicht wieder erkannt als die Kontrollgruppe.

Die Erkenntnisse, dass die Stress-Gruppe viel mehr Szenen als „nicht gesehen“ bewertet hat, lässt die Vermutung zu, dass sie aufgrund des Stresses weniger von der Umgebung wahrgenommen haben. Die Resultate der stichprobenweisen Analyse der MET-Daten geben einen Hinweis darauf, dass diese Vermutung stimmen könnte. Zum Beispiel hat ID 19 aus der Stress-Gruppe 30% seiner Experimentdauer auf die Karte geachtet und in der Fotoaufgabe 12.96% der möglichen Gesamtpunktzahl erreicht. Mit 9.43% hat ID18 aus der Stress-Gruppe sogar einen noch tieferen Anteil an der Gesamtpunktzahl erreicht und sich während der Navigationsaufgabe 28.78% der Zeit auf die Karte fokussiert. Anders sieht es aus bei den AdA der Kontrollgruppe: ID 50 hat 19.2% seiner Zeit auf die Karte geachtet und 76.92% der Gesamtpunktzahl in der Fotoaufgabe erreicht. ID 21 hat sich mit 24.27% seiner Zeit ebenfalls leicht weniger auf die Karte konzentriert und 78.85% der Gesamtpunktzahl in der Fotoaufgabe erreicht. Diese Resultate zeigen also, dass sich die AdA der Stress-Gruppe länger auf die Karte und weniger auf die Umgebung fokussiert haben. Die Aufmerksamkeit wurde während der Navigationsaufgabe stärker auf die Karte gelenkt als bei der Kontrollgruppe.

Wie Ishikawa et al. (2008) und Willis et al. (2009) beschreiben, führt eine digitale Karte dazu, dass wir Menschen die Aufmerksamkeit zwischen der Karte mit der laufend aktualisierenden Positionsinformation und der direkten Umgebung aufteilen müssen. Diese geteilte Wahrnehmung führt dazu, dass wir weniger Wissen aufnehmen (Ishikawa et al., 2008; Willis et al., 2009), wie dies die Resultate der Fotoaufgabe der Kontrollgruppe bestätigen. Die Resultate der Stress-Gruppe hingegen lassen die Vermutung zu, dass Stress zu einer Verstärkung dieses Effekts führt. Die Aufmerksamkeit wurde noch mehr auf die Karte gelenkt, was die Wahrnehmung der Umwelt negativ beeinflussen könnte.

Die Fokussierung auf die Karte scheint auch der Grund zu sein, wieso der von Evans et al. (1984) dokumentierte positive Effekt von Stress auf das Routenwissen in dieser Studie nicht bestätigt werden konnte. In ihrem Experiment haben die Testpersonen einen Film einer Route durch eine unbekannte Stadt unter Stresseinfluss angeschaut, ohne jedoch selber aufgrund von einer Karte Entscheidungen treffen zu müssen (Evans et al., 1984). Da bei Evans et al. (1984) die Aufmerksamkeit ununterbrochen auf

der Umgebung war, führte der Stress als leistungsstärkender Effekt zu einem besseren Routenwissen. Wie in dieser Studie beobachtet wurde, wird durch Stress der Karte als zentrales Hilfsmittel für die erfolgreiche Absolvierung mehr Aufmerksamkeit geschenkt.

Eine Frage, die man sich nun stellen kann, ist, wie eine gestresste Person, die zwar 70% der Zeit die Umgebung betrachtet, so wenige Informationen über die Umgebung aufnimmt. Eine mögliche Erklärung dafür ist die Kombination des vorhin erwähnten negativen Effekts der Fragmentierung der Aufmerksamkeit (Ishikawa et al., 2008; Willis et al., 2009) mit dem Stress, welcher bekanntlich unsere Aufmerksamkeit sehr einengt (Bodenmann & Gmelch, 2009).

Ein anderer möglicher Grund könnte die militärische Ausbildung der AdA sein. Das geschriebene Stress-Szenario (Anhang H) beschreibt eine Ausnahmesituation, in welcher von überall her Gefahr für Leib und Leben bestehen kann. Vereinzelt AdA haben nach dem Experiment gesagt, dass sie zwar schon die Umgebung betrachtet, sich dabei aber vor allem auf die Fenster und Eingänge konzentriert haben, um mögliche Bedrohungen rechtzeitig zu erkennen. Sie haben weniger die Umgebung als Ganzes betrachtet. Diese lokale Fokussierung auf einzelne Hauselemente könnte ein Grund sein, wieso die AdA unter Stress weniger Szenen auf den Fotos wiedererkannt haben. In den aufgenommenen Szenen waren zwar Hauseingänge und Fenster erkennbar, wahrscheinlich jedoch aus einem anderen Blickwinkel als sie diese Elemente gesehen haben.

Eine weitere Erklärung könnte mit der Ausbildung und dem Beruf im Zivilleben zusammenhängen. Als ich nach dem Test einen AdA gefragt habe, wieso er die Szene aus Abbildung 78 wiedererkannt hat, sagte er, dass er sich an die spielenden Kinder in der Einfahrt auf der linken Seite erinnern konnte. Eigentlich wurde erwartet, dass man dieses Bild aufgrund der blauen Schneeflocke, die direkt neben dem Kontrollpunkt 2 (das Schild war neben dem Hydranten angebracht) war, wiedererkennt.



Abbildung 78: Szene eines Fotos einer Fotoaufgabe.

Der AdA, welcher als Lastwagenfahrer tätig ist, erklärte, er konzentriere sich bei der Navigation nur auf Objekte, die sich bewegen und somit eine Gefahr für ihn als Fahrer darstellen können. An statische Objekte könne er sich schlechter erinnern. Dieses Beispiel widerspiegelt die Theorie von Downs & Stea (1973) sowie Wood & Beck (1986), welche besagt, dass der Selektionsprozess bei der Aufnahme von räumlichen Informationen und die daraus resultierende mentale Karte durch persönliche Charakteristiken (z.B. Beruf) beeinflusst wird. Da 15 AdA im Einsatz als Fahrer fungieren werden, könnte man vermuten, dass diese AdA sich vor allem an Szenen auf den Fotos erinnern konnten, in welchen sie während der Navigationsaufgabe Menschen gesehen haben.

Abschliessend lassen diese Resultate vermuten, dass die Stress-Gruppe weniger Landmarken – und Routenwissen aufgebaut hat als die Kontrollgruppe, wenn man die Fotoaufgabe als Mass dafür betrachtet. Die eingangs gestellte Hypothese (siehe Kap. 3), dass unter Stress mehr Landmarken- und Routenwissen aufgebaut wird, konnte somit nicht bestätigt werden. Beide Gruppen haben jedoch in dieser Aufgabe grundsätzlich ein schlechtes Resultat erzielt. Dies hängt wahrscheinlich mit dem bekannten negativen Effekt von digitalen Karten auf die Wahrnehmung und die Aufnahme von Informationen aus der Umwelt zusammen (Ishikawa et al., 2008; Willis et al., 2009). Wie die Aufzeichnungen des mobilen Eyetrackers und die Beobachtungen während der Studie vermuten lassen, wird die Aufmerksamkeit durch Stress noch stärker auf die Karte gelenkt. Dies scheint der Grund zu sein, wieso die Stress-Gruppe weniger Szenen wiedererkannt und somit weniger Landmarken- und Routenwissen aufgebaut hat. Ein anderer oder besser gesagt zusätzlicher Grund für das allgemein schlechte Resultat könnte die Beeinflussung der mentalen Karte durch die Funktion und den Beruf der AdA sein. Gemäss einzelnen Aussagen konzentrierten sich die AdA weniger auf die allgemeine Struktur des Raumes, sondern ganz gezielt auf einzelne Elemente im Raum (z.B. Fenster, Türen, Kinder).

#### **6.4 Forschungsfrage C: Einfluss von Stress auf den Umgang mit der Karte**

In den Diskussionen der Forschungsfrage A und B wurde bereits auf den Einfluss des Stresses auf das Verhalten und den Umgang mit der Karte eingegangen. Es werden hier nochmals kurz die wichtigsten Erkenntnisse zusammengefasst.

Im Verhalten und im Umgang mit der Karte konnten vereinzelt Unterschiede beobachtet werden. In Bezug auf die Fingerinteraktion mit der Karte zeigt sich, dass es keinen signifikanten Unterschied zwischen den beiden Experimentgruppen gibt. Rouiller (2013) konnte eine vermehrte Fingerinteraktion unter Zeitdruck beobachten, was in diesem Experiment nicht der Fall ist. Vermutlich hängt dies mit der Wahl des Gerätes für das Anzeigen der Karte zusammen. Rouiller (2013) verwendete ein Smartphone und die Testpersonen hatten somit einen kleineren Bildschirm zur Verfügung als in dieser Studie mit dem Bildschirm des Tablets. Durch wenige Interaktionen konnte man in dieser Studie einen guten Überblick über den Raum haben, was mit einem kleineren Bildschirm sicherlich schwieriger gewesen wäre.

In Bezug auf die Blickinteraktionen lässt sich in der ausgewählten Stichprobe von sieben AdA ein Unterschied erkennen (nicht statistisch geprüft). Die AdA der Stress-Gruppe haben häufiger und in der Gesamtzeit länger auf die Karte geschaut. Eine höhere Fokussierung auf die digitale Karte hat auch Rouiller (2013) bei seinen Testpersonen des Zeitdruck-Szenarios feststellen können.

Ebenfalls zeigte sich in den Filmaufnahmen, dass die AdA der Stress-Gruppe dazu tendierten, sich während dem Gehen auf die Karte zu fokussieren und nach dem Weg zu suchen. Die Kontrollgruppe hingegen ist eher an den Checkpoints stehen geblieben, suchte nach dem Weg und lief dann wieder los. Während dem Gehen kam es dann zu kurzen Blicken auf die Karte, vermutlich um die aktuelle Position zu überprüfen. Abschliessend kann man aufgrund dieser Resultate vermuten, dass Stress zu einer intensiveren Fokussierung auf die Karte führt, um den schnellsten Weg zu finden und möglichst wenig Zeit zu verlieren.

Die zu Beginn aufgestellte Hypothese der erhöhten Interaktion unter Stress konnte nur teilweise bestätigt werden. Das Verhalten und die Aufnahmen der Blickinteraktionen lassen vermuten, dass die AdA unter Stress mehr mit der Karte interagiert haben. Jedoch konnte in Bezug auf die Fingerinteraktionen kein Unterschied festgestellt werden.

Um die Diskussion des Einflusses von Stress auf das räumliche Wissen zusammenzufassen: Es wird vermutet, dass Stress dazu geführt hat, dass die AdA stärker auf die Karte fokussiert waren. Dies führte zu einem gegenteiligen Effekt beim Wissensaufbau. Sie haben ein gutes Überblickswissen, hingegen weniger Landmarken- und Routenwissen aufgebaut. Die globale Umgebung (gesamte Testumgebung) hatten sie aufgrund der längeren Betrachtung der Karte gut im Kopf, jedoch führte dies dazu, dass die lokale Umgebung weniger wahrgenommen wurde. Oder um es mit den zwei Lernbegriffen von Lobben (2004) auszudrücken: Stress führt dazu, dass wir vor allem durch *survey mapping* eine mentale Karte aufbauen. Der Prozess des *environmental mapping* hingegen wird eher vernachlässigt. Des Weiteren wird vermutet, dass die schlechten Resultate der Kontrollgruppe mit der bekannten Passivität bei der Navigation mit digitalen Karten zu begründen sind. Die aufgestellte Hypothese, dass unter Stress mehr räumliches Wissen im Allgemeinen aufgebaut wird, stimmt somit nur zur Hälfte. Der Einfluss von Stress verursacht, dass man nicht alle drei Stufen von Wissen im gleichen Ausmass aufnehmen kann. Des Weiteren konnte sich die Hypothese zur intensiveren Interaktion unter Stress auch nur in Bezug auf die Blickinteraktionen und die Beobachtung des Verhaltens bestätigen. Da es sich aber um stichprobenweise Analysen und qualitative Untersuchungen handelt, ist hierbei Vorsicht geboten.

## 6.5 Forschungsfrage D: Einfluss der RDF beim Lernen unter Stress

Im Folgenden wird zuerst auf den Einfluss der räumlichen Denkfähigkeit (RDF) im Allgemeinen - ohne den Effekt von Stress - eingegangen und anschliessend werden die Resultate des Vergleichs zwischen den Personen mit hoher räumlicher Denkfähigkeit unter Stress und jenen ohne Stress diskutiert. Analog dazu der Vergleich innerhalb der Gruppe tiefe RDF. Es sei angemerkt, dass der Fokus dieser Studie nicht auf dem allgemeinen Vergleich zwischen Personen mit hoher und tiefer räumlicher Denkfähigkeit liegt. Die Forschungsfrage dient dazu, genauer zu schauen, ob Unterschiede zwischen der Stress- und der Kontrollgruppe möglicherweise mit der räumlichen Denkfähigkeit zu begründen sind. Die Diskussion wird deshalb kürzer gehalten.

### 6.5.1 Unterschied zwischen AdA mit hoher und tiefer RDF

Bei den hier diskutierten Testergebnissen handelt es sich um einen Vergleich der Probandengruppe, aufgeteilt nach der räumlichen Denkfähigkeit (hoch oder tief). Beide neuen Untergruppen (hohe RDF und tiefe RDF) enthalten AdA, die unter Stress das Experiment gelöst haben.

Für die Bestimmung, ob ein AdA eine hohe oder tiefe RDF besitzt, wurde das Resultat des Tests zur Orientierung (Hegarty & Waller, 2004) verwendet. Vergleicht man den mittleren Winkelschätzfehler der ganzen Probandengruppe (Mittelwert =  $33.05^\circ$ , Standardfehler:  $3.75^\circ$ ) mit Resultaten aus verwandten Studien (z.B. Dillemath (2009) oder Johansson et al. (2013)), lässt sich erkennen, dass die RDF dieser Probandengruppe im allgemeinen Durchschnitt liegt. Des Weiteren sieht man, dass die Resultate der AdA sehr stark streuen (zwischen  $8^\circ$  und  $89.75^\circ$ ). In dieser Probandengruppe gibt es also Personen mit einer sehr guten Fähigkeit räumlich zu denken und solche mit einer eher schlechteren räumlichen Denkfähigkeit.

Arbeiten wie jene von Dillemath (2005), Ishikawa et al. (2008), Wilkening & Fabrikant (2011) und Rouiller (2013) konnten zeigen, dass Personen mit einer hohen Fähigkeit räumlich zu denken bei Navigations- und Karten-Lesen-Aufgaben grundsätzlich besser abschnitten als die Personen mit einer tiefen Fähigkeit. Dieser Unterschied konnte auch in diesem Experiment bestätigt werden. Bei der Richtungs- und Distanzschätzung sind die AdA mit hoher RDF signifikant besser gewesen. Der leicht hohe Korrelationskoeffizient der AdA mit hoher RDF um ca. 0.6 bestätigt in gewissen Massen auch die Theorie des Wissensaufbaus von Montello (1998). Die AdA mit hoher RDF haben schon nach einer Begehung ein gewisses – zumindest ein besseres als die AdA mit tiefer RDF - Verständnis der Distanzen und ihre Verhältnisse zueinander aufgebaut.

Diese signifikant bessere Schätzung der Richtung und Distanz widerspiegelt sich auch bei der MMR. Die Modelle der mentalen Karten der AdA mit hoher RDF erklären signifikant mehr von der Gesamtvarianz als die Modelle der AdA mit tiefer RDF. Auch in Bezug auf den Skalierungsfaktor erkennt man, dass sowohl in X- wie auch in Y-Richtung die mentalen Karten der AdA mit hoher RDF kaum verändert werden müssen, damit sie mit dem Massstab der mentalen Karte übereinstimmen. Ebenfalls weicht die Orientierung der mentalen Karten der AdA mit hoher RDF weniger stark von der realen Karte ab. Man

---

kann also behaupten, dass die AdA mit einer hohen RDF eine realitätsnähere genauere mentale Karte aufgebaut haben, als die AdA mit einer tiefen RDF.

Die AdA mit hoher RDF haben in dieser Studie also eine bessere mentale Karte aufgebaut, jedoch ist bezüglich der Ausrichtung der mentalen Karte kein klarer Unterschied zwischen AdA mit hoher und tiefer RDF zu erkennen. Bei beiden Gruppen weichen die mittleren Rotationswinkel der mentalen Karten im Gegenuhrzeigersinn ab. Betrachtet man den Standardfehler des Mittelwerts, so erkennt man, dass die Abweichung im Gegenuhrzeigersinn innerhalb der Gruppe von AdA mit hoher RDF konstanter ist als bei der Gruppe von AdA mit tiefer RDF. Es zeigt sich also, dass sich bei beiden Gruppen – und vor allem bei der Gruppe der AdA mit hoher RDF – der Rotationseffekt (Tversky, 1993; Glicksohn, 1994) beobachten lässt. Wie in Kapitel 6.2.3 vermutet wurde, ist für die Angleichung der mentalen Karte an den globalen Bezugsrahmen ein gutes Verständnis der Struktur notwendig. Eigentlich spricht dies dafür, dass dieser Effekt nur bei den AdA mit hoher RDF zu beobachten sein würde, da sie aufgrund ihrer hohen Fähigkeit mehr Wissen aufgebaut haben (bessere Richtungs- und Distanzschätzung, kleinerer Skalierungsfaktor). Jedoch lässt sich der Rotationseffekt auch bei den AdA mit tiefer RDF beobachten. Es wird deshalb die Vermutung aufgestellt, dass die Rotation der mentalen Karte nicht direkt mit der räumlichen Denkfähigkeit, sondern vielmehr mit dem Stress zusammenhängt (zur Erinnerung: In beiden RDF-Gruppe war die Hälfte der Personen unter Stress). Stress scheint hierbei dazu geführt zu haben, dass auch AdA mit tiefer RDF ein gutes Verständnis der Struktur der Umgebung aufgebaut haben, welches jenem der AdA mit hoher RDF ähnlich ist.

Beim Vergleich der Stress- und Kontrollgruppe wird vermutet, dass der bessere Aufbau von Überblickswissen der Stress-Gruppe mit der höheren Anzahl Blicke und längeren Gesamtblickdauer auf die Karte zusammenhängt. In diesem Vergleich der AdA mit hoher und tiefer RDF ist es schwieriger diese Hypothese aufzustellen, da in Bezug auf die Blickdauer kein Muster erkennbar ist. Hingegen ist bei der Fingerinteraktion ein Unterschied zu erkennen, welcher knapp nicht signifikant ist ( $p = 0.054$ ). Die AdA mit hoher RDF haben deutlich mehr Interaktionen pro Minute getätigt. Dies würde die Aussagen von Parush et al. (2007) und Richter et al. (2010) bestätigen, dass eine intensivere Auseinandersetzung mit der Karte zu einem besseren Wissen führt. Das Resultat der Fingerinteraktion bestätigt jedoch nicht die Resultate bei Rouillier (2013). In seiner Arbeit haben die Personen mit einer hohen RDF gleich häufig mit der Karte interagiert wie jene Personen mit einer tiefen RDF.

Es zeigt sich also, dass die AdA mit hoher räumlicher Denkfähigkeit mehr Überblickswissen aufgebaut haben, was vermutlich mit der intensiveren Auseinandersetzung mit der Karte zusammenhängt. Im Kapitel 6.3 wurde vermutet, dass die vermehrte und längere Blickinteraktion der Stress-Gruppe zu einem schlechteren Aufbau von Landmarken- und Routenwissen führte. Man könnte nun behaupten, dass die höhere Fingerinteraktion der AdA mit hoher RDF dazu führte, dass sie weniger Landmarken- und Routenwissen aufgenommen haben. Aufgrund der Resultate der Fotoaufgabe bestätigt sich dies jedoch nicht, denn die AdA mit hoher RDF haben mehr Landmarken- und Routenwissen aufgebaut: Die AdA

mit hoher RDF haben sowohl mehr der für sie korrekten Fotos erkannt, als auch in Bezug auf die Gesamtpunktzahl besser abgeschlossen. Trotz der höheren Interaktion und der vermutlich intensiveren Auseinandersetzung mit der Karte, was wiederum die Aufmerksamkeit fragmentiert (Ishikawa et al., 2008; Willis et al., 2009), konnten die AdA mit hoher RDF mehr Informationen über die Umgebung aus der egozentrischen Perspektive aufnehmen.

Dieses Resultat war in gewissen Massen zu erwarten, da aufgrund der signifikanten Korrelation des Tests zur Orientierung (Einteilungskriterium für diesen Vergleich) mit dem Test zur Merkfähigkeit (siehe Kap. 5.1.5) die AdA mit hoher RDF auch eine bessere Merkfähigkeit besitzen. So wird vermutet, dass diese AdA sich die Umgebung schneller und besser merken konnten. Dieses Resultat bestätigt grundsätzlich die Erkenntnisse von Münzer et al. (2012), welcher ebenfalls bei Personen mit höherer Merkfähigkeit ein besseren Aufbau von Landmarken- und Routenwissen beobachtete.

Zusammenfassend kann man sagen, dass die Aussage von Dilleuth (2005), Ishikawa et al. (2008), Wilkening & Fabrikant (2011) und Rouiller (2013) bestätigt werden kann und somit auch die in Kapitel 3 aufgestellte Hypothese bestätigt wurde. Personen mit einer hohen räumlichen Denkfähigkeit bauten im Rahmen dieses Experiments mehr Wissen über die Umgebung auf. Obwohl die AdA mit hoher RDF bei der Richtungs- und der Distanzschätzung signifikant besser waren, erkennt man bezüglich der Orientierung der mentalen Karten keinen grossen Unterschied zwischen den beiden Gruppen. Es wurde zuvor schon die Vermutung aufgestellt, dass die Rotation der mentalen Karte vor allem durch die Stres-induktion zustande gekommen ist. Die AdA mit einer hohen räumlichen Denkfähigkeit haben ebenfalls mehr Landmarken- und Routenwissen aufgebaut, was die Resultate von Münzer et al. (2012) in gewisser Massen bestätigt.

## 6.5.2 Vergleich des Stresseinflusses innerhalb der RDF-Gruppen

Im vorherigen Kapitel wurde die Vermutung aufgestellt, dass die Rotation der mentale Karte alleine aufgrund des Stresseinflusses zustande kam. Des Weiteren konnte aufgezeigt werden, dass in dieser Studie Personen mit einer höheren räumlichen Denkfähigkeit mehr Wissen aufgebaut sowie die AdA unter Stress besseres Überblickswissen erworben haben. Im Folgenden wird deshalb genauer diskutiert, ob Stress den gleichen Einfluss auf Personen mit einer hohen wie auf Personen mit einer tiefen räumlichen Denkfähigkeit hat. Bei diesen Resultaten ist aber wichtig anzumerken, dass es sich hier, aufgrund der Aufteilung in vier Gruppen (hohe RDF mS (9 AdA) und hohe RDF oS (9 AdA); tiefe RDF mS (9 AdA) und tiefe RDF oS (8 AdA)), um einen Vergleich von sehr kleinen Stichproben handelt und somit die Unterschiede nicht signifikant sind.

Wenn man sich zuerst wieder die Resultate der Stressmessung anschaut, erkennt man, dass die AdA der Stress-Gruppe mit hoher räumlicher Denkfähigkeit weniger Stress als die AdA der Stress-Gruppe mit tiefer räumlicher Denkfähigkeit empfunden haben. Man könnte vermuten, dass die Personen mit hoher räumlicher Denkfähigkeit den Stress weniger gefühlt haben, da für sie die Aufgabe an sich leichter war und „nur“ die Stressinduktion eine leichte Herausforderung darstellte. Die Personen mit tiefer räumlichen Denkfähigkeit könnten schon durch die Aufgabe allein stark gefordert sein, wozu dann noch die Stressinduktion als zusätzliche Herausforderung kam. In diesem Fall könnte es sein, dass die Stressintensität jenen Punkt überschritten hat, bis zu welchem Stress gemäss dem Yerkes-Dodson-Gesetz (Yerkes & Dodson, 1908; Hwang, 1994; Wilkening, 2012) noch leistungsfördernd ist.

Die Resultate des SSSQ-Fragebogens (Helton, 2004) zeigen, dass sowohl bei den AdA der Stress-Gruppe mit hoher als auch mit tiefer räumlicher Denkfähigkeit ein gewisses Stressgefühl vorhanden war. Bei ihnen ist im Gegensatz zu den zwei anderen Gruppen (hohe RDF oS, tiefe RDF oS) keine Abnahme des Distress zu beobachten. Bei den AdA mit hoher und tiefer RDF der Kontrollgruppe sind die erhöhten Werte der Hautleitfähigkeit vermutlich mit Engagement zu verbinden. Man kann also für diese Diskussion davon ausgehen, dass Stress sowohl von den AdA mit hoher RDF, als auch von den AdA mit tiefer RDF in der Stress-Gruppe empfunden wurde.

Bei der Richtungs- und Distanzschätzung zeigt sich ein interessantes Muster. Währendem die AdA mit hoher RDF unter Stress schlechter geschätzt haben, hatte der Stress eine positive, steigernde Wirkung bei den AdA mit tiefer RDF. Die Varianzanalyse hat dabei ergeben, dass es bei der Richtungs-schätzung einen Interaktionseffekt des Stresses und der räumlichen Denkfähigkeit gibt. Bei der Distanz-schätzung lässt sich ein leichter Trend dazu erkennen.

Eine Erklärung für diesen Effekt könnte sein, dass die AdA mit hoher RDF unter Stress mehr Druck verspürt haben, gute Leistungen in diesen Tests abzuliefern. Dieser Druck könnte dazu geführt haben, dass die Stressintensität so hoch war, dass es zu einem Leistungseinbruch kam (Yerkes & Dodson, 1908; Hwang, 1994; Wilkening, 2012). Dies widerspricht aber den Resultaten der Stresslevel-Messung, denn

die AdA mit hoher RDF unter Stress haben klar weniger emotionale Erregung gezeigt als die AdA mit tiefer RDF unter Stress.

Vielleicht hängt diese schlechtere Leistung mit weniger Motivation für das Experiment zusammen. Die AdA der hohen RDF-Gruppe unter Stress haben gemäss dem SSSQ-Fragebogen (Helton, 2004) weniger Engagement verspürt als die AdA mit tiefer RDF unter Stress. Es kann also sein, dass die Stressintensität für die AdA mit hoher räumlicher Denkfähigkeit in der Stress-Gruppe zu tief war, was wiederum gemäss dem Yerkes-Dodson-Gesetz (Yerkes & Dodson, 1908) einen negativen Einfluss auf die Leistung hat. Da es sich hierbei aber um nur 9 AdA handelt und die Streuung der SSSQ-Punktzahl mit negativen bis positiven Werten sehr gross ist, kann man hierzu keine abschliessende Beurteilung fällen.

Schaut man sich nun das Resultat der MMR an, erkennt man wieder, dass sich die AdA mit Stress, unabhängig von ihrer räumlichen Denkfähigkeit, eine dem Massstab der realen Karte entsprechende (Skalierungsfaktoren näher bei 1.0) aber in der Orientierung im Gegenuhrzeigersinn rotierte mentale Karte angeeignet haben. Dies bestätigt auch der Blick auf die Resultate der Richtungsschätzung. Die AdA mit tiefer sowie hoher RDF mit Stress haben in etwa den gleichen mittleren Winkelschätzfehler, welcher vermutlich aus Abweichungen in die gleiche Richtung entstanden ist.

Bei den AdA mit hoher und tiefer RDF ohne Stress erkennt man, dass die AdA mit hoher räumlicher Denkfähigkeit zwar die Richtungen klar besser schätzten, jedoch der Rotationswinkel in beiden Fällen vom Positiven ins Negative streut. Diese Resultate bestätigen die in Kapitel 6.5.1 aufgestellte Vermutung, dass der beobachtete Rotationseffekt (Angleichung der mentalen Karte an die globale Nord-Süd/Ost-West-Ausrichtung) der mentalen Karte der Stress-Gruppe vor allem mit der Stressinduktion und weniger mit der räumlichen Denkfähigkeit zusammenhängt.

In dieser Studie zeigt sich also, dass AdA mit hoher RDF eine bessere mentale Karte aufbauen und zwar unter Stress eine noch bessere als ohne Stressgefühl. Des Weiteren wird vermutet, dass Stress dazu führten könnte, dass auch AdA mit tiefer RDF eine gute und in der Genauigkeit (z.B. Skalierungsfaktor) jener der AdA mit hoher RDF ähnliche mentale Karte aufbauen können. In beiden Fällen – AdA mit hoher und tiefer RDF – scheint das aufgrund von Stress erworbene bessere Überblickswissen eine Angleichung an den globalen Bezugsrahmen zu erfahren.

Bei der Fotoaufgabe bestätigen sich die bisherigen Erkenntnisse. Sowohl auf die AdA mit hoher als auch mit tiefer räumlicher Denkfähigkeit hat der Stress einen negativen Effekt. Es bestätigt sich aber auch der Einfluss der räumlichen Denkfähigkeit. Die AdA mit tieferer räumlicher Denkfähigkeit sind sowohl unter Stress auch als ohne Stress schlechter gewesen. Die Varianzanalyse konnte zwar die Einflüsse nicht nachweisen, jedoch kann man aufgrund der Resultate dieses Vergleichs und der anderen zwei Untersuchungen („Stress- vs. Kontrollgruppe“ und „hohe vs. tiefe RDF“) vermuten, dass der Stress auf Personen mit hoher sowie auch mit tiefer räumlicher Denkfähigkeit einen negativen Einfluss auf den Aufbau von Landmarken- und Routenwissen hat. Der Einfluss der räumlichen Denkfähigkeit scheint aber stärker zu sein, da die AdA mit hoher RDF besser abschneiden.

Um die Diskussion des Vergleichs des Stresseinflusses auf die zwei Gruppen von räumlicher Denkfähigkeit zusammenzufassen: Es zeigt sich, dass die AdA mit einer tiefen räumlichen Denkfähigkeit und ohne Stressinduktion weniger Überblickswissen aufbauen als die AdA mit tiefer RDF mit Stress. Diese Resultat bestätigt grundsätzlich die in Kapitel 3 formulierte Hypothese: Personen mit tiefer räumlicher Denkfähigkeit schneiden in solchen Tests meist schlechter ab und der fehlende Stress führt zur bekannten Passivität bei der Navigation mit digitalen Karten, was einen negativen Effekt auf den Aufbau von Wissen hat (Parush et al., 2007; Ishikawa et al., 2008; Olivier & Burnett, 2008; Willis et al., 2009; Richter et al., 2010). Bei der hohen RDF-Gruppe ohne Stress zeigt sich, dass sie aufgrund ihrer höheren Fähigkeit räumlich zu denken mehr Wissen aufbauten, trotz möglicher passiver Haltung. Bei der hohen und tiefen RDF-Gruppe lässt sich ein unterschiedlicher Effekt des Stresses (leistungssteigernd bei tiefer RDF und leistungsschwächend bei hoher RDF) auf die Richtungs- und Distanzschätzung feststellen. Der beeinträchtigende Effekt von Stress bei Personen mit hoher RDF könnte mit einem fehlenden Empfinden der Stressinduktion zusammenhängen und der steigernde Effekt bei der tiefen RDF-Gruppe mit einem hohen Gefühl an Motivation für die Aufgabe. Die eingangs aufgestellte Vermutung, dass Stress bei den AdA mit hoher RDF einen leistungssteigernden Effekt hat, konnte so nicht bestätigt werden. Des Weiteren bestätigen diese Resultate die während der Diskussion formulierte Vermutung, dass, unabhängig von der räumlichen Denkfähigkeit, die unter Stress aufgebaute mentale Karte der Realität näher ist und so rotiert wird, dass die Ausrichtung mit dem globalen Bezugssystem der Himmelsrichtungen übereinstimmt. Die Resultate der Fotoaufgabe wiederum zeigen, dass Stress (ohne Stress besser) sowie die räumliche Denkfähigkeit (hohe RDF besser) einen Einfluss haben.

## 6.6 Kritische Betrachtung der Studie

Wie die Analyse der Resultate dieser Studie gezeigt hat, kann man in dieser Studie beim Aufbau von räumlichem Wissen gewisse Einflüsse von Stress feststellen, wie z.B. den Rotationseffekt der mentalen Karte oder die intensivere Auseinandersetzung mit der Karte, welches zu einem schlechteren Routenwissen führt. Im Folgenden möchte ich die verwendete Methodik kritisch reflektieren, welche bei der Interpretation der Resultate zu beachten sind.

Ein Einschränkung der Studie betrifft die Testumgebung. Richter et al. (2010) beobachteten in ihrer Studie unterschiedliche Resultate des Wissensaufbaus in zwei verschiedenen Testumgebungen und halten deshalb fest, dass die Komplexität der Testumgebung bei einer solchen Studie berücksichtigt werden muss. Eine zu einfache Umgebung könnte dazu führen, dass man sich für die Wegfindung nicht intensiv mit der Karte auseinandersetzen muss und somit vielleicht weniger Wissen aufbaut. Wie Richardson et al. (1999) beschreiben, kann eine zu einfache Struktur der Testumgebung den Unterschied beim Vergleich verschiedener Methoden zum Wissensaufbau reduzieren. Dies könnte ein Grund dafür sein, dass beim Vergleich der Stress- mit der Kontrollgruppe zwar Differenzen erkennbar sind, diese jedoch keine statistische Signifikanz erreichen. Wie bei der Durchführung der Studie jedoch beobachtet wurde, war die Testumgebung nicht zu einfach strukturiert, da es doch einige Personen gab, welche Mühe hatten die Checkpoints zu finden.

Eine zweite Limitierung der Studie betrifft die Stressinduktion. Für diese Studie wurden dafür die Stressoren Lärm, Zeitdruck und Überforderung (in Form der Dialogfenster) verwendet. Die Interpretation der Resultate der Stressmessung haben ergeben, dass diese Stressinduktion auch funktioniert hat. Jedoch kann festgestellt werden, dass es sich hier nicht um ein gleiches Stressempfinden handelt, wie wenn man in Wirklichkeit in der im Stressszenario beschriebenen Situation wäre. Dies wäre aus ethischen Gründen nicht möglich zu simulieren. Die verwendeten Stressoren hatten zum Ziel ein kurzes Stressgefühl auszulösen, welches sicherlich dem Gefühl in der Realität nahe kommt, jedoch für die Testpersonen ungefährlich ist. Das Empfinden dieses Stressgefühls ist aber auch abhängig davon, wie hoch die Motivation der Person für die Teilnahme am Experiment war. Aufgrund der Beobachtungen und persönlichen Gesprächen kann man sagen, dass es AdA gab, die sich in das Szenario hineinversetzt und dadurch den Stress auch stark gefühlt haben. Natürlich gab es auch ein paar wenige Teilnehmer in der Stress-Gruppe, die keine grosse Motivation und deshalb vermutlich auch keinen Stress verspürten. Da Stress stark mit der subjektiven Wahrnehmung zusammenhängt (Lazarus, 2006), ist es schwierig, einen oder mehrere Stressoren für eine Induktion während der Navigation zu finden, die wirklich bei allen Testpersonen stressauslösend wirkt.

Ein weiterer möglicher Grund für fehlende signifikante Unterschiede könnte die Grösse der Probandengruppe sein. Ich konnte mich sehr glücklich schätzen, dass die Armee freiwillig 35 AdA für diese Studie zur Verfügung gestellt hat und sehe dies als eine grosse Anzahl von Probanden mit Experten hintergrund an. Aber natürlich wären noch mehr Teilnehmende wünschenswert gewesen. Die Gruppengrösse (35 AdA) stellte vor allem diesbezüglich eine Limitierung dar, wenn man die Teilnehmer nach

mehreren Variablen (Stress und RDF) aufteilt. Gerade für die genauere Analyse des unterschiedlichen Einflusses von Stress auf Personen mit hoher und tiefer räumlicher Denkfähigkeit wären mehr Testpersonen wünschenswert gewesen.

Ein weiterer Punkt, den man bei der Interpretation der Resultate beachten muss, hängt mit der körperlichen Verfassung der AdA zusammen. Die Vortests wurden jeweils am Abend um ca. 19:30 durchgeführt. Da die AdA den ganzen Tag bereits Ausbildungskurse besuchen mussten, könnte es sein, dass die Müdigkeit einen Einfluss auf das Ergebnis der Tests hatte. Ebenfalls kann die Müdigkeit eine Rolle gespielt haben bei jenen AdA, die das Experiment morgens um 7:00 oder als letzte am Abend um 17:00 begannen. Aufgrund der Verfügbarkeit der AdA musste man in Kauf nehmen, dass einige AdA zu Beginn des Experiments nicht ganz ausgeruht und topfit waren. Dies wiederum kommt aber auch der Realität näher, denn das Aufkommen von Stress bei der Navigation kommt oftmals unerwartet.

Neben der Müdigkeit der Testpersonen könnte die Tageszeit noch einen anderen Einfluss auf die Studie gehabt haben. Die Sonneneinstrahlung und am Nachmittag führte dazu, dass die Karte auf dem Display zeitweise nicht mehr richtig erkannt wurde. Da die Karte bei einer ersten Begehung einer Umgebung ein wichtiges Hilfsmittel für den Aufbau von Überblickswissen ist (Münzer et al., 2006), könnte dies die Resultate bei den Tests des Überblickswissen beeinflusst haben. Einige AdA haben im Kommentarfeld des Schlussfragebogens geschrieben, dass sie aufgrund der Sonneneinstrahlung Schatten suchen oder mit der Hand spenden mussten, um die Karte nicht richtig lesen konnten. Wiederum ist hier aber anzumerken, dass dies einer realen Situation bei der Navigation nahe kommt.

Durch die Sonneneinstrahlung verschlechterte Sicht auf die Karte kann auf die Dauer sehr nervig sein, was wiederum Stress auslösen kann. Im Falle der Stress-Gruppe kann man dies als einen unerwarteten Stressor bezeichnen. Ein weiterer unerwarteter Stressor waren die verwendeten Kopfhörer. Bei einigen AdA waren die Kopfhörer nicht ganz passend und mussten beim Gehen immer wieder in die Ohren gesteckt werden, was einige AdA gestört hat. Diese zwei unerwarteten Stressoren sind aus meiner Sicht nicht negativ zu werten, sondern als unerwartete Unterstützung bei der Stresssimulation.

Ebenfalls stellt die Verarbeitung der Daten aus der Stresslevel-Messung eine Einschränkung der Studie dar. Die Aufnahme der Grundwerte, wie sie hier gemacht wurde (1 min normales Gehen und 30 Sek. schnelles Gehen), stellt nicht eine standardisierte Methode dafür dar. Ziel dieser Aufnahme ist es aufzuzeichnen, wie stark die Reaktion der Hautleitfähigkeit auf eine Stressinduktion ist, um die Daten anschließend damit normalisieren zu können. Gemäss Braithwaite et al. (2013) gibt es aber für die Aufnahme der Grundwerte bis anhin noch keine universelle Methode. Braithwaite et al. (2013) schlagen vor die Grundwerte einer Stressreaktion anhand eines Handklatschens, Zerplatzen eines Ballons oder einem tiefen Atemzug aufzunehmen. Jedoch wäre es fraglich gewesen, eine solche Reaktion der Hautleitfähigkeit als Referenzwert für die Stressinduktion in dieser Studie zu verwenden. Die Art der Aufnahme der Grundwerte ist deshalb als ein Versuch anzusehen. Weitere Studien müssten die Validität dieses Ansatzes überprüfen.

Eine weitere Einschränkung ist bezüglich dem SSSQ-Fragebogens (Helton, 2004) auszumachen. Der SSSQ-Fragebogen bildet ein gutes Instrument, um die Veränderung der Hautleitfähigkeit einem Gefühl zu zuordnen (Maggi & Fabrikant, 2014). In dieser Studie wird aber der Wahrheitsgehalt der Antworten der AdA auf diese Fragen vereinzelt angezweifelt. Einige Testpersonen haben während dem Ausfüllen Aussagen gemacht wie z.B. „Diese Fragen sind doch lächerlich“ oder „Was ist denn das für eine doofe Frage“. Es könnte deshalb sein, dass diese Antworten nicht immer ganz der Wahrheit entsprechen. Es wäre jedoch auch kritisch gewesen, nur aufgrund von solchen kurzen Aussagen darauf zu schliessen, dass die Person nicht wahrheitsgetreu geantwortet hat. Die Resultate dieses Fragebogens sind aber aufgrund der Möglichkeit von Falschaussagen mit Vorsicht zu betrachten.

Eine weitere Limitierung der Studie stellen die verwendeten Szenen für die Fotos der Fotoaufgabe dar. Es wurde darauf geachtet, dass die Szenen erst kurz vor Beginn der Studie fotografiert werden, damit am Tag der Studie alles möglichst gleich aussieht. Nichtsdestotrotz kann es natürlich sein, dass z.B. um die Mittagszeit, wenn viele Leute nach Hause kamen, die Umgebung anders wahrgenommen wurde. Dies könnte einen Einfluss auf das Resultat der Fotoaufgabe genommen haben.

Des Weiteren gab es nicht die Möglichkeit „richtige“ Landmarken gemäss der Definition von Siegel & White (1975) für die Fotoaufnahmen zu verwenden, da es sich bei der Testumgebung um ein gewöhnliches Wohnquartier handelt. Es wurde zwar darauf geachtet, dass in den Szenen auf den Fotos etwas Einzigartiges vorkam (z.B. Schneeflocke in Abb.78), jedoch bot sich diese Möglichkeit nicht immer. Von echten Landmarken zu sprechen ist also schwierig. Dies könnte einen Einfluss auf das Resultat bei der Fotoaufgabe gehabt haben. Es wäre zu prüfen, ob die verwendete Methode von Münzer et al. (2006) und Ishikawa & Takahashi (2013) besser geeignet wäre. In beiden Arbeiten mussten die Testpersonen angeben, wie sicher sie sind, eine Szene auf einem Foto gesehen zu haben.

Das Problem der fehlenden „echten“ Landmarken in den Szenen, könnte man aber auch aus einem anderen Blickwinkel betrachten: Wenn die Armee, Polizei oder sonstige Sicherheits- und Rettungsorganisationen im Einsatz sind, ist es vermutlich oft der Fall, dass sie in Wohnquartieren unterwegs sind, in welchen es vermutlich nicht immer klar erkennbare Landmarken gibt. Meiner Ansicht nach, könnte man sich fragen, ob es nicht gerade bei den Berufspersonen wichtig ist, dass sie sich an kleine feine Unterschiede (z.B. die Schneeflocke) in der Umgebung erinnern können.

Die Anzahl der schätzenden Punkte stellt eine weitere Limitierung dar. In verwandten Studie (Thorn-dyke & Hayes-Roth, 1982; Richardson et al., 1999; Willis et al., 2009) mussten die Testpersonen die Richtung- und Distanz zu deutlich mehr Punkten schätzen. Gerade bei der Distanzschätzung wird vermutet, dass nur sechs Schätzungen zu wenig sind, um das vorhandene metrische Wissen wirklich zu ausführlich zu überprüfen. Bei der Richtungsschätzung konnte ein leicht besseres Resultat unter Stress beobachtet werden, jedoch war dieser Unterschied nicht signifikant, was eventuell mit der geringen Anzahl Schätzungen zusammenhängen könnte. Aufgrund der verfügbaren Zeit der Teilnehmenden muss aber auf mehr Schätzungen verzichtet werden.

Aufgrund der zeitlichen Begrenzung dieser Arbeit war es mir nicht mehr möglich, die Resultate des Hauptexperimentes mit Hilfe der Antworten zu den Erfahrungen im Persönlichkeitsfragebogen (z.B. Karten lesen, Navigation usw.) (siehe Kapitel 5.1.1) genauer zu untersuchen. Da sich aber gezeigt hat, dass die Erfahrung eventuell eine wichtige Rolle bei der Fotoaufgabe in dieser Studie gespielt hat, wäre es sicherlich empfehlenswert, dies nachzuholen.

## 7 SCHLUSSWORT UND AUSBLICK

Stress kann einen Einfluss auf unsere Aufmerksamkeit und Konzentrationsfähigkeit haben (Bodenmann & Gmelch, 2009) und je nach Intensität sowie der subjektiven Empfindung kann die Beeinflussung auf unsere Leistung bei der Navigation positiv oder negativ sein (Yerkes & Dodson, 1908; Lupien et al., 2007; Wilkening, 2012). Stresseinfluss bei der Navigation ist etwas, was bei jeder Person im Alltag vorkommen kann (z.B. Lärm, Verkehrsüberlastung, Zeitdruck) (Evans et al., 1984). Vor allem aber Berufsleute aus den Bereichen Sicherheit und Rettung (z.B. Sanitäter, Militär, Feuerwehrleute) können bei der Navigation mit Karten in Stresssituationen geraten. Bei diesen Personen ist es wichtig, dass sie während einem Einsatz immer wissen wo sie sind und wie ihre Umgebung rund herum aussieht. Da sie oftmals in unbekanntem Gebieten unterwegs sind, ist es für sie absolut notwendig, eine möglichst gute mentale Karte aufzubauen, um sich im Falle eines Verlusts des Navigationshilfsmittels doch noch orientieren zu können (Münzer et al., 2006; Huang et al., 2012; Johansson et al., 2013). Wie also beeinflusst Stress während der Navigation den Aufbau von räumlichem Wissen? Da heutzutage immer häufiger auf Navigationssysteme vertraut wird und mobile Geräte auch im Sicherheitsbereich langsam Einzug halten, ist es wichtig zu wissen, welchen Einfluss diese Systeme haben (Huang et al., 2012). Ohne Stresseinfluss ist bereits bekannt, dass Navigationssysteme zu einem passiven Verhalten bei der Navigation und zu weniger räumlichem Wissen führen (Parush et al., 2007; Ishikawa et al., 2008; Olivier & Burnett, 2008; Willis et al., 2009; Richter et al., 2010). Aber welche Auswirkungen hat eine Stresssituation auf den Aufbau von räumlichem Wissen bei der Navigation mit digitalen Karten?

Um diese Frage zu beantworten, wurde eine Studie mit 35 Angehörigen der Armee (AdA) durchgeführt. Diese AdA gehören zu den Truppen, welche im Rahmen des 32. Kontingents der Schweizer Armee im Ausland (Kosovo) dienen werden. Die ausgewählten AdA bekleiden Funktionen, bei welchen sie im Einsatzraum nahezu täglich navigieren müssen. Im Rahmen dieser Studie mussten die AdA aufgrund eines beschriebenen Szenarios eine Navigationsaufgabe lösen. Diese Aufgabe diente dazu, Wissen über die Umgebung aufzubauen. Während dieser Lernphase wurde bei der Hälfte der AdA Stress induziert (Stress-Gruppe). Die andere Hälfte konnte die Navigationsaufgabe ohne jeglichen Stresseinfluss lösen (Kontrollgruppe). Am Zielpunkt der Navigationsaufgabe angekommen, endete die Stressinduktion und die AdA mussten drei Tests zur Überprüfung des Wissens lösen.

Die Auswertung dieser Tests zeigte: Stress hat in dieser Studie einen Einfluss auf das erworbene räumliche Wissen. Eingangs wurde vermutet, dass Stress grundsätzlich zu einem allgemein besseren räumlichen Wissen führt. Diese Hypothese konnte nicht vollumfänglich bestätigt werden. Der Einfluss von Stress ist nicht auf allen drei Stufen des räumlichen Wissens – Landmarken-, Routen- und Überblickswissen (Siegel & White, 1975) – positiv. Es wurde beobachtet, dass die AdA der Stress-Gruppe in der Tendenz ein besseres Überblickswissen aufbauten: Die AdA der Stressgruppe waren bei der Richtungsschätzung leicht besser und über alle Punkte gesehen waren ihre Schätzungen konstanter. Diese konstante Schätzung hat auch dazu geführt, dass die anhand der Richtungs- und Distanzschätzung re-

konstruierten mentalen Karten näher an der realen Karte sind als die mentalen Karten der Kontrollgruppe. Dies zeigt, dass die AdA der Stress-Gruppe mehr Informationen über die globale Umgebung (= Testumgebung) aufgenommen haben. Es wird vermutet, dass der Grund für dieses bessere Überblickswissen der intensivere Umgang mit der digitalen Karte ist. Die stichprobenweise Analyse der Blickinteraktionsdaten zeigt, dass die AdA unter Stress häufiger, länger und in der Blickverteilung breiter auf die Karte geachtet haben als die Kontrollgruppe.

Die in der Literatur (z.B. Parush et al. (2007), Ishikawa et al. (2008) und Richter et al. (2010)) bekannte Passivität bei der Navigation mit digitalen Karten, welche zu einem schlechteren Wissen führt, konnte durch die Kontrollgruppe bestätigt werden. Das beobachtete Verhalten war eher passiv, und man betrachtete die Karte häufig nur um die eigene Position anhand der automatischen Lokalisierung durch das Gerät zu überprüfen. Bei der Stress-Gruppe hingegen wird anhand der Resultate vermutet, dass man durch den Stress die Passivität überwindet, wieder aktiver wird und dadurch mehr Überblickswissen aufbaut.

Unter Stress baut man also ein besseres Verständnis über die Umgebung aus der allozentrischen Ansicht auf, jedoch konnte beobachtet werden, dass die aufgebaute mentale Karte einen Rotationseffekt erfährt. Die mentalen Karten der Stress-Gruppe waren alle (bis auf jene von einer Person) im Gegenursweigersinn rotiert. Der Grund für diese Rotation ist die Angleichung der mentalen Karte am globalen Bezugsrahmen der Himmelsrichtungen, denn die Struktur und Ausrichtung der Testumgebung wichen um ca. 30° im Uhrzeigersinn von der globalen Nord-Süd, Ost-West Ausrichtung ab. Dass der Mensch seine mentale Repräsentation eines kleineren Raumes an einem grösseren Bezugssystem ausrichtet ist bekannt (Tversky, 1993; Glicksohn, 1994). Interessant ist aber zu sehen, dass dies beim Lernen mit digitalen Karten unter Stress passiert und dass dieser Effekt unabhängig von der räumlichen Denkfähigkeit ist. Sowohl die AdA mit hoher als auch mit tiefer räumlichen Denkfähigkeit haben ihre mentale Karte am globalen Bezugsrahmen angeglichen.

Der Rotationseffekt unterstützt die Vermutung, dass man besseres Überblickswissen unter Stress aufbaut, denn die AdA der Stress-Gruppe hatten ein klares Verständnis von der leicht gitterförmigen Struktur des Raumes und haben diese Struktur dem globalen Bezugssystem angepasst. Bei der Kontrollgruppe hingegen weichen die mentalen Karten in beide Richtungen ab und der Skalierungsfaktor zeigt, dass diese AdA weniger Wissen über die grundlegende Struktur der Testumgebung aufgebaut haben.

Die aktivere Auseinandersetzung mit der Karte unter Stress begünstigt zwar den Aufbau von Überblickswissen (oder wie es Lobben (2004) nennt, das *survey mapping*), jedoch wird dadurch das Wissen über die lokale Umgebung negativ (das *environmental mapping* (Lobben, 2004)) beeinflusst. Anhand einer Szenenerkennungsaufgabe wurde dieses lokale Landmarken- und Routenwissen getestet. Beide Gruppen haben tendenziell wenige Szenen wieder erkannt. Der Grund dafür könnte die in der Literatur bekannte fragmentierte Wahrnehmung (laufender Wechsel zwischen Fokus auf die digitale Karte und auf die Umwelt) sein, welche durch die digitale Karte mit ihren automatisierten Prozessen verursacht wird (Ishikawa et al., 2008; Willis et al., 2009). Da die Stress-Gruppe ein schlechteres Resultat als die

Kontrollgruppe erzielt hat, wird vermutet, dass Stress dazu führt, dass die Aufmerksamkeit noch stärker fragmentiert wird bzw. dass der Hauptfokus nur noch auf der Karte liegt. Die lokale Umgebung wird dadurch aus der egozentrischen Perspektive weniger wahrgenommen, was vermutlich zum schlechteren Resultat bei der Szenenerkennung in dieser Studie geführt hat. Wie aus persönlichen Gesprächen mit den AdA hervorging, erfährt diese verminderte Wahrnehmung zusätzlich noch eine sehr lokale Fokussierung. Aufgrund der Ausbildung konzentrierten sich die AdA vor allem auf bewegliche Elemente und kleine Elemente (z.B. Fenster und Türen) in der Umgebung, welche eine Gefahr für sie darstellen könnten. Diese lokale Fokussierung wird vermutlich ebenfalls zu einem schlechteren Resultat in dieser Studie geführt haben.

Die vorgestellte Studie konnte bestätigen, dass Personen mit einer hohen Fähigkeit räumlich zu denken, in räumlichen Aufgaben wie z.B. dem Aufbau von Wissen bessere Resultate erzielen (Dillemuth, 2005; Ishikawa et al., 2008; Wilkening & Fabrikant; 2011; Rouiller, 2013). Die AdA mit hoher räumlicher Denkfähigkeit haben sowohl mehr Überblickswissen als auch mehr an Landmarken- und Routenwissen aufgebaut. Jedoch zeigte sich, dass unter Stress die AdA mit hoher und tiefer räumlicher Denkfähigkeit weniger lokales Wissen (Landmarken- und Routenwissen) aufbauten als die AdA der Kontrollgruppe. Gemäss dieser Studie führt Stress also unabhängig von der räumlichen Denkfähigkeit dazu, dass man sich stärker auf die Karte fokussiert, wodurch man weniger Wissen über die Umgebung aus der egozentrischen Perspektive aufnimmt.

Spannend zu sehen war, dass der Stress in dieser Studie einen unterschiedlichen Effekt auf das Schätzen von Richtungen und Distanzen bei den AdA mit hoher und tiefer räumlicher Denkfähigkeit hat. Währendem die AdA mit tiefer RDF unter Stress besser geschätzt haben, zeigt sich bei den AdA mit hoher RDF unter Stress eine Verschlechterung der Schätzungen. Es wird vermutet, dass dies mit dem empfundenen Stress zusammenhängt. Die AdA mit tiefer RDF unter Stress zeigen einen höheren Ausschlag bei der Messung der Hautleitfähigkeit, währendem die AdA mit hoher RDF nur wenig Stress empfinden zeigen. Der Grund könnte hier also sein, dass bei den AdA mit tiefer RDF gemäss dem Yerkes-Dodson Gesetz (Yerkes & Dodson, 1908; Hwang, 1994; Mendl, 1999; Lupien et al. 2007) ein optimales leistungssteigerndes Stressniveau erreicht wurde. Bei den AdA mit hoher RDF jedoch war die Stressintensität noch zu tief, um einen leistungssteigernden Effekt zu verzeichnen. Wie aber bereits erklärt, zeigen beide RDF-Gruppen – AdA mit hoher sowie mit tiefer RDF – unter Stress einen Rotationseffekt der mentalen Karte zur Angleichung der Ausrichtung an das globale Bezugssystem Nord-Süd, Ost-West.

Um die Erkenntnisse dieser Studie zusammenzufassen: In den bisherigen Untersuchungen des räumlichen Wissens mit Hilfe von digitalen Karten wurde entdeckt, dass diese Karten einen negativen Effekt auf den Wissenserwerb im Allgemeinen haben (Landmarken-, Routen- und Überblickswissen) (Parush et al., 2007; Ishikawa et al., 2008; Olivier & Burnett, 2008; Willis et al., 2009; Richter et al., 2010). Was hierbei aber nicht in Betracht gezogen wurde, ist das Wohlbefinden der Person. Zieht man den Faktor Emotionen in die Untersuchung mit ein, wie es in dieser Arbeit gemacht wurde, zeigt sich (auch wenn

signifikante Unterschiede vermutlich aufgrund der kleinen Probandengruppe fehlen), dass diese These nicht für alle Lebenssituationen stimmt. Gemäss den Resultaten dieser Studie führt Stress dazu, dass die bei der Navigation mit digitalen Karten beobachtete Passivität überwunden wird und durch die aktivere Beschäftigung mit der Karte wieder mehr globales Überblickswissen aufgebaut wird. Die digitalen Karten führen also nicht grundsätzlich zu schlechterem Wissen, wenn man das Wohlbefinden berücksichtigt. Durch das bessere Verständnis des Raumes kommt es aber zu einem bekannten Effekt bei mentalen Karten: Die mentale Karte wird so rotiert, dass die Ausrichtung einem grösseren Bezugssystem (in diesem Fall Nord-Süd, Ost-West) entspricht (Tversky, 1993; Glicksohn 1994). Die intensivere Fokussierung hat aber den negativen Effekt, dass man weniger von der direkten Umgebung wahrnimmt und sich somit aus der egozentrischen Perspektive nicht mehr gut an die Umgebung erinnern kann. Man nimmt zwar die Umwelt noch wahr, jedoch wird diese verminderte Wahrnehmung noch durch die Ausbildung und den allgemeinen Hintergrund der Person beeinflusst. Die räumliche Denkfähigkeit spielt, wie auch bei anderen Arbeiten gezeigt wurde (Dillemuth, 2005; Wilkening & Fabrikant, 2011; Rouiller, 2013), ebenfalls eine Rolle, jedoch überwiegt der Effekt von Stress auf den Einfluss der räumlichen Denkfähigkeit in Bezug auf das Landmarken – und Routenwissen sowie auf den Rotationseffekt.

## 7.1 Ausblick

Was heisst dies alles nun für die zukünftige Forschung? Einerseits kann man sagen, dass die Emotionen bei der Navigation sicherlich eine Rolle spielen und somit zu berücksichtigen sind. Wie die Literaturrecherche in dieser Arbeit gezeigt hat, ist der Einfluss von Stress und Emotionen im Allgemeinen auf die Wegfindung und das räumliche Wissen noch kaum untersucht worden. Ist jemand während der Navigation gestresst, kann dies gemäss den präsentierten Resultaten zu einem veränderten Verhalten führen (z.B. Überwindung der Passivität bei der Navigation mit digitalen Karten). Verschiedene Einflüsse (z.B. positiv auf das Überblickswissen, negativ auf das Landmarken- und Routenwissen, Rotationseffekt unter Stress) wurden aufgezeigt und mögliche Gründe formuliert, welche es in zukünftigen Arbeiten genauer zu untersuchen gilt.

Beispielsweise die auf den hier basierenden Resultaten aufgestellte Vermutung, dass das bessere Überblickswissen von der verstärkten Fokussierung auf die Karte stammt. Kann dies bestätigt werden? Welchen Einfluss nimmt dabei die Bildschirmgrösse des Gerätes ein? Baut man unter Stress auch besseres Überblickswissen auf, wenn man z.B. mit einem Smartphone, welches einen halb so grossen Display wie das hier verwendete Tablet hat, diese Studie durchführen würde?

Dillemuth (2005) und Jordi (2010) zeigten auf, dass eine topographische Karte auf mobilen Geräten bevorzugt wird. Gilt diese Präferenz aber auch für Situationen, in welcher man unter Stresseinfluss steht? Des Weiteren kann man sich aus gestalterischer Sicht fragen, ob es ein Kartendesign gibt, mit welchem man mehr räumliches Wissen unter Stress aufbaut? Huang et al. (2012) haben hierbei ver-

schiedene Kartendesigns in Bezug auf das räumliche Wissen untersucht, jedoch keine signifikanten Unterschiede gefunden. Dieses Resultat könnte mit der Passivität bei der Wegfindung mit digitalen Karten zusammenhängen. Unter Stress jedoch wird diese Passivität überwunden und man kann sich deshalb fragen, ob man zum gleichen Ergebnis wie Huang et al. (2012) kommt, wenn man den Faktor Wohlbefinden mit einbezieht.

Grundsätzlich muss aber auch der Frage nachgegangen werden, welche Art von Wissen (Landmarken-, Routen- oder Überblickswissen) im Bereich der Sicherheit und Rettung entscheidend ist und wie eine digitale Karte als Vermittlerin für räumliche Informationen hier weiterhelfen kann. Man sollte überlegen, wie man eine digitale Karte gestalten kann bzw. mit welchen Funktionalitäten man sie ausstatten müsste, so dass auch unter Stress ein gewisses Landmarken- und Routenwissen aufgebaut werden kann.

Des Weiteren sollte die entdeckte Rotation der mentalen Karte zur Angleichung an das globale Bezugssystem weiter untersucht werden. Es konnte aufgezeigt werden, dass dieser Effekt nicht mit der Fähigkeit räumlich zu denken zusammenhängt. Aber wie sieht es mit dem Einfluss der Erfahrung im Umgang mit Karten aus? Wie Ooms et al. (2013) zeigte, spielt die Erfahrung beim Aufbau von Wissen eine wichtige Rolle. Im Rahmen dieser Studie war es aus Zeitgründen nicht mehr möglich, die Resultate anhand der aufgenommenen Erfahrungen im Persönlichkeitsfragebogen (siehe Kap. 4.3.1) zu testen. Dies wäre in einer nächsten Studie sicherlich zu berücksichtigen.

Aufgrund der beschriebenen Einschränkungen dieser Studie gibt es ebenfalls weitere Untersuchungsmöglichkeiten. Eine grosse Einschränkung war die Probandenanzahl. Vielleicht bietet sich in einer weiteren Zusammenarbeit mit z.B. Armee, Polizei oder Feuerwehr (für Navigation in Gebäuden) die Möglichkeit, mehr Personen zu rekrutieren. Dies wäre vor allem im Hinblick auf den beobachteten unterschiedlichen Effekt von Stress auf Personen mit hoher und tiefer räumlicher Denkfähigkeit interessant. Die gezielte Untersuchung des Stresseinflusses auf Personen mit unterschiedlichen räumlichen Denkfähigkeiten stellt eine weitere mögliche Studie dar.

Des Weiteren konnten die Daten des mobilen Eyetrackers nicht vollständig ausgewertet werden. Wie aber die stichprobenweise Analyse der Daten zeigte, ist ein mobiler Eyetracker ein sinnvolles Instrument zur Untersuchung des Gebrauchs der mobilen digitalen Karten. Einige der hier entdeckten Unterschiede hängen vermutlich mit der Blickinteraktion zusammen, weshalb es zukünftig interessant wäre, einen mobilen Eyetracker miteinzubeziehen.



---

## 8 LITERATUR

- Allen, G., Kirasic, K., Dobson, S., Long, Richard G., & Beck, S. (1996). Predicting environmental learning from spatial abilities: An indirect route. In: *Intelligence*, 22 (3), S. 327–355.
- Antonenko, P., Paas, F., Grabner, R., & van Gog, T. (2010). Using Electroencephalography (EEG) to measure cognitive load. In: *Educational Psychology Review*, 22, S. 425-438.
- Bodenmann, G., & Gmelch, S. (2009). Stressbewältigung. In: Margraf J., Schneider, S. (Hrsg.): *Lehrbuch der Verhaltenstherapie*. Springer Verlag, Berlin Heidelberg, S. 617-629.
- Braithwaite, J. J., Watson, D. G., Jones, R., & Rowe, M. (2013). A guide for analysing electrodermal activity (EDA) & skin conductance responses (SCRs) for psychological experiments. In: *Psychophysiology*, 49, S. 1017-1034.
- Brügger, A. (2015). Where are the Ups and Downs? Evaluating Elevation Representations for Bicycle Paths in City Maps. Masterarbeit. Geographisches Institut der Universität Zürich, Zürich.
- Burgess, N., Maguire, E. A., & O'Keefe, J. (2002). The human hippocampus and spatial and episodic memory. In: *Neuron*, 35(4), S. 625-641.
- Byrne, R. W. (1979). Memory for urban geography. In: *The Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 31(1), S. 147-154.
- Carbon, C. C. (2013). BiDimRegression: Bidimensional regression modeling using R. In: *Journal of Statistical Software, Code Snippets*, 52(1), S. 1-11.
- Chen, C. H., Chang, W. C., & Chang, W. T. (2009). Gender differences in relation to wayfinding strategies, navigational support design, and wayfinding task difficulty. In: *Journal of environmental psychology*, 29(2), S. 220-226.
- Dan-Glauser, E. S., & Scherer, K. R. (2011). The Geneva affective picture database (GAPED): a new 730-picture database focusing on valence and normative significance. In: *Behavior Research Methods*, 43(2), S. 468-477.
- Dillemuth, J. (2005). Map design evaluation for mobile display. In: *Cartography and Geographic Information Science*, 32 (4), S. 285–301.
- Dillemuth, J. (2009). Navigation Tasks with Small-Display Maps: The Sum of the Parts Does Not Equal the Whole. In: *Cartographica: The International Journal for Geographic Information and Geovisualization*, 44(3), S. 187–200.
- Deseö, O., Frei, P., & Huldi, R. (2014). Projekt «Irchel2Go»: Eine Studie über das Beschriftungssystem des Standorts Irchel der Universität Zürich. Nicht veröffentlichte Seminararbeit. Geographisches Institut der Universität Zürich, Zürich.

- 
- Downs, R. M., & Stea, D. (1973). Cognitive maps and spatial behavior: Process and products. In: Downs, R.M., Stea D. (Hrsg.): *Image and Environment: Cognitive Mapping and Spatial Behavior*. Aldine Press. Chicago, S. 8-26.
- Duncko, R., Cornwell, B., Cui, L., Merikangas, K. R., & Grillon, C. (2007). Acute exposure to stress improves performance in trace eyeblink conditioning and spatial learning tasks in healthy men. In: *Learning & memory*, 14(5), S. 329-335.
- Ekstrom, R. B., French, J. W., Harman, H. H., & Dermen, D. (1976). Manual for kit of factor referenced cognitive tests, Educational Testing Service, Princeton, NJ.
- Ergoneers (2011a). Dikablis – The Eye Tracking System User Manual Dikablis Software. For Dikablis Software Version 2.0. September 2011.
- Ergoneers (2011b). D-Lab & D-Lab Control Plan Measure Analyse User Manual. Valid for D-Lab Versions 2.0 and 2.1. September 2011.
- Evans, G. W., & Cohen, S. (1984). Environmental stress. In: Stokols, D., & Altman, I. (Hrsg.): *Handbook of Environmental Psychology*. John Wiley & Sons, S. 571-610.
- Evans, G., Skorpanich, M., Gärling, T., Bryant, K., Bresolin, B. (1984). The effects of pathway configuration, landmarks and stress on environmental cognition. In: *Journal of Environmental Psychology*, 4 (4), S. 323–335.
- Fabrikant, S.I., Christophe, S., Papastefanou, G., & Maggi, S. (2012). Emotional response to map design aesthetics. In: *Proceedings (Extended Abstracts) GIScience 2012*, September 2012, Columbus.
- Field, K., O'Brien, J., Beale, L. (2011). Paper Maps Or GPS? Exploring Differences In Way Finding Behaviour And Spatial Knowledge Acquisition. In: *International Cartographic Conference*, Juli 2011, Paris.
- Figner, B., & Murphy, R.O. (2011). Using skin conductance in judgment and decision making research. In: Schulte-Mecklenbeck, M., Kühberger, A., & Ranyard, R. (Hrsg.): *A handbook of process tracing methods for decision research*, Psychology Press, New York, S.163-184.
- Gartner, G., & Hiller, W. (2009). Impact of restricted display size on spatial knowledge acquisition in the context of pedestrian navigation. In: Gartner, G., Rehr, K. (Hrsg.): *Location Based Services and TeleCartography II*, Springer Verlag, Berlin Heidelberg. S. 155-166.
- Giannopoulos, I., Kiefer, P., Raubal, M., Richter, K. F., & Thrash, T. (2014). Wayfinding decision situations: A conceptual model and evaluation. In: *Proceedings of the 8<sup>th</sup> International Conference on Geographic Information Science*, September 2014, Wien, Österreich, S. 221-234.
- Glicksohn, J. (1994). Rotation, orientation, and cognitive mapping. In: *The American journal of psychology*, 107 (1), S. 39-51.
-

- Griffin, A. L., & Bell, S. (2009). Applications of signal detection theory to geographic information science. In: *Cartographica: The International Journal for Geographic Information and Geo visualization*, 44(3), S. 145-158.
- Hegarty, M., Richardson, A. E., Montello, D. R., Lovelace, K., & Subbiah, I. (2002). Development of a self-report measure of environmental spatial ability. In: *Intelligence*, 30(5), S.425–447.
- Hegarty, M., & Waller, D. (2004). A dissociation between mental rotation and perspective-taking spatial abilities. In: *Intelligence* 32(2), S. 175-191.
- Helton, WS. (2004). Validation of a Short Stress State Questionnaire. In: *Proceedings of the 48th Meeting of the Human Factors and Ergonomics Society*, 48(11), S. 1238-1242.
- Herman, J. F., & Siegel, A. W. (1977). The Development of Spatial Representations of Large-Scale Environments. Learning Research and Development Center, Universität Pittsburgh.
- Hirtle, S. C., & Raubal, M. (2013). Many to many mobile maps. In: Raubal, M. et al. (Hrsg.): *Cognitive and Linguistic Aspects of Geographic Space*. Springer, Berlin Heidelberg, S. 141-157.
- Huang, H., Schmidt, M., & Gartner, G. (2012). Spatial Knowledge Acquisition with Mobile Maps, Augmented Reality and Voice in the Context of GPS-based Pedestrian Navigation: Results from a Field Test. In: *Cartography and Geographic Information Science*, 39(2), S. 107–116.
- Hwang, M. I. (1994). Decision making under time pressure: a model for information systems research. In: *Information & Management*, 27(4), S. 197-203.
- Ishikawa, T., & Montello, D. R. (2006). Spatial knowledge acquisition from direct experience in the environment: Individual differences in the development of metric knowledge and the integration of separately learned places. In: *Cognitive psychology*, 52(2), S.93-129.
- Ishikawa, T., Fujiwara, H., Imai, O., & Okabe, A. (2008). Wayfinding with a GPS-based mobile navigation system: A comparison with maps and direct experience. In: *Journal of Environmental Psychology*, 28, S. 74-82.
- Ishikawa, T., & Takahashi, K. (2013). Relationships between Methods for Presenting Information on Navigation Tools and Users' Wayfinding Behavior. In: *Cartographic Perspectives*, 75, S. 17–28.
- Joëls, M., Pu, Z., Wiegert, O., Oitzl, M., & Krugers, H. (2006). Learning under stress: how does it work?. In: *Trends in cognitive sciences*, 10(4), S. 152–158.
- Johansson, B. J., Hellgren, C., Oskarsson, P. A., & Svensson, J. (2013). Supporting situation awareness on the move-the role of technology for spatial orientation in the field. In: *The 10th International ISCRAM Conference*, Mai 2013, Baden-Bade, Deutschland, S. 442-451.

- 
- Jordi, P. O. (2010). Evaluation von Abstraktionsgraden in der Fussgängernavigation. Masterarbeit. Geographisches Institut der Universität Zürich, Zürich.
- Kiefer, P., Straub, F., & Raubal, M. (2012). Towards location-aware mobile eye tracking. In *Proceedings of the Symposium on Eye Tracking Research and Applications*, März 2012, Santa Barbara, S. 313- 316.
- Kiefer, P., Giannopoulos, I., & Raubal, M. (2013). Where am I? Investigating map matching during self-localization with mobile eye tracking in an urban environment. In: *Transactions in GIS*, 18(5), S. 660-686.
- Kitchin, R. M. (1994). Cognitive maps: What are they and why study them? In: *Journal of environmental psychology*, 14, S. 1-19.
- Kozhevnikov, M., & Hegarty, M. (2001). A dissociation between object manipulation spatial ability and spatial orientation ability. In: *Memory & Cognition*, 29(5), S. 745-756.
- Lazarus, R. S. (2006). Stress and emotion: A new synthesis. Springer Publishing Company, New York.
- Lin, C. T., Huang, T. Y., Lin, W. J., Chang, S. Y., Lin, Y. H., Ko, L. W., & Chang, E. C. (2012). Gender differences in wayfinding in virtual environments with global or local landmarks. In: *Journal of Environmental Psychology*, 32(2), S. 89-96.
- Lloyd, R., & Cammack, R. (1996). Constructing cognitive maps with orientation biases. In: Portugali, J. (Hrsg.): *The construction of cognitive maps*. Springer, Niederlande, S. 187-213.
- Lobben, A. K. (2004). Tasks, Strategies, and Cognitive Processes Associated With Navigational Map Reading: A Review Perspective. In: *The Professional Geographer*, 56(2), S. 270-281.
- Lupien, S. J., & Lepage, M. (2001). Stress, memory, and the hippocampus: can't live with it, can't live without it. In: *Behavioural brain research*, 127(1), S. 137-158.
- Lupien, S. J., Maheu, F., Tu, M., Fiocco, A., & Schramek, T. E. (2007). The effects of stress and stress hormones on human cognition: Implications for the field of brain and cognition. In: *Brain and cognition*, 65(3), S. 209-237.
- Lykken, D.T. (1972). Range Correction Applied to Heart Rate and to GSR Data. In: *Psychophysiology*, 9 (3), S.373-379.
- Lynch, K. (1960). The image of the city, Vol. 11, MIT press.
- MacEachren, A. M. (1992). Learning Spatial Information from Maps: Can Orientation-Specificity Be Overcome?. In: *The Professional Geographer*, 44(4), S. 431-443.
- Mackintosh, E., West, S., & Saegert, S. (1975). Two studies of crowding in urban public spaces. In: *Environment and Behavior*, 7(2), S. 159-184.
-

- 
- Maggi, S., & Fabrikant, S.I., (2014). Embodied decision making with animations. In: *Proceedings (extended abstracts) 8th International Conference on Geographic Information Science*, September 2014, Wien, Österreich.
- Martin, D. W. (2008). *Doing Psychology Experiments*. 7. Edition, Cengage Learning.
- Mendl, M. (1999). Performing under pressure: stress and cognitive function. In: *Applied Animal Behaviour Science*, 65(3), S. 221–244.
- Moar, I., & Bower, G. H. (1983). Inconsistency in spatial knowledge. In: *Memory & Cognition*, 11(2), S. 107-113.
- Montello, D. R., & Freundschuh, S. M. (1995). Sources of spatial knowledge and their implications for GIS: An introduction. In: *Geographical Systems*, 2, S.169-176.
- Montello, D. R. (1998). A new framework for understanding the acquisition of spatial knowledge in large-scale environments. In: Egenhofer M.J., Golledge, R.G. (Hrsg.): *Spatial and temporal reasoning in geographic information systems*. Oxford University Press, New York, S. 143-154.
- Montello, D. R., Waller, D., Hegarty, M., & Richardson, A. E. (2004). Spatial memory of real environments, virtual environments, and maps. In: Allen, G.L. (Hrsg.): *Human spatial memory: Remembering where*, Lawrence Erlbaum Associates, Mahwah, NJ, S. 251-285.
- Montello, D. R. (2005). Navigation. In: Miyake, A. & Shah, P. (Hrsg.): *The Cambridge Handbook of Visuospatial Thinking*. Cambridge University Press, Cambridge. S.257-294.
- Montello, D. R., & Sas, C. (2006). Human factors of wayfinding in navigation. In: Karwowski W. (Hrsg.): *International encyclopedia of ergonomics and human factors*. 2nd ed, CRC Press/Taylor & Francis Ltd., London, S. 2003-2008.
- Montello, D. R. (2009). Cognitive geography. In: R. Kitchin, & N. Thrift (Hrsg): *International encyclopedia of human geography*, Vol. 2, Oxford Elsevier Science, S. 160-166.
- Moser, M. B., & Moser, E. I. (1998). Functional differentiation in the hippocampus. In: *Hippocampus* 8(6), S. 608-619.
- Münzer, S., Zimmer, H., Schwalm, M., Baus, J., & Aslan, I. (2006). Computer-assisted navigation and the acquisition of route and survey knowledge. In: *Journal of Environmental Psychology*, 26(4), S. 300–308.
- Münzer, S. & Hölscher, C. (2011). Entwicklung und Validierung eines Fragebogens zu räumlichen Strategien. In: *Diagnostica*, 57(3), S.111-125.
- Münzer, S., Zimmer, H., & Baus, J. (2012). Navigation assistance: a trade-off between wayfinding support and configural learning support. In: *Journal of experimental psychology: applied*, 18(1), S. 18–37.
-

- Oliver, K., & Burnett, G. (2008): Learning-oriented vehicle navigation systems: A preliminary investigation in a driving simulator. In: *Proceedings of the 10th international conference on Human computer interaction with mobile devices and services*, September 2008, Amsterdam, Niederlande, S. 119–126.
- Ooms, K., Maeyer, P. D., & Fack, V. (2013). Listen to the Map User: Cognition, Memory, and Expertise. In: *The Cartographic Journal*, S. 1-17.
- Parush, A., Ahuvia, S., & Erev, I. (2007). Degradation in spatial knowledge acquisition when using automatic navigation systems. In: Winter, S., Duckham, M., Kulik, L., & Kuipers, B. (Hrsg.): *Spatial information theory*. Springer Verlag, Berlin Heidelberg, S. 238–254.
- Passini, R. (1981). Wayfinding: A conceptual framework. In: *Urban Ecology*, 5, S. 17-31.
- Richardson, A. E., Montello, D. R., & Hegarty, M. (1999). Spatial knowledge acquisition from maps and from navigation in real and virtual environments. In: *Memory & cognition*, 27(4), S. 741-750.
- Richardson, A. E., & Tomasulo, M. M. V. (2011). Influence of acute stress on spatial tasks in humans. In: *Physiology & behavior*, 103(5), S. 459-466.
- Richter, K. F., Dara-Abrams, D., & Raubal, M. (2010). Navigating and learning with location based services: A user-centric design. In: *Proceedings of the 7th International Symposium on LBS and Telecartography*, September 2010, Guangzhou, China, S. 261-276.
- Richter, K. F. (2013). How Using Location-Based Services Affects Our Understanding of Our Environment. In: Karimi, H. A. (Hrsg.): *Advanced Location-Based Technologies and Services*. CRC Press, S. 265-281.
- Rouiller, F. (2013). Mobile maps usage under time pressure. Masterarbeit. Geographisches Institut der Universität Zürich, Zürich.
- Schwabe, L., & Wolf, O. (2010). Learning under stress impairs memory formation. In: *Neurobiology of learning and memory*, 93(2), S. 183–188.
- Siegel, A., & White, S. (1975). The development of spatial representations of large-scale environments. In: Reese, H.W.(Hrsg): *Advances in child development and behavior*, Vol.10, Academic Press, New York, S. 9-55.
- SWISSINT (2015). Einsatz in der Swisscoy im Kosovo. [http://www.vtg.admin.ch/inter-net/vtg/de/home/themen/einsaetze/peace/swisscoy.parsysrelated1.81729.download](http://www.vtg.admin.ch/inter-net/vtg/de/home/themen/einsaetze/peace/swisscoy.parsysrelated1.81729.download>List.85908.DownloadFile.tmp/swisscoyd2015.pdf) List.85908.DownloadFile.tmp/swisscoyd2015.pdf (Stand: 06.02.2015; letzter Zugriff: 17.09.2015)
- Thorndyke, P. W., & Hayes-Roth, B.(1982): Differences in spatial knowledge acquired from maps and navigation. In: *Cognitive Psychology*, 14, S. 560–589.

- Tolman, E. C. (1948). Cognitive maps in rats and men. In: *Psychological review*, 55(4), S. 189-208.
- Tversky, B. (1993). Cognitive maps, cognitive collages, and spatial mental models. In: Frank, A.U., Campari, I. (Hrsg.): *Spatial Information Theory A Theoretical Basis for GIS*, Springer Verlag, Berlin Heidelberg, S. 14-24.
- Wilkening, J., & Fabrikant, S. I. (2011). The effect of gender and spatial abilities on map use preferences and performance in road selection tasks. In: *Proceedings of the International Cartographic Conference*, S. 232-242.
- Wilkening, J. (2012). The Effect of Time Pressure on Map-Based Decision Making. Dissertation. Geographisches Institut der Universität Zürich, Zürich.
- Willis, K., Hölscher, C., Wilbertz, G., & Li, C. (2009). A comparison of spatial knowledge acquisition with maps and mobile maps. In: *Computers, Environment and Urban Systems*, 33(2), S. 100–110.
- Wolf, O. T. (2009). Stress and memory in humans: twelve years of progress?. In: *Brain research* 1293, S. 142-154.
- Wood, D., & Beck, R. (1990). Tour personality: The interdependence of environmental orientation and interpersonal behavior. In: *Journal of Environmental Psychology*, 10(3), S. 177-207.
- Yerkes, R. M., & Dodson, J. D. (1908). The relation of strength of stimulus to rapidity of habit-formation. In: *Journal of Comparative Neurology and Psychology*, 18(5), S. 459-482.



## ANHANG

### A Zeitplan des Hauptexperiments

Tag	Zeit	Anzahl Teilnehmende
8. April 2015	07:00 bis 12:00 & 13:00 bis 18:00	10
9. April 2015	07:00 bis 12:00 & 13:00 bis 18:00	10
10. April 2015	09:00 bis 12:00	3
14. April 2015	13:00 bis 17:00	4
15. April 2015	07:00 bis 12:00 & 13:00 bis 16:00	8

### B Inhalte der Dialogfenster

Nr.	Zeit nach Beginn	Inhalt
1	00:15	Sie müssen zwingend in 14 Minuten am Ziel sein. Beeilen Sie sich!
2	00:40	Bild
3	00:50	Vibration
4	02:00	Beeilen Sie sich, Ihre Kameraden brauchen Hilfe!
5	02:20	Beeilen Sie sich, Ihre Kameraden brauchen Hilfe!
6	02:40	"Nicht rennen!"
7	03:00	"Nicht rennen!"
8	03:30	Beachten Sie die Zeit! Sie müssen pünktlich am Ziel sein!"
9	03:34	Beachten Sie die Zeit! Sie müssen pünktlich am Ziel sein!"
10	03:39	Beachten Sie die Zeit! Sie müssen pünktlich am Ziel sein!"
11	04:10	Beeilen Sie sich, Ihre Kameraden brauchen Hilfe!
12	05:00	Vibration
13	05:10	Bild
14	05:50	Vibration
15	07:15	Los, los, los. Sie müssen in 7 min am Ziel sein!!
16	08:20	Konzentrieren Sie sich!!
17	08:25	Konzentrieren Sie sich!!
18	08:35	Konzentrieren Sie sich!!
19	09:50	Bild
20	10:10	Bild
21	11:00	Vibration
22	12:15	Noch 2 min!!
23	13:15	Noch 1 min!! GO! GO!"
24	14:00	Die Zeit ist um. Falls Sie noch nicht am Ziel sind, beeilen Sie sich. Falls Sie noch nicht alle Checkpoints besucht haben, besuchen Sie diese noch und gehen dann schnell zum Ziel!





## B) Besitz von mobilen Geräten

3. Besitzen Sie ein sogenanntes „mobiles Gerät“?
- Smartphone
  - Tablet
  - GPS-Navigationsgerät
  - Ich besitze kein solches Gerät
4. Falls Sie eines oder mehrere der obengenannten „mobilen Geräte“ besitzen: Welches Betriebssystem ist auf dem jeweiligen Gerät installiert?
- a. Smartphone
- Android (z.B. Samsung-Geräte, HTC)
  - iOS (Apple iPhone)
  - Windows (z.B. Nokia-Geräte)
  - Andere: \_\_\_\_\_
- b. Tablet
- Android (z.B. Samsung-Tablets)
  - iOS (Apple iPad)
  - Windows (z.B. Windows Surface)
  - Andere: \_\_\_\_\_

## C) Erfahrungen im Umgang mit digitalen Karten

### Digitale Karten auf dem Smartphone, Tablet oder Navigationsgerät

5. Wie oft benutzen Sie Karten-Apps auf Ihren **mobilen Geräten**?
- Nie
  - Selten (2-3 Mal pro Halbjahr)
  - Gelegentlich (2-3 Mal pro Monat)
  - Häufig (3-4 Mal pro Woche)
  - Sehr Häufig (mind. 1 Mal pro Tag)
6. Welche Karten-Apps benutzen Sie auf Ihren **mobilen Geräten**?
- „Google Maps“ von Google Inc.
  - „Bing Get Me There“ von Microsoft
  - „Karten“ von Apple (vorinstalliert auf Apple Geräten)
  - Andere: \_\_\_\_\_
7. Wie oft brauchen Sie eine Karte für Ihre Arbeit im militärischen Einsatz?  
**1 = nie und 5 = sehr häufig**
- |                          |                          |                          |                          |                          |
|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| 1                        | 2                        | 3                        | 4                        | 5                        |
| <input type="checkbox"/> |

**D) Weitere Erfahrungen**

8. Wie gross ist ihre Erfahrung in folgenden Bereichen?

**1= Keine Erfahrung und 5 = täglicher Gebrauch/professionell**

	1	2	3	4	5
Karten lesen	<input type="checkbox"/>				
Benutzung von Karten-Apps für die Navigation und Routenplanung	<input type="checkbox"/>				
Kartographie	<input type="checkbox"/>				
Geografische Informationssysteme (GIS)	<input type="checkbox"/>				
Sportart „Orientierungslauf“	<input type="checkbox"/>				

9. Computer-Spiele: Wie oft spielen Sie Computer-Spiele bzw. Spiele auf Geräten wie Playstation, Xbox usw.?

- Nie
- Selten (1-2 Mal pro Jahr)
- Gelegentlich (1-2 Mal pro Monat)
- Häufig (2-3 Mal pro Woche)
- Sehr Häufig (täglich)

10. Falls Sie Computer-Spiele spielen: Welche Art von Games spielen Sie am häufigsten?

- Sportspiele (z.B. FIFA, NHL, Formel 1)
- Ego-Shooter (z.B. Battlefield, Call of Duty)
- Strategiespiele (z.B. Age of Empires, Warcraft)
- Simulationsspiele (z.B. Flugsimulator, Second Life)
- Andere: \_\_\_\_\_

11. Wie gut kennen Sie die Stadt Stans mit ihren Wohnquartieren?

- Gar nicht
- Schlecht  
(nur den Weg zwischen Kaserne und Bahnhof sowie die unmittelbare Umgebung um die Kaserne)
- Nur wenig  
(Gebiet um den Bahnhof/Altstadt Dorfkern)
- Gut  
(schon öfters in Stans gewesen: überall in der Stadt und in den Wohnquartieren)
- Sehr Gut  
(in Stans aufgewachsen/privat wohnhaft bzw. privat hier wohnhaft gewesen)

Wenn Sie fertig sind, kontrollieren Sie bitte, ob Sie alle Fragen beantwortet haben.

Besten Dank für das Ausfüllen des Fragebogens.

## D Fragebogen zur räumlichen Strategie



Geographisches Institut

Patrice Frei, 2015

### Fragebogen: Räumliche Strategie

ID: _____
-----------

Der folgende Fragebogen testet, wie Sie sich in realen Umgebungen orientieren und welche Strategien Sie dabei verfolgen. Dies wird anhand Ihrer eigenen Einschätzung zu folgenden Sätzen ermittelt. Bitte geben Sie bei jedem der hier aufgelisteten Sätze an, wie gut dieser auf einer Skala von 1-7 auf Sie zu trifft.

1 = lehne ich stark ab	←→	7 = stimme ich stark zu
------------------------	----	-------------------------

- |  |                       |                       |                       |                       |                       |                       |                       |
|--|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
| 1. Wenn ich durch eine unbekannte Stadt laufe, dann weiß ich, aus welcher Richtung ich gekommen bin und in welche Richtung ich mich bewege.  | 1                     | 2                     | 3                     | 4                     | 5                     | 6                     | 7                     |
|  | <input type="radio"/> |
| 2. Wenn mich jemand in meiner Stadt nach dem Weg fragt, dann stelle ich mir meine Stadt wie auf einer Karte vor und ermittle daraus den Weg. | 1                     | 2                     | 3                     | 4                     | 5                     | 6                     | 7                     |
|  | <input type="radio"/> |
| 3. Wenn ich mich durch ein großes Gebäude bewege, dann stelle ich mir dabei eine Art Plan oder Grundriss (Überblicksansicht) vor.            | 1                     | 2                     | 3                     | 4                     | 5                     | 6                     | 7                     |
|  | <input type="radio"/> |
| 4. Ich bin sehr gut darin, von meinem gegenwärtigen Standort aus Richtungen zu anderen Orten anzugeben.                                      | 1                     | 2                     | 3                     | 4                     | 5                     | 6                     | 7                     |
|  | <input type="radio"/> |
| 5. In der freien Natur (z. B. Wald, Gebirge) kann ich mich an einen Weg sehr gut erinnern, wenn ich ihn einmal gegangen bin.                 | 1                     | 2                     | 3                     | 4                     | 5                     | 6                     | 7                     |
|  | <input type="radio"/> |
| 6. Ich kann spontan zeigen, wo Norden, Süden, Osten und Westen liegt.  | 1                     | 2                     | 3                     | 4                     | 5                     | 6                     | 7                     |
|  | <input type="radio"/> |
| 7. Ich stelle mir die Umgebung stets wie auf einer „mental Karte“ (Überblicksansicht) vor.   | 1                     | 2                     | 3                     | 4                     | 5                     | 6                     | 7                     |
|  | <input type="radio"/> |
| 8. Ich finde stets ohne Probleme zu meinem Ziel.   | 1                     | 2                     | 3                     | 4                     | 5                     | 6                     | 7                     |
|  | <input type="radio"/> |
| 9. In der freien Natur versuche ich, die räumlichen Gegebenheiten aus der Vogelperspektive zu verstehen.                                     | 1                     | 2                     | 3                     | 4                     | 5                     | 6                     | 7                     |
|  | <input type="radio"/> |



Universität  
Zürich

Geographisches Institut

Patrice Frei, 2015

- |   |                       |                       |                       |                       |                       |                       |                       |
|---|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
| 10. In einer unbekanntenen Umgebung finde ich mich gut zurecht.   | 1                     | 2                     | 3                     | 4                     | 5                     | 6                     | 7                     |
|   | <input type="radio"/> |
| 11. Wenn ich in meiner Stadt unterwegs bin, dann kann ich mir meine Position wie einen Punkt auf meiner „mentalen Karte“ vorstellen.          | 1                     | 2                     | 3                     | 4                     | 5                     | 6                     | 7                     |
|   | <input type="radio"/> |
| 12. Ich bin sehr gut darin, mir Wege zu merken und finde auch ohne Mühe den Rückweg.  | 1                     | 2                     | 3                     | 4                     | 5                     | 6                     | 7                     |
|   | <input type="radio"/> |
| 13. In einem großen Gebäude habe ich keine Schwierigkeiten, einen Weg nochmals zu gehen, wenn ich den Weg einmal gegangen bin.                | 1                     | 2                     | 3                     | 4                     | 5                     | 6                     | 7                     |
|   | <input type="radio"/> |
| 14. Mein Orientierungssinn ist sehr gut.  | 1                     | 2                     | 3                     | 4                     | 5                     | 6                     | 7                     |
|   | <input type="radio"/> |
| 15. In meiner Stadt kann ich von einem beliebigen Punkt aus spontan angeben, in welchen Richtungen markante Gebäude oder Bezugspunkte liegen. | 1                     | 2                     | 3                     | 4                     | 5                     | 6                     | 7                     |
|   | <input type="radio"/> |
| 16. Ich verfüge über eine sehr gute Vorstellung von meiner Stadt, wie auf einer Karte.  | 1                     | 2                     | 3                     | 4                     | 5                     | 6                     | 7                     |
|   | <input type="radio"/> |
| 17. In der freien Natur kann ich spontan zeigen, wo Norden, Süden, Osten und Westen liegt. (30 H, P18)  | 1                     | 2                     | 3                     | 4                     | 5                     | 6                     | 7                     |
|   | <input type="radio"/> |
| 18. In einem großen Gebäude weiß ich spontan, in welcher Richtung der Eingang liegt.  | 1                     | 2                     | 3                     | 4                     | 5                     | 6                     | 7                     |
|   | <input type="radio"/> |
| 19. Wenn ich mich in einer unbekanntenen Stadt bewege, dann bilde ich in meiner Vorstellung eine Art „mentale Karte“.                         | 1                     | 2                     | 3                     | 4                     | 5                     | 6                     | 7                     |
|   | <input type="radio"/> |

## E Einwilligungsf formular



Geographisches Institut

Patrice Frei, 2015

### Einwilligungsformular

Untersuchung des Gebrauchs von mobilen Karten unter verschiedenen Umständen  
24. März – 15. April 2015

<b>ID:</b> _____
------------------

#### Zweck der Studie

Sie sind eingeladen, an einer Studie zu «Gebrauch von mobilen Karten» teilzunehmen. Wir möchten dabei Informationen über den Einfluss von verschiedenen Faktoren auf den Gebrauch von digitalen Karten und auf kognitive Prozesse bei der Navigation gewinnen. Dieses Experiment wird von Patrice Frei im Zusammenhang mit seiner Masterarbeit ausgeführt. Die Masterarbeit wird von Prof. Dr. Sara Fabrikant und Dr. Kai-Florian Richter vom Geographischen Institut der Universität Zürich geleitet. Unterstützt wird Patrice Frei dabei von Mil Geo Offizier V Michael Lanini, Chef der Abteilung Militärgeographie (Mil Geo), welcher im Führungsstab der Armee eingegliedert ist. Aufgrund dieser Zusammenarbeit werden Sie als Testpersonen angefragt.

#### Ablauf der Studie und damit verbundene mögliche Risiken

Falls Sie sich entscheiden an der Studie teilzunehmen, werden Sie gebeten einen Fragebogen zu Ihrer Persönlichkeit auszufüllen sowie drei Tests zu lösen, womit Ihre Orientierungs- und Merkfähigkeit ermittelt wird. Der Hauptteil der Studie findet zwischen dem 08. April und 15. April 2015 an einer von Ihnen ausgewählten Tageszeit statt. Im Hauptteil werden Sie gebeten im Freien in einer realen Umgebung eine Aufgabe zu lösen und anschliessend dazu Fragen zu beantworten. Während dieser Hauptaufgabe wird einerseits registriert wo Sie hinschauen und andererseits werden verschiedene Vitalfunktionen gemessen. Dies ist für Sie völlig schmerzfrei und ungefährlich. Sie sind während der ganzen Studie militärversichert. Über das ganze Experiment werden folgende Daten anonymisiert aufgezeichnet: Antworten zu den gestellten Fragen, Ihr zurückgelegter Weg bei der Hauptaufgabe, Ihre Augenbewegungen, die Interaktionen mit einer digitalen Karte sowie zwei Vitalparameter (Hauttemperatur und –leitfähigkeit). Die Beantwortung des Fragebogens über ihre Persönlichkeit und das Lösen der Tests dauern ca. 45 min. Die Hauptaufgabe in der realen Umgebung wird ungefähr 60 min dauern und beinhaltet keinerlei Risiken für Sie.

#### Vertraulichkeit der Daten

Jegliche Informationen, welche während der Studie mit Ihnen in Verbindung gebracht werden können, werden 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.

#### Bekanntgabe der Ergebnisse

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



Geographisches Institut

Patrice Frei, 2015

### Einwilligung

Ihre Entscheidung, an der Studie teilzunehmen oder nicht, wird zukünftige Beziehungen mit der Schweizer Armee und der Universität Zürich nicht beeinträchtigen. Ebenfalls werden die Testergebnisse keinen Einfluss auf Ihren Einsatz für die Schweizer Armee haben. Entscheiden Sie sich dafür an der Studie teilzunehmen, steht es Ihnen jederzeit frei, die Teilnahme ohne Begründung abzubrechen. Sollten Sie Fragen haben, zögern Sie bitte nicht, uns diese zu stellen. Sollten zu einem späteren Zeitpunkt Fragen aufkommen, wird Patrice Frei (079 206 22 00, patrice.frei@outlook.com) oder 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: \_\_\_\_\_

-----**Hier unten leer lassen**-----

### 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. 190, 8057 Zürich* senden.

## F Hinweisblatt



Geographisches Institut &amp; Mil Geo FST A

Patrice Frei, 2015

### Merkblatt zur Studie „Kartengebrauch“

Zuerst nochmals herzlichen Dank, dass Sie an dieser Studie der Uni Zürich und der Mil Geo des Führungsstabs der Armee teilnehmen. Für das Gelingen meiner Abschlussarbeit ist Ihre Teilnahme von grosser Wichtigkeit. Damit unsere Studie, von welcher Sie nun ein Teil sind, auch erfolgreich wird, bitte ich Sie folgende die hier aufgelisteten Punkte zu beachten:

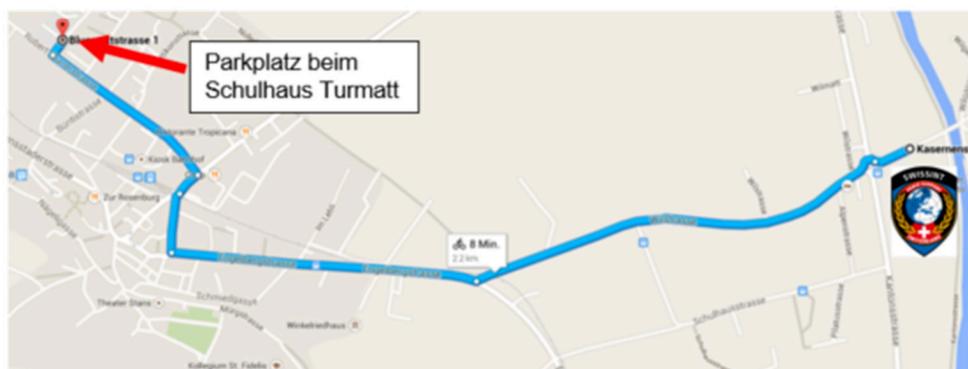
- Die Ergebnisse des Tests werden streng vertraulich behandelt und haben **keinerlei Auswirkungen** auf Ihre Tätigkeiten bei der Armee. Ich bitte Sie deshalb die Fragen **ehrlich zu beantworten** und die gestellten Aufgaben so genau wie nur möglich zu lösen. Ihre Ehrlichkeit und Ihre Genauigkeit sind **enorm wichtig** für meine Arbeit.
- Für das Gelingen meiner Arbeit ist es ebenfalls **extrem wichtig**, dass Sie Ihren Kameraden und Kameradinnen **nichts von den gestellten Aufgaben und Fragen verraten** und ebenfalls nicht, **was davor oder danach passiert ist**.
- Falls Sie in Ihrem Alltag eine Brille tragen, bitte ich Sie, für die Studie **Kontaktlinsen** einzusetzen, sofern Sie welche haben.
- Sie brauchen nichts Spezielles mitzunehmen, ausser den Kontaktlinsen (falls Sie diese brauchen, um zu lesen).
- Bitte sind Sie **pünktlich** am vereinbarten Treffpunkt. So können wir sicherstellen, dass es keine Verzögerungen gibt.

#### Treffpunkt:

Zeitpunkt: gemäss ihrer Einschreibung auf dem Terminplan: \_\_\_\_\_

Ort: Grosser Parkplatz beim Schulhaus Turmatt (Bluemattstrasse 1) in Stans. Sie brauchen ca. 5 min mit dem Fahrrad.

**Bitte nutzen Sie ausschliesslich den hier eingezeichneten Weg!**



**G Schild am Checkpoint**



Geographisches Institut

# Checkpoint 1

## Alles OK, weitergehen zum nächsten Punkt

Bitte lassen Sie diesen Zettel hier, er dient einer Forschungs-  
studie der Universität Zürich und der Schweizer Armee

Bei Problemen / Fragen: **079 206 22 00** (Patrice Frei)

## H Szenario Stress-Gruppe



### Szenario

Stellen Sie sich vor, sie sind in Pristina im Hauptquartier der KFOR. Im Norden des Kosovos sind seit einigen Wochen durch serbische Gruppierungen wieder Unruhen ausgebrochen. Diese Unruhen haben sich schnell ausgebreitet und mittlerweile auch Pristina erreicht. Durch Aussagen der lokalen Bevölkerung haben sie erfahren, dass sich in verschiedene Teilen der Stadt serbische Unruhestifter in Formation gebracht haben. Der Kommandant hat diese Gebiete deshalb zu „ungesicherte Zonen“ erklärt.

Sie und ein Teil ihres Zuges – Gruppe Alpha - sind gerade von ihrer alltäglichen Arbeit zurückgekommen und haben nun eine kurze Pause. Zeit um etwas zu essen, sich hinzulegen und um einfach mal kurz die Unruhen in der Stadt zu vergessen. Der andere Teil ihres Zuges – Gruppe Beta - hat den Auftrag gefasst einen Lebensmittel-Konvoi zu begleiten, der ans andere Ende der Stadt muss. Dabei werden sie auch „ungesicherte Zonen“ passieren müssen, um das Ziel zu erreichen.

Gerade als Sie sich hinlegen wollen, passiert es: Eine Explosion. Ihr erster Gedanke: Sind meine Kameraden betroffen? Sie und der Rest von Gruppe Alpha versuchen sofort Funkkontakt zum Konvoi aufzunehmen. Keine Reaktion. Letzte bekannte Positionen: In einer ungesicherten Zone von Pristina.

Ihr Zugführer entscheidet sofort mit klarem Suchauftrag auszurücken:

- **Ziel:** Die letzten bekannten Positionen der Truppe Beta zu Fuss abzugehen. Diese sind auf der Karte als Checkpoint 1, 2, 3, 4, 5 markiert (📍📍📍📍📍). Sie sollen diese Punkte in dieser Reihenfolge besuchen und kontrollieren, ob jemand Hilfe braucht.
- **Weg ins Ziel:** Direkt. So schnell wie möglich von Checkpoint zu Checkpoint in der Reihenfolge: 1, 2, 3, 4, 5.
- **Verhalten am Ziel:** Sobald Sie alle fünf Checkpoint besucht haben, begeben Sie sich zum Endziel, das mit einer blauen Stecknadel 📍 markiert ist. Dort warten Sie auf weitere Befehle.

Sie haben **max. 14 min** Zeit um den Auftrag zu erfüllen. Innerhalb von dieser Zeit müssen sie zwingend am Endziel 📍 sein.

#### Besonderes:

Sie dürfen **NICHT RENNEN**. Schnelleres Gehen ist erlaubt. Grund: Sie müssen damit rechnen, dass es zu Feindkontakt kommen könnte und es wird vermutet, dass es Sprengfallen und Minen gelegt wurden.

Benutzen Sie nur **öffentliche Strassen und Fusswege**. Sie dürfen **nicht** über private Gärten abkürzen!

## I Szenario Kontrollgruppe



Geographisches Institut &amp; FST A

Patrice Frei, 2015

### Szenario

Stellen Sie sich vor, sie sind in Pristina im Hauptquartier der KFOR. Die Stimmung in der Stadt ist friedlich. Die lokale Bevölkerung ist gut gestimmt und es gab schon längere Zeit keine grösseren Zwischenfälle mehr. Sie müssen heute auf Patrouille durch ein Wohnquartier in Pristina. Auf der Patrouille müssen Sie 5 Checkpoints passieren. Um nicht zu viel Aufmerksamkeit zu erregen, gehen Sie und ihre Kameraden/-Innen zu Fuss durch das Wohnquartier. Ihr Auftrag lautet:

- **Ziel:** Die fünf markierten Stellen auf ihrer Karte - Checkpoint 1-5 () - zu Fuss abzugehen, um eine Lagebeurteilung machen zu können. Die Koordinaten der Checkpoints entsprechen Orten, wo öfters grössere Menschenansammlungen zu erwarten sind.
- **Weg ins Ziel:** Direkt.
- **Verhalten am Ziel:** Sobald Sie alle fünf Checkpoints kontrolliert haben, begeben Sie sich zur Stelle, die mit einer blauen Stecknadel  markiert ist. An diesem Punkt werden Sie wieder abgeholt und zurück in Lager gebracht.

Ihr Fahrer erwartet sie in **ca. 15 min** am vereinbarten Treffpunkt. Schauen Sie also, dass Sie dann am vereinbarten Ort () sind.

#### Besonderes:

Sie dürfen **NICHT RENNEN**. Schnelleres Gehen ist erlaubt. Und bitte nur Fusswege benutzen, nicht durch private Gärten gehen.

## J SSSQ Fragebogen



Geographisches Institut

Patrice Frei, 2015

## Fragebogen: Empfinden

ID: \_\_\_\_\_

Bitte geben Sie an wie gut folgende Sätze Ihr emotionales Empfinden in **DIESEM MOMENT** beschreiben.

1 = trifft gar nicht zu ↔ 5 = trifft voll zu

1. Ich fühle mich unzufrieden.	1	2	3	4	5
	<input type="radio"/>				
2. Ich fühle mich wachsam und in Alarmbereitschaft.	1	2	3	4	5
	<input type="radio"/>				
3. Ich fühle mich bedrückt.	1	2	3	4	5
	<input type="radio"/>				
4. Ich fühle mich traurig.	1	2	3	4	5
	<input type="radio"/>				
5. Ich fühle mich aktiv.	1	2	3	4	5
	<input type="radio"/>				
6. Ich fühle mich ungeduldig.	1	2	3	4	5
	<input type="radio"/>				
7. Ich fühle mich verärgert.	1	2	3	4	5
	<input type="radio"/>				
8. Ich bin wütend.	1	2	3	4	5
	<input type="radio"/>				
9. Ich fühle mich genervt.	1	2	3	4	5
	<input type="radio"/>				
10. Ich bin mürrisch / hässig.	1	2	3	4	5
	<input type="radio"/>				
11. Ich fühle mich verpflichtet meine Leistungsziele zu erreichen.	1	2	3	4	5
	<input type="radio"/>				
12. Ich möchte bei der Aufgabe erfolgreich sein.	1	2	3	4	5
	<input type="radio"/>				
13. Ich bin motiviert die Aufgabe zu erfüllen.	1	2	3	4	5
	<input type="radio"/>				
14. Ich versuche über mich selber im Klaren zu sein.	1	2	3	4	5
	<input type="radio"/>				
15. Ich reflektiere über mich selber.	1	2	3	4	5
	<input type="radio"/>				
16. Ich bin tagträumerisch.	1	2	3	4	5
	<input type="radio"/>				

1



17. Ich habe Vertrauen in meine Fähigkeiten.	1	2	3	4	5
	<input type="radio"/>				
18. Ich bin selbstbewusst.	1	2	3	4	5
	<input type="radio"/>				
19. Ich bin besorgt darüber, was andere über mich denken.	1	2	3	4	5
	<input type="radio"/>				
20. Ich bin beunruhigt über den Eindruck, den ich hinterlasse.	1	2	3	4	5
	<input type="radio"/>				
21. Ich erwarte, dass ich die Aufgabe gut lösen werde.	1	2	3	4	5
	<input type="radio"/>				
22. Grundsätzlich finde ich, dass ich die Kontrolle über alles habe.	1	2	3	4	5
	<input type="radio"/>				
23. Ich dachte darüber nach, wie andere die Aufgabe gelöst haben.	1	2	3	4	5
	<input type="radio"/>				
24. Ich dachte darüber nach, wie ich mich fühle, wenn mir gesagt wird, wie ich die Aufgabe gelöst habe.	1	2	3	4	5
	<input type="radio"/>				

**1 = trifft gar nicht zu**   ←→   **5 = trifft voll zu**

## K Schlussfragebogen



Geographisches Institut &amp; FST A

Patrice Frei, 2015

### Fragebogen nach der Übung

ID: \_\_\_\_\_

1. Empfinden Sie es als herausfordernd die markierten Checkpoints zu finden?
  - Sehr schwierig
  - Schwierig
  - Neutral
  - Einfach
  - Sehr einfach
  
2. Empfinden Sie es schwierig die **Richtung** zu den passierten Checkpoints korrekt anzugeben?
  - Sehr schwierig
  - Schwierig
  - Neutral
  - Einfach
  - Sehr einfach
  
3. Empfinden Sie es schwierig die **Distanz** zu den passierten Kontrollpunkten korrekt anzugeben?
  - Sehr schwierig
  - Schwierig
  - Neutral
  - Einfach
  - Sehr einfach
  
4. Empfinden Sie es schwierig die richtigen Fotos zu erkennen?
  - Sehr schwierig
  - Schwierig
  - Neutral
  - Einfach
  - Sehr einfach
  
4. Empfinden Sie es schwierig die Fotos in die richtige Reihenfolge zu bringen?
  - Sehr schwierig
  - Schwierig
  - Neutral
  - Einfach
  - Sehr einfach



5. Empfinden Sie es schwierig bei den Fotos von Kreuzungen, die korrekte Richtung anzugeben?
- Sehr schwierig
  - Schwierig
  - Neutral
  - Einfach
  - Sehr einfach

6. Welchen Kartentyp würden Sie für eine solche Übung bevorzugen?
- Satellitenbild / Luftbild
  - Topographische Karte

Warum würden Sie den gewählten Kartentyp bevorzugen?

7. Welche Kartenart würden Sie für eine solche Übung bevorzugen?
- Digitale Karte auf einem Tablet / Smartphone
  - Papierkarte

Warum würden Sie die gewählte Kartenart bevorzugen?

8. Sonstige Bemerkungen:

**Vielen herzlichen Dank für Ihre Teilnahme an dieser Studie.  
Ich wünsche Ihnen alles Gute für Ihren Einsatz im Kosovo!**

## L Resultat des unabhängigen T-Test: Variablen SSSQ

### Räumliche Denkfähigkeit: PTSOT = Hohe Fähigkeit

Gruppenstatistiken<sup>a</sup>

Stress-Gruppen	N	Mittelwert	Standardabweichung	Standardfehler des Mittelwertes	
SSSQ-Änderungswert für "Disstress"	ohne Stress	9	-.18571	.622877	.207626
	mit Stress	9	.09285	1.156942	.385647
SSSQ-Änderungswert für "Sorge"	ohne Stress	9	-.02486	.666044	.222015
	mit Stress	9	-.19889	.575302	.191767
SSSQ-Änderungswert für "Engagement"	ohne Stress	9	.12139	.630744	.210248
	mit Stress	9	.18208	.561209	.187070

a. Räumliche Denkfähigkeit: PTSOT = Hohe Fähigkeit

Test bei unabhängigen Stichproben<sup>a</sup>

		Levene-Test der Varianzgleichheit		T-Test für die Mittelwertgleichheit						
		F	Signifikanz	T	df	Sig. (2-seitig)	Mittlere Differenz	Standardfehler der Differenz	95% Konfidenzintervall der Differenz	
								Untere	Obere	
SSSQ-Änderungswert für "Disstress"	Varianzen sind gleich	3.863	.067	-.636	16	.534	-.278559	.437987	-1.207049	.649931
	Varianzen sind nicht gleich									
SSSQ-Änderungswert für "Sorge"	Varianzen sind gleich	.085	.774	.593	16	.561	.174026	.293369	-.447888	.795940
	Varianzen sind nicht gleich									
SSSQ-Änderungswert für "Engagement"	Varianzen sind gleich	.008	.928	-.216	16	.832	-.060693	.281424	-.657285	.535898
	Varianzen sind nicht gleich									

a. Räumliche Denkfähigkeit: PTSOT = Hohe Fähigkeit

### Räumliche Denkfähigkeit: PTSOT = Tiefe Fähigkeit

Gruppenstatistiken<sup>a</sup>

Stress-Gruppen	N	Mittelwert	Standardabweichung	Standardfehler des Mittelwertes	
SSSQ-Änderungswert für "Disstress"	ohne Stress	8	-.62676	1.337995	.473053
	mit Stress	9	.00000	.847204	.282401
SSSQ-Änderungswert für "Sorge"	ohne Stress	8	-.16781	.705021	.249262
	mit Stress	9	-.22375	.994356	.331452
SSSQ-Änderungswert für "Engagement"	ohne Stress	8	.75108	1.098695	.388447
	mit Stress	9	.42485	.722608	.240869

a. Räumliche Denkfähigkeit: PTSOT = Tiefe Fähigkeit

Test bei unabhängigen Stichproben<sup>a</sup>

		Levene-Test der Varianzgleichheit		T-Test für die Mittelwertgleichheit						
		F	Signifikanz	T	df	Sig. (2-seitig)	Mittlere Differenz	Standardfehler der Differenz	95% Konfidenzintervall der Differenz	
								Untere	Obere	
SSSQ-Änderungswert für "Disstress"	Varianzen sind gleich	1.108	.309	-1.169	15	.261	-.626758	.536321	-1.769900	.516385
	Varianzen sind nicht gleich									
SSSQ-Änderungswert für "Sorge"	Varianzen sind gleich	.179	.678	.132	15	.897	.055937	.423411	-.846542	.958415
	Varianzen sind nicht gleich									
SSSQ-Änderungswert für "Engagement"	Varianzen sind gleich	.089	.770	.732	15	.476	.326227	.445827	-.624031	1.276485
	Varianzen sind nicht gleich									

a. Räumliche Denkfähigkeit: PTSOT = Tiefe Fähigkeit

## **EIGENSTÄNDIGKEITSERKLÄRUNG**

„Persönliche Erklärung: Ich erkläre hiermit, dass ich die vorliegende Arbeit selbständig verfasst und die den verwendeten Quellen wörtlich oder inhaltlich entnommenen Stellen als solche kenntlich gemacht habe.“

Patrice Frei

Bronschhofen, 30. September 2015