

Studierende vs. X-Ray Screener

Eine Untersuchung der X-Ray Screener Expertise aus
einer relativen und einer absoluten Perspektive

Master Thesis 2018

Autorin:

Fachhochschule Nordwestschweiz

Myrta Jasmine Isenschmid

Begleitende Personen:

Fachhochschule Nordwestschweiz

Prof. Dr. Adrian Schwaninger

Nicole Hättenschwiler

Praxispartner:

Center for Adaptive Security Research and Applications (CASRA)

Dank

Ich möchte mich bei all denjenigen bedanken, die mich während der Anfertigung dieser Arbeit unterstützt und motiviert haben. Zuerst gebührt mein Dank Prof. Dr. Adrian Schwaninger und Nicole Hättenschwiler, die meine Masterarbeit betreut und begutachtet haben. Ein besonderer Dank gilt allen Teilnehmern und Teilnehmerinnen meiner Untersuchung, ohne die diese Arbeit nicht hätte entstehen können. Ebenfalls möchte ich mich insbesondere bei meinen Kommilitonen Samuel, Michael, Andreas und Maud bedanken, die mir während des ganzen Studiums zur Seite standen. Meinen Freunden danke ich besonders für die Geduld und den starken emotionalen Rückhalt. Abschliessend möchte ich mich bei meinen Eltern Marianne und Markus Isenschmid bedanken, die mir das Studium durch ihre Unterstützung erleichtert haben und stets ein offenes Ohr für meine Sorgen hatten.

Abstract

In the past, security controls at airports have become increasingly more important. However, the detection of prohibited objects in luggage by the quality of an x-ray image could be dependent on visual cognitive abilities. Laboratory studies on visual search are usually conducted with students. It is unclear whether the results of such studies can be generalized to professional airport security screeners. This paper analyzed the result differences between the students and the x-ray screeners and, in addition, the relationship between visual cognition tests and detection performance in x-ray image tests. The students ($n = 128$) and x-ray screeners ($n = 117$) took 11 visual cognition tests and 4 x-ray image tests. There were significant differences in almost all visual cognition tests as well as in the detection performance in x-ray image tests. Furthermore, different positive correlations between visual cognition tests and detection performance in x-ray image tests were also evident in the two samples. This implies that the results obtained from students cannot be simply transferred to x-ray screeners.

Keywords: X-Ray Screening, Expertise, image-based factors, knowledge-based factors, detection performance, Single-View, Multi-View, visual cognitive abilities

Zusammenfassung

Sicherheitskontrollen an Flughäfen haben in Vergangenheit an Relevanz gewonnen. Doch das Erkennen von verbotenen Gegenständen in Gepäckstücken anhand eines Röntgenbildes könnte hohe visuell kognitive Fähigkeiten voraussetzen. Laboruntersuchungen zu visueller Suche werden oft mit Studierenden durchgeführt. Unklar ist, ob sich Ergebnisse solcher Studien auf professionelle X-Ray Screener übertragen lassen. Diese Arbeit analysierte Unterschiede zwischen Studierenden und X-Ray Screamern und den Zusammenhang zwischen visuell kognitiven Fähigkeitstests und der Erkennungsleistung in Röntgenbildbeurteilungstests. Die Studierenden ($n = 128$) und X-Ray Screener ($n = 117$) absolvierten 11 visuell kognitive Fähigkeitstests und 4 Röntgenbildbeurteilungstests. Die Stichproben unterschieden sich signifikant in ihren visuell kognitiven Fähigkeiten und der Erkennungsleistung in der Röntgenbildbeurteilung. Zudem waren in den Stichproben unterschiedliche positive Zusammenhänge zwischen visuell kognitiven Fähigkeitstests und der Erkennungsleistung in der Röntgenbildbeurteilung evident. Dies impliziert, dass sich an Studierenden gewonnene Ergebnisse nicht bedenkenlos auf X-Ray Screener übertragen lassen.

Schlüsselwörter: X-Ray Screening, Expertise, bildbasierte Faktoren, wissensbasierte Faktoren, Erkennungsleistung, Single-View, Multi-View, visuell kognitive Fähigkeiten

Anzahl Zeichen: 196'560

Inhaltsverzeichnis

Abkürzungsverzeichnis.....	7
1 Einleitung.....	8
1.1 Definitive Eingrenzung des Untersuchungsgegenstandes.....	9
1.1.1 X-Ray Screenertätigkeit	9
1.1.1.1 Aufgabe beim X-Ray Screening.	9
1.1.1.2 Kognitive Anforderungen	10
1.1.1.4 X-Ray Screening Technik.....	12
1.1.2 Röntgenbildbeurteilung als Expertise.....	13
1.1.2.1 Relativer Zugang	13
1.1.2.2 Absoluter Zugang	14
1.2 Ziele und zentrale Fragestellungen.....	15
1.3 Praxispartner und Vorarbeiten	16
2 Theoretische Fundierung	17
2.1 Visuell kognitive Fähigkeiten	17
2.1.1 Definition	17
2.1.2 Relevanz visuell kognitiver Fähigkeiten	21
2.1.2.1 Visuell kognitive Fähigkeiten und Studium.....	22
2.1.2.2 Visuell kognitive Fähigkeiten und Röntgenbildbeurteilung.....	23
2.1.2.3 Visuell kognitive Fähigkeiten und Alter.....	25
2.2 Röntgenbildbeurteilung.....	26
2.2.1 Bildbasierte Faktoren	26
2.2.2 Wissensbasierte Faktoren	27
2.2.3 Single-View vs. Multi-View	28
2.3 Herleitung der Hypothesen.....	28
3 Methodik.....	32
3.1 Untersuchungsdesign	32
3.2 Datenerhebung	33
3.2.1 Sampling und Rekrutierung.....	33
3.2.2 Erhebungsinstrumente	34
3.2.2.1 Visuell kognitive Testbatterie (VCTB).....	34
3.2.2.2 Röntgenbildbeurteilungstests.....	42
3.2.3 Pilottest.....	44
3.2.4 Durchführung.....	44
3.3 Datenauswertung.....	46
3.3.1 Datenbereinigung	46
3.3.2 Datenaufbereitung	46
3.3.3 Prüfung der Voraussetzungen.....	47
3.3.4 Datenauswertung.....	48
4 Ergebnisse.....	51
4.1 Beschreibung der Stichproben	51
4.2 Unterschiede zwischen Studierenden und X-Ray Screamern.....	52
4.2.1 Unterschiede in visuell kognitiven Fähigkeiten.....	52
4.2.2 Unterschiede in der Erkennungsleistung	55
4.2.2.1 ORT	55

4.2.2.2	CAT	57
4.3	Zusammenhang zwischen den visuell kognitiven Fähigkeiten und der Erkennungsleistung	58
4.3.1	Studierende.....	58
4.3.1.1	ORT	59
4.3.1.2	CAT	61
4.3.2	X-Ray Screener	63
1.1.1.1	ORT	63
4.3.2.1	CAT	65
5	Diskussion.....	68
5.1	Zusammenfassung und Interpretation der Ergebnisse	68
5.1.1	Fragestellung 1: Unterschiede zwischen Studierenden und X-Ray Screamern	68
5.1.1.1	Fragestellung 1.1: Unterschiede in den visuell kognitiven Fähigkeiten.....	68
5.1.1.2	Fragestellung 1.2: Unterschiede in der Erkennungsleistung	70
5.1.2	Fragestellung 2: Zusammenhang zwischen visuell kognitiven Fähigkeiten und der Erkennungsleistung.....	72
5.1.2.1	Fragestellung 2.1: Studierende.....	72
5.1.2.2	Fragestellung 2.1: X-Ray Screener	76
5.1.2.3	Fragestellung 2.2: Alter als Moderator	78
5.2	Limitationen.....	79
5.3	Implikationen	82
5.4	Fazit und Ausblick	83
6	Literaturverzeichnis	85
7	Anhang.....	92
7.1	Abbildungsverzeichnis.....	92
7.2	Tabellenverzeichnis	93
7.3	Präsentation für Rekrutierung	94
7.4	Mailversand für Rekrutierung	95
7.5	Informed consent.....	96
7.6	Instruktion Röntgenbildbeurteilungstests	97
7.7	Merkblatt Röntgenbildbeurteilung	107
7.8	Test auf Normalverteilung	109
7.9	Test auf Varianzhomogenität	119
7.10	Prüfung der Voraussetzungen multiple Regressionsanalyse	121

Abkürzungsverzeichnis

BDT	Bomb Detection Test
CASRA	Center for Adaptive Security Research and Applications
CAT	Competency Assessment Test
CBT	Computer Based Training
FTIs	Fictional Threat Images
g-Faktor	Genereller Intelligenzfaktor g
IEDs	Improvised Explosive Devices (Bomben)
IEF	Image Enhancement Functions
LPS	Leistungsprüfsystem 2 mit den Subtests: LPS 6, LPS 7, LPS 8 & LPS 10
MTO	Mensch-Technik-Organisation
MV	Multi-View
ORT	Object Recognition Test
PIT	Vorgängerversion des CAT
SPM	Raven's Standard Progressive Matrices Plus (SPM)
SV	Single-View
TIP	Threat Image Projection
TVPS	Test of visual perceptual skills mit den Subtests: TVPS Visual Memory (TVPS-M), TVPS Form Constancy (TVPS-FC) & TVPS Figure Ground (TVPS-FG)
VCTB	Visuell kognitive Testbatterie
WSI	Was-studiere-ich mit den Subtests: WSI Abwicklungen (WSI-A), WSI-Mentale Rotation (WSI-MR) & WSI Schnitte (WSI-S)
XRT	X-Ray Tutor

1 Einleitung

In den vergangenen Jahren sind die Wichtigkeit und Relevanz von Sicherheitskontrollen an Flughäfen (Luftsicherheitskontrollstellen) enorm gestiegen (Blalock, Kadiyali, & Simon, 2007; de Barros & Tomber, 2007). Das Überprüfen von Passagiergepäckstücken auf verbotene Gegenstände mittels Röntgenprüfgeräten (X-Ray Screening) ist dabei eine der wichtigsten Aufgaben an Luftsicherheitskontrollstellen (Harris, 2002). Wird ein verbotener Gegenstand in einem Gepäckstück übersehen, kann dies schlimme Folgen haben. Ineffizientes Arbeiten führt hingegen dazu, dass viele Gepäckstücke noch von Hand überprüft werden müssen, was in langen Warteschlangen resultiert. Viele Objekte sehen in Röntgenbildern anders aus als in der Realität (Schwaninger, 2005a). Zudem können verbotene Gegenstände in Röntgenbildern rotiert, durch andere Objekte überlagert und in visuell komplexen Gepäckstücken vorkommen (Schwaninger, Hardmeier und Hofer, 2005). Für die visuelle Inspektion sind daher visuell kognitive Fähigkeiten und das Wissen über das visuelle Erscheinungsbild von verbotenen Gegenständen in Röntgenbildern wichtige Determinanten, um ein gewisses Sicherheitsniveau zu erreichen, ohne dabei an Effizienz zu verlieren (Bolfing & Schwaninger, 2009).

Die meisten europäischen Flughäfen setzen bis dato Dual-Energy-Röntgensysteme ein. Diese bieten entweder eine Ansicht des Gepäckstückes (Single-View) oder mehrere Ansichten des gleichen Gepäckstückes aus verschiedenen Blickwinkeln (Multi-View; Wetter, 2013). Der Vorteil von Multi-View Systemen im Vergleich zu Single-View ist, dass die Erkennung von verbotenen Gegenständen durch die verschiedenen Ansichten im Allgemeinen begünstigt wird, wohingegen mit einer Erhöhung der Inspektionszeit zu rechnen ist (von Bastian, Schwaninger, & Michel, 2008). Seit einiger Zeit sind Multi-View Systeme vermehrt an Luftsicherheitskontrollstellen zu finden (von Bastian et al., 2008).

Obwohl die Technik zur Erkennung von verbotenen Gegenständen kontinuierlich weiterentwickelt und verbessert wird, ist es dennoch Aufgabe des Menschen, einen abschließenden Entscheid darüber zu treffen, ob es sich bei einem allfällig verbotenen Gegenstand um eine tatsächliche Gefahr oder lediglich um einen Fehllarm handelt (Tian, Yang, & Yu, 2013). Die neusten Technologien haben keinen Wert, wenn der Mensch, der sie bedient, schlecht ausgewählt oder trainiert ist (Schwaninger, 2005a). Zudem stellt sich die Frage, ob Umgestaltungen in der Technik, wie der Trend von Single-View zu Multi-View Systemen, zu einer Veränderung der Anforderungen führen, die die Aufgabe der Röntgenbildbeurteilung an eine Person stellt.

1.1 Definitiorische Eingrenzung des Untersuchungsgegenstandes

Nachfolgend wird der Untersuchungsgegenstand der vorliegenden Arbeit beschrieben und eingegrenzt.

1.1.1 X-Ray Screenertätigkeit

In diesem Kapitel wird zuerst auf die Aufgabe beim X-Ray Screening eingegangen. Danach wird dargestellt, welche kognitiven Anforderungen die Aufgabe der Röntgenbildbeurteilung an eine Person stellt. Zum Schluss wird auf den Einfluss der Technik in der Röntgenbildbeurteilung eingegangen.

1.1.1.1 Aufgabe beim X-Ray Screening.

Die Aufgabe von Luftsicherheitsbeauftragten besteht im Wesentlichen darin, einerseits den Passagier sowie andererseits sein Gepäckstück auf verbotene Gegenstände zu überprüfen. Die vorliegende Arbeit nimmt die Aufgabe der Röntgenbildbeurteilung in den Fokus. Eine Übersicht aller Aufgaben von Luftsicherheitsbeauftragten findet sich beispielsweise bei Graves et al. (2011).

Die Hauptaufgabe von X-Ray Screamern¹ ist, das Gepäck von Passagieren vor Antritt eines Fluges anhand eines Röntgenbildes auf verbotene Gegenstände zu prüfen und innerhalb von Sekunden zu entscheiden, ob das Gepäckstück harmlos ist (OK) oder ob es verbotene Gegenstände beinhaltet (NICHT OK; Schwaninger, 2005a). Die Aufgabe der Röntgenbildbeurteilung besteht dabei im Wesentlichen aus den zwei Prozessen (1) visuelle Suche und (2) Nicht-Suche (Koller, Drury, & Schwaninger, 2009; Wales, Anderson, Jones, Schwaninger, & Horn, 2009). Der Suchprozess (1) umfasst die eigentliche Suche eines Bereichs (d.h. durch eine Folge von Augenbewegungen); der Nicht-Suchprozess (2) hingegen alle anderen Komponenten der Suche (z. B. Identifikation, Erkennung, Entscheidung, Antwortausführung usw.; Koller et al., 2009). Spezifische Raten zum Auftreten von verbotenen Gegenständen im X-Ray Screening an Flughäfen sind nicht öffentlich zugängliche Informationen. Wird "Threat Image Projection" (TIP = Software zur Erhöhung der Zielobjektprävalenz durch Projektion von verbotenen Gegenständen in Gepäckstücke) eingesetzt, liegt die Prävalenz verbotener Gegenstände bei ca. 2% (siehe dazu z. B. Hofer & Schwaninger, 2005). Bei geringer Zielobjektprävalenz ist mit

¹ Der Begriff X-Ray Screener wurde dem Englischen entnommen. Der einfachen Leserlichkeit halber wird an dieser Stelle auf eine gendergerechte Sprache verzichtet und das generische Maskulinum verwendet.

dem “low prevalence effect” zu rechnen (Wolfe, Horowitz, Kenner, 2005). Dieser besagt, dass die Treffer- sowie die Fehlalarmrate in visuellen Suchaufgaben sinkt, wenn während der visuellen Inspektion wenig Zielobjekte (verbotene Gegenstände) gezeigt werden. Zudem konnten Wolfe, Brunelli, Rubinstein und Horowitz (2013) verdeutlichen, dass auch professionelle X-Ray Screener dem Effekt unterliegen. Deswegen verwendet die vorliegende Arbeit zur Berechnung der Erkennungsleistung in der Röntgenbildbeurteilung das kriteriumsfreie d' (vgl. *Kapitel 3.3.2*), das weitgehend unabhängig von der Prävalenz ist (siehe dazu z. B. Schwaninger, 2005b, Wolfe & Van Wert, 2010). Eine gute Erkennungsleistung erreicht ein X-Ray Screener in einem Röntgenbildbeurteilungstest dabei nicht alleinig dadurch, dass er möglichst viele verbotene Gegenstände entdeckt (Trefferrate), sondern dabei gleichzeitig wenig Fehlalarme auslöst (Fehlerrate). Eine hohe Trefferrate kann nämlich auch erreicht werden, indem alle zu beurteilenden Gepäckstücke als "NICHT OK" eingestuft werden. In der Röntgenbildbeurteilung gibt es allerdings auch ungefährliche Gepäckstücke, die als solche erkannt werden müssen. Wird ein ungefährliches Gepäckstück als „NICHT OK“ beurteilt, handelt es sich um einen Fehlalarm. Eine valide Beurteilung der Erkennungsleistung setzt somit den Einbezug des Antwortverhaltens bei gefährlichen und ungefährlichen Gepäckstücken voraus (Schwaninger, 2005b).

1.1.1.2 Kognitive Anforderungen.

Die Aufgabe der Röntgenbildbeurteilung stellt insbesondere zwei kognitive Anforderungen an eine Person (Schwaninger et al. 2005), die nachfolgend beschrieben werden.

Bildbasierte Faktoren und Fähigkeit: Schwaninger (2003), Schwaninger et al. (2005) sowie Schwaninger, Michel und Bolting (2007) haben in früheren Arbeiten drei bildbasierte Faktoren identifiziert, die einen Einfluss auf die Erkennungsleistung in der Röntgenbildbeurteilung haben. Schwaninger (2005a) erklärt, dass ein Objekt schwieriger zu erkennen ist, wenn es von einer unüblichen Perspektive gezeigt wird. Diesen Faktor nennt er “Viewpoint”. Weiter sind in Passagiergepäckstücken oft mehrere Gegenstände übereinandergelegt, was die Erkennung eines Gegenstandes ebenfalls erschwert. In diesem Zusammenhang wird von “Superposition” gesprochen. Als letzten Faktor wird die “Bag Complexity” angeführt. Umso mehr Gegenstände sich in einem Gepäckstück befinden, desto schwieriger wird die Erkennung von einzelnen Objekten. Beispiele für jeden der drei bildbasierten Faktoren sind in *Abbildung 1* dargestellt.



Abbildung 1. Die 3 bildbasierten Faktoren Viewpoint, Superposition und Bag Complexity (Schwaninger, 2005a, S.406)

Die Fähigkeit einer Person zum Umgang mit bildbasierten Faktoren kann anhand des eigens dafür entwickelten Object Recognition Tests (ORT) eruiert werden. Der ORT ist ein Röntgenbildbeurteilungstest und wird in der Personalselektion eingesetzt, um die Eignung von angehenden X-Ray Screenern zu messen. Der Test beinhaltet nur Schusswaffen und Messer, die auch Novizen geläufig sind. Die im Test enthaltenen verbotenen Gegenstände werden darüber hinaus zu Beginn für 10 Sekunden gezeigt, bevor der Test startet (Hardmeier, Hofer, & Schwaninger, 2005; Hardmeier, Hofer & Schwaninger, 2006; Hofer, Hardmeier & Schwaninger, 2006).

Wissensbasierte Faktoren und Kompetenz: Einen noch wichtigeren Faktor stellt das Wissen über verbotene Gegenstände dar und wie diese in Röntgenbildern aussehen (Schwaninger, 2005a). Dazu muss die Person wissen, welche Gegenstände verboten sind und wie diese aussehen. Zudem wird durch das Röntgen ein eigentlich dreidimensionaler Gegenstand in 2D abgebildet und im Röntgenbild mit anderen Farben dargestellt, weshalb der X-Ray Screener zusätzlich wissen muss, wie verbotene, aber auch Alltagsgegenstände in Röntgenbildern aussehen (Schwaninger et al., 2005; Schwaninger, 2005a, 2016). In *Abbildung 2* sind Beispiele für wissensbasierte Faktoren dargestellt.

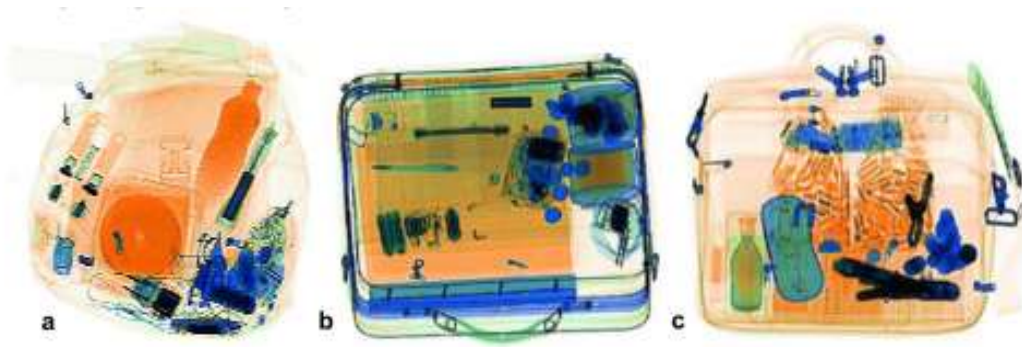


Abbildung 2. Beispiele für wissensbasierte Faktoren: a) verbotene Gegenstände, die aus dem Alltag nicht bekannt sind (Pfefferspray und Taschenlampe mit Schussmechanismus), b) verbotener Gegenstand, der als X-Ray Bild ganz anders aussieht (Taser) vs. verbotener Gegenstand, der harmlos aussieht (Springmesser, das wie ein Kugelschreiber aussieht), c) zwei verbotene Gegenstände, die ohne Training nur schwer erkennbar sind, weil sie aus unüblicher Perspektive gezeigt werden (Schusswaffe und Schere; Schwaninger, 2005a, S. 408)

Zur Messung von wissensbasierten Faktoren eignet sich der Competency Assessment Test (CAT). Der CAT wird hauptsächlich zur Personalentwicklung eingesetzt. Er beinhaltet verschiedenste verbotene Gegenstände und misst in erster Linie domänenspezifisches Fachwissen (Koller & Schwaninger, 2006).

Es bleibt anzumerken, dass demographische Merkmale einer Person einen Einfluss auf die kognitive Leistungsfähigkeit haben können. Bisherige Befunde weisen auf einen negativen Zusammenhang zwischen dem Alter und der Erkennungsleistung in der Röntgenbildbeurteilung hin (Schwaninger, Hardmeier, Riegelning, & Martin, 2010). Aus der Forschung zu räumlichem Vorstellungsvermögen ist bekannt, dass es zwischen den Geschlechtern Unterschiede in den visuell kognitiven Fähigkeiten gibt. Diese fallen in Aufgaben der mentalen Rotation am höchsten aus (Baenninger & Newcombe, 1989; Linn & Petersen, 1985; Silverman, Choi, & Peters, 2007; Voyer, Voyer, & Bryden, 1995). Allerdings deuten bisherige Ergebnisse darauf hin, dass das Geschlecht die Erkennungsleistung in der Röntgenbildbeurteilung nicht signifikant beeinflusst (Schwaninger et al., 2005; Tian et al., 2013). Das Geschlecht wird deswegen nicht weiter in die nachfolgenden Analysen miteinbezogen.

1.1.1.3 X-Ray Screening Technik.

Luftsicherheitskontrollen sind komplexe soziotechnische Systeme (Hofer & Wetter, 2012), an denen unterschiedliche Röntgenprüfgeräte im Einsatz stehen können (Wetter, 2013). Die eingesetzte Technik wirkt sich dabei auf die X-Ray Screenertätigkeit aus (Hofer & Wetter, 2012; Skorupski & Uchroński, 2016). Von Bastian et al. (2008) konnten gezeigt werden, dass die Erkennungsleistung dadurch beeinflusst wird, ob zur Beurteilung des Gepäckstückes ein Röntgenbild (Single-View) oder zwei Röntgenbilder mit verschiedenen Ansichten des gleichen Gepäckstückes

(Multi-View) zur Verfügung stehen. Ein Beispiel für eine Single-View (a) und eine Multi-View (b) Bedingung ist in *Abbildung 3* zu finden.

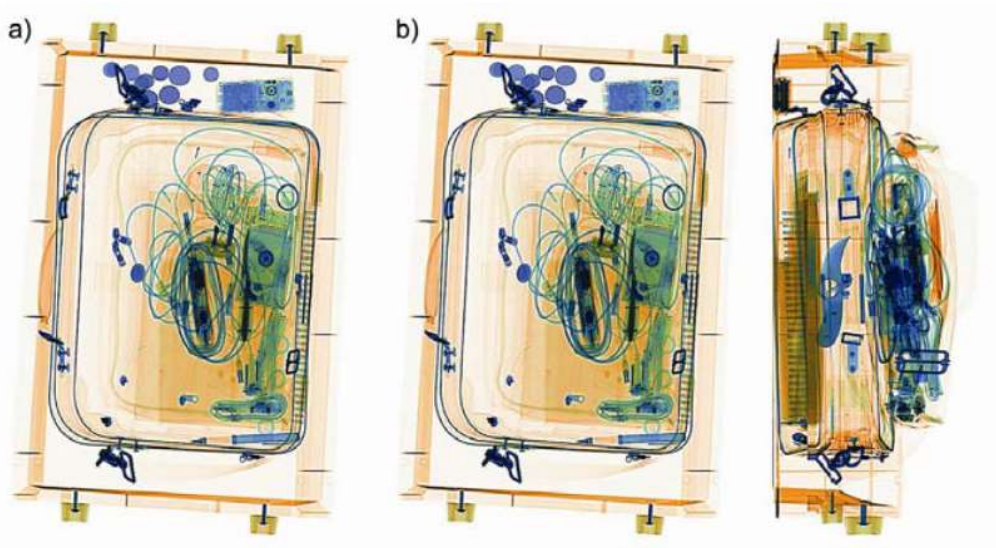


Abbildung 3. Single-View vs. Multi-View: (a) Single-View Darstellung mit schwierig rotiertem Messer und hoher Superposition (b) gleiches Gepäckstück mit Multi-View Darstellung. In der zweiten Ansicht ist die Rotation einfach und die Superposition tief (von Bastian et al., 2008, S. 169)

In Bezug auf die Technik gibt es eine Vielzahl an weiteren Befunden, wie beispielsweise, dass Image Enhancement Functions (IEF) wie ein Farbalgorithmus (Michel, Mendes, de Ruiter, Koomen, & Schwaninger, 2014) oder auch Motion Imaging (z.B. Zeigen von fünf Bildern des Gepäcksstücks in einer Sequenz) die Erkennungsleistung in der Röntgenbildbeurteilung beeinflussen können (Mendes, Schwaninger, & Michel, 2013). Diese werden in der vorliegenden Untersuchung nicht weiter berücksichtigt.

1.1.2 Röntgenbildbeurteilung als Expertise

X-Ray Screener bewältigen die Aufgabe der Röntgenbildbeurteilung besonders erfolgreich und können als Experten in ihrem Bereich definiert werden (Tian et al., 2013). Gemäss Chi (2006) können Experten aus einer relativen und einer absoluten Perspektive betrachtet werden.

1.1.2.1 Relativer Zugang.

Wird von relativen Experten gesprochen, indiziert dies einen Vergleich zwischen Experten und Novizen. Dieser relative Zugang geht nämlich davon aus, dass Expertise ein Grad an Professionalisierung ist, der grundsätzlich von allen Novizen erreicht werden kann (Chi, 2006). Dabei wird von einem Kontinuum ausgegangen, auf welchem sich Novizen und Experten einordnen

lassen (Hoffman, 1998). Die Novizen bilden in der vorliegenden Untersuchung Studierende des Studienfachs Angewandte Psychologie. In der psychologischen Forschungstradition ist es üblich, Studien mit Psychologiestudierenden durchzuführen.

Huber (2005) schreibt dazu: “Da an Psychologischen Instituten Studenten des eigenen Fachs am leichtesten erreichbar sind, stellen Gruppen von Psychologiestudenten – besonders der Anfangssemester – die häufigste Stichprobe dar. Dies ist meiner Meinung nach nicht nur auf finanzielle Kostenfaktoren zurückzuführen, sondern zu einem guten Teil auch auf die Bequemlichkeit der Forscher. Inwieweit die Konzentration auf Studenten als Versuchspersonen die Forschungsergebnisse beeinflusst, ist eine offene Frage” (S. 118).

Der Vergleich von X-Ray Screenern mit Studierenden als Novizen ist insbesondere aus zwei Gründen interessant: Er bietet die Möglichkeit herauszufinden, (1) durch welche Merkmale sich X-Ray Screener auszeichnen, was insbesondere für die Personalselektion und eventuell Personalentwicklung relevant ist und es können (2) erste Hinweise zur Übertragbarkeit von an Studierenden gewonnenen Forschungsergebnissen auf Fragestellungen im X-Ray Screening Bereich gewonnen werden.

1.1.2.2 Absoluter Zugang.

Eine andere Möglichkeit ist, Experten von einer absoluten Perspektive zu betrachten. Dabei interessiert nicht der Vergleich zwischen Experten und Novizen, sondern allein die exzeptionellen Merkmale des Experten, die ihm erlauben, herausragende Ergebnisse zu erzielen (Chi, 2006). Im vorliegenden Fall wird unter herausragenden Ergebnissen eine besonders hohe Erkennungsleistung in der Röntgenbildbeurteilung verstanden, unabhängig davon, ob die Person X-Ray Screener ist oder studiert. Vor dem Hintergrund, dass bereits erste Hinweise darauf bestehen, dass spezifische visuell kognitive Fähigkeiten die Erkennungsleistung erklären können (Hardmeier & Schwaninger, 2008), ist von Interesse herauszufinden, ob die gleichen oder unterschiedliche visuell kognitive Fähigkeiten für die erfolgreiche Röntgenbildbeurteilung bei Studierenden und X-Ray Screenern besonders prädikativ sind. Dies ist wiederum für die Personalselektion und Personalentwicklung interessant.

1.2 Ziele und zentrale Fragestellungen

Ein Ziel der vorliegenden Arbeit ist, die visuell kognitiven Fähigkeiten sowie die Erkennungsleistung in unterschiedlichen Röntgenbildbeurteilungstests von Studierenden mit X-Ray Screamern zu vergleichen, um besser zu verstehen, durch welche Merkmale sich X-Ray Screener auszeichnen und ob sich an Studierenden gewonnene Ergebnisse auf Fragestellungen im X-Ray Screening Bereich übertragen lassen (relativer Zugang; vgl. *Kapitel 1.1.2.1*). Vor diesem Hintergrund leitet sich für die vorliegende Arbeit folgende erste Forschungsfrage mit zwei Unterfragestellungen ab:

1. *Inwiefern unterscheiden sich Studierende und X-Ray Screener in relevanten Merkmalen?*
 - 1.1 *Inwiefern unterscheiden sich Studierende und X-Ray Screener in ihren visuell kognitiven Fähigkeiten?*
 - 1.2 *Inwiefern unterscheiden sich Studierende und X-Ray Screener in ihrer Erkennungsleistung im ORT und CAT?*

Ein weiteres Ziel, das diese Arbeit verfolgt, ist die Analyse von Zusammenhängen zwischen visuell kognitiven Fähigkeiten und der Erkennungsleistung einer Person in Röntgenbildbeurteilungstests. Die Zusammenhangsanalysen werden dabei separat für die Stichprobe der Studierenden und die Stichprobe der X-Ray Screener gerechnet, um zu erfahren, ob unterschiedliche visuell kognitive Fähigkeiten bei Studierenden und X-Ray Screamern prädikativ für die Erkennungsleistung in der Röntgenbildbeurteilung sind (absoluter Zugang; vgl. *Kapitel 1.1.2.2*). Zudem wird untersucht, ob allfällige Zusammenhänge zwischen den visuell kognitiven Fähigkeiten und der Erkennungsleistung in der Röntgenbildbeurteilung durch die Variable Alter moderiert werden (vgl. *Kapitel 1.1.1.2*). Vor diesem Hintergrund leitet sich für die vorliegende Arbeit folgende zweite Forschungsfrage mit zwei Unterfragestellungen ab:

2. *Welche visuell kognitiven Fähigkeitstests sagen die Erkenntnisleistung im ORT und CAT voraus?*
 - 2.1 *Welche visuell kognitiven Fähigkeitstests sind wie relevant für die visuelle Inspektion von Röntgenbildern im ORT und CAT bei Studierenden und X-Ray Screamern?*
 - 2.2 *Moderiert das Alter den Zusammenhang zwischen den visuell kognitiven Fähigkeiten einer Person und der Erkennungsleistung im ORT und CAT?*

1.3 Praxispartner und Vorarbeiten

Das Center for Adaptive Security Research and Applications (CASRA) wurde 2008 gegründet und ist aus der Visual Cognition Research Group (VICOREG) entstanden, welche 1999 von Adrian Schwaninger an der Universität Zürich gegründet wurde. Das Hauptziel von CASRA ist die Erhöhung und Förderung der Sicherheit an Flughäfen und anderen Umgebungen, die Menschen und Maschinen involvieren. CASRA stützt sich auf wissenschaftliche Herangehensweisen und vereint Ansätze der angewandten Psychologie, Informatik und Betriebswirtschaft (www.casra.ch, 2018).

Die vorliegende Arbeit baut auf ein mehrjähriges Projekt namens 3DMV (3DMV-Studie) von CASRA auf. Die 3DMV-Studie ist ein Forschungs- und Entwicklungsprojekt und hat zum Ziel, den aktuellen Technologiewandel unter Berücksichtigung der Mensch-Maschine-Interaktion und Humanfaktoren zu analysieren und zu begleiten.

Die weitere Struktur der vorliegenden Arbeit gestaltet sich wie folgt: In *Kapitel 2* werden die theoretischen Grundlagen sowie der aktuelle Forschungsstand zu visuell kognitiven Fähigkeiten und Röntgenbildbeurteilung dargestellt, bevor die dieser Arbeit zugrunde liegenden Hypothesen hergeleitet werden. In *Kapitel 3* wird anschliessend das methodische Vorgehen der vorliegenden Untersuchung beschrieben (Untersuchungsdesign, Datenerhebung und Datenauswertung) und danach in *Kapitel 4* auf die Ergebnisse eingegangen. Diese werden anschliessend in *Kapitel 5* zusammengefasst und diskutiert. Zudem wird auf die Limitationen der vorliegenden Arbeit eingegangen und Implikationen für die Forschung und die Praxis abgeleitet.

2 Theoretische Fundierung

In diesem Kapitel werden die theoretischen Grundlagen dieser Arbeit dargestellt. Zuerst wird auf visuell kognitive Fähigkeiten eingegangen, anschliessend wird die Thematik der Röntgenbildbeurteilung behandelt.

2.1 Visuell kognitive Fähigkeiten

Eingangs werden visuell kognitive Fähigkeiten definiert. Es folgt eine Darstellung des aktuellen Forschungsstandes zu visuell kognitiven Fähigkeiten in Bezug auf Alter, Studium und Röntgenbildbeurteilung.

2.1.1 Definition

Um die Definition von visuell kognitiven Fähigkeiten in einen Kontext zu bringen, wird zuerst auf die Ursprünge des Begriffs eingegangen.

Die Forschungstradition zu visuell kognitiven Fähigkeiten geht bis in die 1880er Jahre zurück. Galton führte damals dazu erste Experimente durch und hielt seine Beobachtungen fest (Mohler, 2008). Erste quantitative Evidenzen zur Existenz von visuell kognitiven Fähigkeiten konnten dann faktorenanalytische Untersuchungen wie die von Spearman (1927) und Thurstone (1938) liefern. Nachdem Spearman (1904) einen generellen Intelligenzfaktor “g” (g-Faktor) identifizieren konnte, entwickelte er darauf aufbauend die Zwei-Faktoren-Theorie der Intelligenz (Spearman, 1927), die ursprünglich noch keine Beschreibung spezifischer Faktoren beinhaltete. Thurstone (1938) entwickelte fast zeitgleich sein Modell der primären mentalen Fähigkeiten, in dem visuell kognitive Fähigkeiten bereits durch den Faktor “space” repräsentiert waren (Buckley, Seery, & Canty, 2018). Das sich entwickelnde Verständnis der Faktorstruktur menschlicher Intelligenz wird in nachfolgenden Modellen wie denen von Burt (1949), Vernon (1950) und Guilford (1966, 1967) chronologisch veranschaulicht. Der Einsatz von Thurstones faktoranalytischen Methoden mit verschiedenen psychometrischen Testbatterien führte schliesslich zur Identifikation von über 120 primären Intelligenzfaktoren (Carroll, 1993). Die dabei gewonnenen empirischen Erkenntnisse führten zu zwei umfassenden Modellen, die die Zusammenhänge zwischen diesen Faktoren beschreiben: das Gf-Gc-Modell (Cattell, 1943, 1963) und des Drei-Schichten-Modell (Carroll 1993). Aus einer Synthese dieser beiden Theorien entstand das Cattell-Horn-Carroll-Modell (CHC-Modell; McGrew, 1997; McGrew & Flanagan, 1998, McGrew, 2009; Schneider & McGrew, 2012), das derzeit als

Hauptrahmen für die Beschreibung individueller Unterschiede in der Struktur der menschlichen Intelligenz anerkannt ist und die die aktuellste Definition für visuell kognitive Fähigkeiten bietet (Buckley et al., 2018).

Das CHC-Modell ist dreistufig, wobei die oberste Ebene (Stratum III) den g-Faktor darstellt. Cattell, Horn und Carroll hatten unterschiedliche Vorstellungen über die Ursprünge und die Existenz des g-Faktors. Das CHC-Modell bezieht Carrolls (1993) Verständnis mit ein, der glaubte, dass die positiven hohen Korrelationen zwischen den einzelnen Intelligenzfaktoren durch einen generellen Faktor der Intelligenz, ein einheitliches Konstrukt, verursacht wird (Schneider & McGrew, 2012). In seiner aktuellsten Version von Schneider und McGrew (2012) umfasst die zweite Ebene (Stratum II) 16 sekundäre Intelligenzfaktoren, die in *Abbildung 4* dargestellt sind und in *Tabelle 1* kurz beschrieben werden. Auf der untersten Stufe enthält das Modell (Stratum I) über 80 primäre Intelligenzfaktoren, die jeweils auf einen sekundären Intelligenzfaktor laden.

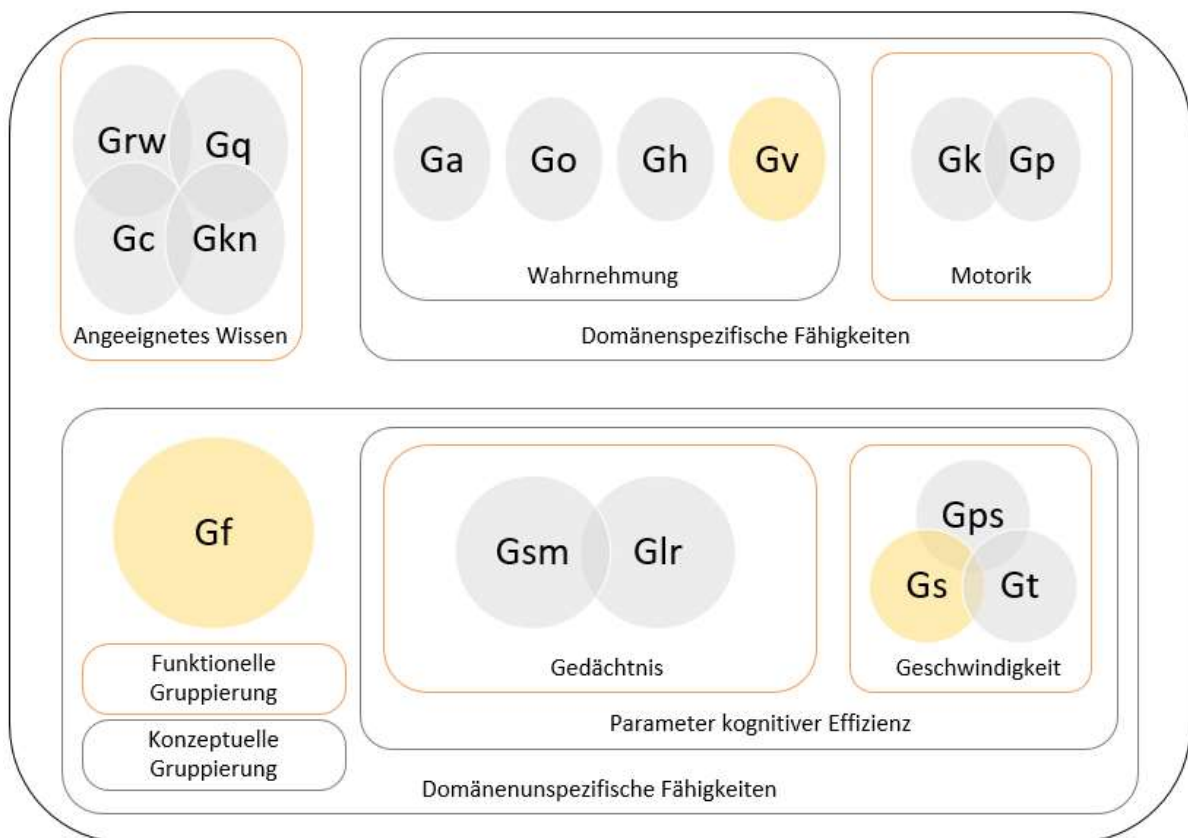


Abbildung 4. Übersicht über die sekundären Intelligenzfaktoren sowie deren konzeptuelle wie funktionelle Gruppierung. Die Legende der Abkürzungen folgt in *Tabelle 1* (eigene Darstellung nach Schneider & McGrew, 2012, S. 139)

Tabelle 1
Definition der sekundären Intelligenzfaktoren des CHC-Modells nach Schneider und McGrew (2012)

Sekundärer Intelligenzfaktor	Definition
Flüssiges Denken (Gf)	Die bewusste, aber flexible Kontrolle der Aufmerksamkeit, um neuartige Probleme "vor Ort" zu lösen, die sich nicht ausschliesslich auf zuvor erlernte Gewohnheiten, Schemata und Skripte stützen.
Kurzzeitgedächtnis (Gsm)	Die Fähigkeit, Informationen in der unmittelbaren Umgebung zu enkodieren, zu erhalten und zu manipulieren.
Langzeitgedächtnis (Glr)	Die Möglichkeit, Informationen über Zeiträume von Minuten, Stunden, Tagen und Jahren zu speichern, zu konsolidieren und abzurufen.
Verarbeitungsgeschwindigkeit (Gs)	Die Fähigkeit, einfache und sich wiederholende kognitive Aufgaben schnell und flüssig auszuführen.
Reaktions- und Entscheidungsgeschwindigkeit (Gt)	Die Geschwindigkeit, mit der sehr einfache Entscheidungen oder Urteile gefällt werden, wenn Gegenstände nacheinander präsentiert werden.
Psychomotorische Geschwindigkeit (Gps)	Die Fähigkeit, Körperbewegungen schnell und fließend auszuführen.
Verständniswissen (Gc):	Tiefe und Breite von Wissen und Fähigkeiten, die von der eigenen Kultur geschätzt werden.
Domänenspezifisches Wissen (Gkn)	Tiefe, Breite und Beherrschung von Spezialwissen (Wissen, das nicht alle Mitglieder einer Gesellschaft haben, wird erwartet).
Lesen und Schreiben (Grw):	Tiefe und Breite der Kenntnisse und Fähigkeiten in Bezug auf die geschriebene Sprache.
Mathematisches Wissen (Gq)	Tiefe und Breite des Wissens in Bezug auf Mathematik.
Visuell kognitive Fähigkeiten (Gv)	Die Fähigkeit, simulierte mentale Bilder (oft in Verbindung mit aktuell wahrgenommenen Bildern) zu verwenden, um Probleme zu lösen.
Auditiv kognitive Fähigkeiten (Ga)	Die Fähigkeit, sinnvolle nonverbale Informationen im Klang zu erkennen und zu verarbeiten.
Olfaktorisch kognitive Fähigkeiten (Go)	Die Fähigkeit, sinnvolle Informationen in Gerüchen zu erkennen und zu verarbeiten.
Taktil kognitive Fähigkeiten (Gh)	Die Fähigkeit, sinnvolle Informationen bei haptischen (Berührungs-)Empfindungen zu erkennen und zu verarbeiten.
Kinästhetische kognitive Fähigkeiten (Gk)	Die Fähigkeit, bedeutungsvolle Informationen in propriozeptiven Empfindungen zu erkennen und zu verarbeiten.
Psychomotorische Fähigkeiten (Gp)	Die Fähigkeit, physische Körpermotorbewegungen (z. B. Bewegung von Fingern, Händen, Beinen) mit Präzision, Koordination oder Stärke auszuführen.

Visuell kognitive Fähigkeiten bilden im CHC-Modell folglich einen sekundären Intelligenzfaktor. Sie lassen sich definieren als die Fähigkeit, simulierte mentale Bilder (oft in Verbindung mit aktuell wahrgenommenen Bildern) zu verwenden, um Probleme zu lösen. Nachdem die Augen visuelle Informationen übertragen haben, führt das visuelle System des Gehirns automatisch eine grosse Anzahl an Low-Level-Berechnungen durch (z.B. Kantenerkennung, Hell-Dunkel-Wahrnehmung). Die Ergebnisse dieser Low-Level-Berechnungen sind Grundlage für die anschliessenden Prozesse höherer Ordnung, die als Voraussetzung erschienen, um komplexere Aspekte eines Bildes (z.B. Objekterkennung) abzuleiten. Tests, die visuell kognitive Fähigkeiten messen, sind dazu gedacht, individuelle Unterschiede in diesen höherrangigen Prozessen zu erfassen (Schneider & McGrew, 2012). Eine Definition von visuell kognitiven Fähigkeiten allein ist noch nicht ausreichend, um ein umfassendes Verständnis dafür zu entwickeln, was alles unter den Begriff der visuell kognitiven Fähigkeiten fällt. Aus diesem Grund ist ein Blick auf die dem Faktor visuell kognitive Fähigkeiten untergeordneten primären Intelligenzfaktoren sinnvoll. Diese werden in *Tabelle 2* näher beschrieben.

Tabelle 2

Definition der dem Faktor visuell kognitive Fähigkeiten untergeordneten primären Intelligenzfaktoren nach Schneider und McGrew (2012)

Primärer Intelligenzfaktor	Definition
Visualisierung (Vz).	Die Fähigkeit, komplexe Muster wahrzunehmen und mental zu simulieren, wie sie aussehen könnten, wenn sie transformiert werden (z. B. rotiert, in ihrer Grösse verändert, teilweise verdeckt usw.). Dies ist die Kernfähigkeit von Gv.
Beschleunigte Rotation (SR)	Die Fähigkeit, Aufgaben der mentalen Rotation schnell zu lösen. Diese Fähigkeit ähnelt der Fähigkeit der Visualisierung, ist aber anders, weil sie mehr mit der Geschwindigkeit zu tun hat, mit der mentale Rotationsaufgaben durchgeführt werden können. Beschleunigte Rotationsaufgaben beinhalten normalerweise eher einfache Bilder.
Erschliessungsgeschwindigkeit (CS).	Fähigkeit, ein vertrautes bedeutungsvolles visuelles Objekt schnell aus unvollständigen (z. B. vagen, teilweise verdeckten, abgetrennten) visuellen Reizen zu identifizieren, ohne im Voraus zu wissen, was das Objekt ist. Diese Fähigkeit wird manchmal als Gestaltwahrnehmung bezeichnet, weil sie erfordert, dass Personen unsichtbare oder fehlende Teile eines Bildes "ausfüllen", um eine einzelne Wahrnehmung zu visualisieren.
Erschliessungsflexibilität (CF).	Fähigkeit, eine visuelle Figur oder ein Muster zu identifizieren, das in ein komplexes, ablenkendes oder verdecktes visuelles Muster oder Array eingebettet ist, wenn das Muster im Voraus bekannt ist.
Visuelles Arbeitsgedächtnis (MV).	Fähigkeit, sich komplexe Bilder über kurze Zeiträume (weniger als 30 Sekunden) zu merken. Zu den Aufgaben, die diesen Faktor messen, gehört, dass komplexe

	Bilder gezeigt werden und diese wiederzuerkennen sind, sobald der Stimulus entfernt wurde.
Räumliches Scanning (SS)	Fähigkeit, einen Weg aus einem Irrgarten oder einem Feld mit vielen Hindernissen zu visualisieren. Typisch sind Labyrinth-Aufgaben.
Serielle Integration (PI)	Die Fähigkeit, ein Objekt zu erkennen, nachdem nur Teile davon in schneller Folge gezeigt wurden.
Längenschätzung (LE)	Die Fähigkeit, die Länge von Objekten visuell zu schätzen.
Resistenz bei optischer Täuschung (IL)	Die Fähigkeit, sich nicht von visuellen Illusionen täuschen zu lassen
Konsistenz bei Wechsel (PN)	Alternationskonsistenz zwischen verschiedenen visuellen Wahrnehmungen.
Lebhafte Bilder (IM)	Fähigkeit, sich sehr lebhaft Bilder vorzustellen.

2.1.2 Relevanz visuell kognitiver Fähigkeiten

Die psychometrische Forschung zu visuell kognitiven Fähigkeiten konnte zeigen, dass visuell kognitiven Fähigkeiten prognostische Validität in Bezug auf Bildungs- und Berufserfolg zukommt (Humphreys & Lubinski, 1996; Lohman, 2005; Lubinski, 2010; Päßler & Hell, 2012; Shea, Lubinski, & Benbow, 2001; Stern & Neubauer, 2016; Wai, Lubinski, & Benbow, 2009). Viele Faktoren der visuell kognitiven Fähigkeiten laden bedeutend auf den g-Faktor (z.B. Lohman, 1996; Lohman, 2005; Mohler, 2008) und folgen wie die Intelligenz in der Bevölkerung einer annähernden Normalverteilung mit einem kleinen Exzess am unteren Ende der Verteilung, verursacht durch mentale Störungen, die gestörte kognitive Fähigkeiten involvieren. Individuelle Unterschiede in kognitiven Fähigkeiten sind in der Psychologie eines der robustesten Ergebnisse (Deary et al., 1996; Deary, Penke, & Johnson, 2010; Stern & Neubauer, 2016). Metaanalysen wie die von Baenninger und Newcombe (1989) und Uttal et al. (2013) weisen darauf hin, dass sich insbesondere spezifische visuell kognitive Fähigkeiten wie das räumliche Vorstellungsvermögen zumindest teilweise trainieren lassen. Hingegen scheint der g-Faktor, der auch in spezifischen kognitiven Fähigkeitstests substanziell zur Varianzaufklärung beiträgt (Deary et al., 2010), über Entwicklungsphasen und über die ganze Lebensspanne relativ stabil (Deary et al., 1996; Deary et al., 2010; Stern & Neubauer, 2016).

Nachfolgend wird auf den aktuellen Forschungsstand zu visuell kognitiven Fähigkeiten in Zusammenhang mit Alter, Studium und Röntgenbildbeurteilung eingegangen.

2.1.2.1 Visuell kognitive Fähigkeiten und Studium.

Wie zuvor dargestellt, existieren individuelle Unterschiede in der Intelligenz. Diese wirken sich insbesondere auf die Geschwindigkeit und die Tiefe des Lernens in der Schule und im Studium aus: “Je intelligenter ein Mensch ist, umso effizienter und schneller kann er Informationen in Form von Symbolen repräsentieren, auf dieser Grundlage neue Schlussfolgerungen ziehen und damit in abstrakte Wissensgebiete eindringen” (Stern, Schalk, & Schumacher, 2016, S. 119). Es besteht inzwischen kein Zweifel mehr darüber, dass es Unterschiede im Lernpotenzial gibt. Darüber hinaus scheinen intelligente Menschen die ihnen gebotenen Lerngelegenheiten meist effizienter nutzen zu können, wodurch sie ihren Vorsprung noch weiter ausbauen (Stern et al., 2016).

Nebst dem Zusammenhang zwischen allgemeiner Intelligenz und Studienerfolg ist auch die prognostische Validität von visuell kognitiven Fähigkeiten im Studium gut erforscht (Gardner, 1993; Humphreys & Lubinski, 1996; Lohman, 2005; Lubinski, 2010; Shea et al., 2001; Wai et al., 2009). Bereits Gardner (1993) stellte die Annahme auf: “...it is skill in spatial ability which determines how far one will progress in sciences” (S. 192). Neuere Studien bestätigen dies. Beispielsweise konnten Shea et al. (2001) in einer 20 Jahre dauernden Studie nachweisen, dass die Messung visuell kognitiver Fähigkeiten die inkrementelle Validität von Talent-Assessments im Studium begünstigt. Wai et al. (2009) untersuchten die Wichtigkeit von visuell kognitiven Fähigkeiten in STEM-Studienfächern (STEM: science, technology, engineering, and mathematics), zu denen auch die Psychologie gezählt werden kann. Über 400'000 Studierende wurden über 11 Jahre begleitet. Sie fanden heraus, dass visuell kognitive Fähigkeiten, die während der Adoleszenz gemessen werden, ein herausragendes psychologisches Attribut unter Jugendlichen darstellt, die in der Folge einen höheren Bildungsabschluss und Berufe in STEM-Disziplinen erreichen. Allerdings konnten auch grosse kognitive Unterschiede zwischen Studierenden unterschiedlicher Fachrichtungen gefunden werden. Die bisherigen Ergebnisse deuten darauf hin, dass kognitive Fähigkeiten im Psychologiestudium im Vergleich mit anderen STEM-Fächern wie beispielsweise der Physik weniger erfolgskritisch sind (CollegeBoard, 2014; Wolfle & Oxtoby; 1952; Wai et al., 2009). Studien wie die von Busato, Prins, Elshout und Hamaker (2000) zeigen allerdings, dass auch bei Psychologiestudierenden kognitive Fähigkeiten ein guter Prädiktor für Studienerfolg sind.

2.1.2.2 *Visuell kognitive Fähigkeiten und Röntgenbildbeurteilung.*

Der Zusammenhang zwischen visuell kognitiven Fähigkeiten und erfolgreicher Röntgenbildbeurteilung lässt sich vereinfacht wie folgt beschreiben: Röntgenbild (Input) -> kognitive Aktivitäten -> Erkennungsleistung (Output; Tian et al., 2013). Die Verarbeitung von visuellen Informationen, an dieser Stelle eines Röntgenbildes (Input), macht einen neuronalen Aufwand notwendig (Anderson, 2013). Inwiefern die kognitiven Aktivitäten zielführend sind, hängt zu einem Teil von den visuell kognitiven Fähigkeiten einer Person ab. Dementsprechend konnten frühere Studien zeigen, dass sich hohe visuell kognitive Fähigkeiten positiv auf die Erkennungsleistung in der Röntgenbildbeurteilung auswirken (Hardmeier & Schwaninger, 2008). Vor dem Hintergrund, dass es grosse individuelle Unterschiede in der Fähigkeit zur erfolgreichen Röntgenbildbeurteilung gibt und diese Unterschiede auch durch Wiederholen der Aufgabe und Training grösstenteils bestehen bleiben (Ericson, Kravitz, & Mitroff, 2017; Mitroff, Ericson, & Sharpe, 2018; Schwaninger et al., 2005), ist es erforderlich, den Zusammenhang zwischen visuell kognitiven Fähigkeiten und der Erkennungsleistung genauer zu betrachten.

Kognitive Aufgaben wie die Röntgenbildbeurteilung basieren auf mehreren visuell kognitiven Fähigkeiten, von denen einige für die jeweilige Aufgabe einzigartig sind und andere auch auf andere Aufgaben angewendet werden können (Deary et al., 2010). Um entsprechende visuell kognitive Fähigkeiten zu identifizieren, untersuchten Hardmeier und Schwaninger (2008) in einer Studie mit X-Ray Screenern, ob die Fähigkeit zum Umgang mit bildbasierten Faktoren im Rahmen einer Voruntersuchung unter Verwendung verschiedener visuell kognitiver Fähigkeitstests aus gut etablierten Intelligenztests erhoben werden kann. Sie gingen von den eingangs beschriebenen bildbasierten Faktoren aus. Die den drei Faktoren zuordenbaren visuell kognitiven Fähigkeiten sind mentale Rotation (Viewpoint), Figur-Grund Wahrnehmung (Superposition) und visuelle Suche auf komplexen Hintergründen (Bag Complexity; Bolting & Schwaninger, 2009; Hardmeier & Schwaninger, 2008). Weiter argumentierten Hardmeier und Schwaninger (2008), dass zum Beispiel IEDs (Improvised Explosive Devices = Bomben) zwar immer gleiche Komponenten (Sprengstoff, Zünder, Auslösemechanismus, Energiequelle) beinhalten, sich aber in Gestaltung und Form stark unterscheiden können, weshalb die Fähigkeit zum logischen Schlussfolgern sowie Vigilanz weitere wichtige Voraussetzungen für die erfolgreiche Ausübung der X-Ray Screenertätigkeit darstellten (Hardmeier & Schwaninger, 2008). Aus der Forschung zu visueller Suche und Informationsverarbeitung ist darüber hinaus bekannt, dass für eine komplexe Informationsverarbeitung ein temporärer Speicher, sprich ein gutes Arbeitsgedächtnis, wesentlich ist (Eckstein, 2011; Woodman & Chun,

2006). Eine mögliche Begründung dafür ist, dass eine Person zu erwartende Objekte (im vorliegenden Fall zu erwartende verbotene Gegenstände) im visuellen Arbeitsgedächtnis abspeichert, während die Suchaufgabe durchgeführt wird und ein ständiger Abgleich zwischen den im visuellen Arbeitsgedächtnis repräsentierten Darstellungen und den wahrgenommenen Objekten stattfindet. Eine andere mögliche Erklärung ist, dass Darstellungen, die während der Suche im visuellen Arbeitsspeicher gespeichert sind, dazu dienen, die Aufmerksamkeit auf ähnliche Objekte zu lenken und somit wesentlich beeinflussen, welche Informationen überhaupt in das visuelle Arbeitsgedächtnis gelangen (Bundesen, 1990; Duncan & Humphreys, 1989). Zur Messung der beschriebenen latenten Variablen mentale Rotation, Figur-Grund Wahrnehmung, visuelle Suche, logisches Schlussfolgern, Vigilanz und visuelles Arbeitsgedächtnis entwickelten Hardmeier und Schwaninger (2008) eine visuell kognitive Testbatterie bestehend aus zwölf visuell kognitiven Fähigkeitstests. Integriert wurden vier Subtests aus dem alten Leistungsprüfsystem (LPS), drei Subtests des Intelligenz-Struktur-Tests 2000 (IST 2000), der Raven's Advanced Progressive Matrices Test (APM), das Frankfurter Aufmerksamkeit Inventar (FAIR) und drei Tests, die von der Universität Zürich entwickelt wurden. Die visuell kognitive Testbatterie wurde anschliessend im Rahmen des Rekrutierungsprozesses von Luftsicherheitsbeauftragten im Jahr 2006 von 169 Stellenbewerbenden und im Jahr 2007 von 97 Stellenbewerbenden ausgefüllt. Zudem absolvierten die angehenden X-Ray Screener im Rahmen des Rekrutierungsprozesses den ORT zur Messung der Fähigkeit zum Umgang mit bildbasierten Faktoren in der ursprünglichen Single-View Version. Nach 4–6 Monaten wurde die Erkennungsleistung der eingestellten X-Ray Screener unter einer Single-View Bedingung anhand der Vorgängerversion des CAT (früher PIT), des Bomb Detection Test (BDT) sowie anhand von TIP-Daten erneut erhoben. Hardmeier und Schwaninger (2008) stellten fest, dass alle eingesetzten visuell kognitiven Fähigkeitstests trotz der semantischen Unterschiede auf den latenten Faktor Fähigkeit zum Umgang mit bildbasierten Faktoren luden und diese Fähigkeit positiv mit dem Faktor Erkennungsleistung in der Röntgenbildbeurteilung korreliert. Weiter konnten sie zeigen, dass vier visuell kognitive Fähigkeitstests die Fähigkeit zum Umgang mit bildbasierten Faktoren besonders gut vorhersagen können. Der erste dieser Tests war der Raven's Advanced Progressive Matrices (APM), der das logische Schlussfolgern misst (Raven, Court, & Raven, 1980). Die restlichen besonders prädiktiven visuell kognitiven Fähigkeitstests waren die dem Leistungsprüfsystem entnommenen Subtests LPS 8, LPS 9 und LPS 10. Die Subtests LPS 8 und LPS 9 messen die Fähigkeit zum räumlichen Vorstellungsvermögen. Mit dem LPS 10 wird die Fähigkeit zur Figur-Grund-Wahrnehmung erfasst (Horn, 1983).

Für die Prüfung eines Gepäckstückes auf verbotene Gegenstände mittels eines Röntgenbildes an Flughäfen steht zudem nur sehr wenig Zeit zur Verfügung (Michel, Hattenschwiler, Kuhn, Strebel, & Schwaninger, 2014). Es ist aus diesem Grund zusätzlich wichtig, dass eine Person ein Röntgenbild schnell und gleichzeitig korrekt beurteilen kann, was kognitive Schnelligkeit erfordert. Ob die Verarbeitungsgeschwindigkeit zur Vorhersage der Erkennungsleistung beitragen kann, wurde noch nicht untersucht.

Zusammenfassend ist davon auszugehen, dass die folgenden latenten Variablen die Erkennungsleistung in der Röntgenbildbeurteilung beeinflussen könnten: mentale Rotation, Figur-Grund Wahrnehmung, visuelle Suche, logisches Schlussfolgern, Vigilanz, visuelles Arbeitsgedächtnis sowie kognitive Schnelligkeit. Diese lassen sich in der aktuellsten Version des CHC-Modells von Schneider und McGrew (2012) verorten. Die visuell kognitive Fähigkeit der mentalen Rotation ist in den primären Intelligenzfaktoren Visualisierung (Vz, bei komplexeren Objekten) und Beschleunigte Rotation (SR, bei einfacheren Objekten) abgebildet. Die visuell kognitiven Fähigkeiten der Figur-Grund Wahrnehmung ist im primären Intelligenzfaktor Erschliessungsflexibilität (CF) und die visuelle Suche auf komplexen Hintergründen im primären Intelligenzfaktor Erschliessungsgeschwindigkeit (CS) zu verorten. Vigilanz ist nicht eindeutig in das Modell einordbar, steht aber in engem Zusammenhang mit dem visuellen Arbeitsgedächtnis. Das visuelle Arbeitsgedächtnis ist als primärer Intelligenzfaktor visuelles Arbeitsgedächtnis (VM) abgebildet. Kognitive Schnelligkeit ist unter dem sekundären Faktor Verarbeitungsgeschwindigkeit (Gs) zu finden und logisches Schlussfolgern repräsentiert den g-Faktor.

Eine offene Frage in Bezug auf den Zusammenhang zwischen visuell kognitiven Fähigkeiten und Röntgenbildbeurteilung ist, ob die tagtägliche Arbeit als X-Ray Screener möglicherweise zu einer Verbesserung von gewissen domänenunspezifischen visuell kognitiven Fähigkeiten führen kann. Erste Hinweise dafür liefert die Untersuchung von Biggs, Cain, Clark, Darling und Mitroff (2013). Diese konnten zeigen, dass X-Ray Screener in domänenunabhängigen visuellen Suchaufgaben besser abschneiden als eine Vergleichsstichprobe aus Studierenden.

2.1.2.3 Visuell kognitive Fähigkeiten und Alter.

Es ist vielfach belegt, dass visuell kognitive Fähigkeiten einen Zusammenhang mit dem Alter aufweisen (Borella, Meneghetti, Ronconi, & De Beni, 2014; Schapkin, 2012; Techentin, Voyer, & Voyer, 2014). Techentin et al. (2014) haben in ihre Metaanalyse Daten aus 80 Un-

tersuchungen zwischen 1958 und 2011 miteinbezogen. Sie konnten einen grossen altersbedingten Abbau der visuell kognitiven Fähigkeiten in psychometrischen Tests belegen. Der Alterseffekt war dabei unabhängig von anderen Faktoren wie beispielsweise dem eingesetzten Test und der Testkategorie (z.B. mentale Rotation, Figur-Grund Wahrnehmung). Allerdings unterlag die Reaktionszeit dem Alterseffekt stärker als die Genauigkeit der Leistung. Weiter ist bekannt, dass die Variabilität in Bezug auf kognitive Fähigkeiten mit dem Alter zunimmt (Schaie & Willis, 2010). Dies lässt sich durch eine Vielzahl konfundierter Faktoren erklären, wobei einer davon das Intelligenzniveau einer Person ist, das bei hoher Ausprägung eine Kompensationsressource darstellen kann (Schapkin, 2012). Kompensation findet dabei auf unterschiedlichen Ebenen statt. Auf der Ebene des Verhaltens nutzen ältere Personen im Vergleich mit jüngeren zum Beispiel stärker auf Genauigkeit ausgerichtete Handlungsstrategien, wie langsames und genaueres Arbeiten, um Fehler zu vermeiden (De Jong, 2001). Haben ältere Personen Zeit ihre Reaktion vorzubereiten, wirkt sich dies dementsprechend in hohem Masse positiv auf ihre Leistung aus (Kramer, Hahn, & Gopher, 1999; Kray, 2006). Yordanova, Kolev, Hohnsbein und Falkenstein (2004) haben zudem beobachtet, dass ältere Personen ihre Konzentration erhöhen, noch bevor der Reiz gezeigt wird. Darüber hinaus wurde festgestellt, dass auch auf neuronaler sowie vegetativer Ebene Kompensation stattfinden kann (siehe dazu z. B. Schapkin, 2012).

2.2 Röntgenbildbeurteilung

Nachfolgend wird auf den aktuellen Forschungsstand der für die vorliegende Untersuchung relevanten Faktoren in Zusammenhang mit X-Ray Screening eingegangen (bildbasierte Faktoren, wissensbasierte Faktoren, Single-View vs. Multi-View). Bildbasierte und wissensbasierte Faktoren wurden in *Kapitel 1.1.1.2* definiert, Single-View und Multi-View in *Kapitel 1.1.1.3*.

2.2.1 Bildbasierte Faktoren

In Bezug auf die Fähigkeit zum Umgang mit bildbasierten Faktoren konnte gezeigt werden, dass Novizen wie auch X-Ray Screener Effekten der bildbasierten Faktoren gleichermassen unterliegen. X-Ray Screener erreichen im Röntgenbildbeurteilungstest ORT im Vergleich zu Novizen nur moderat bessere Ergebnisse (Hardmeier et al., 2005; Schwaninger et al., 2005). Die Fähigkeit zum Umgang mit bildbasierten Faktoren würde sich demnach durch Erfahrung und Training nicht massgeblich verbessern lassen. Zudem wurden bei Novizen und X-Ray Screamern grosse individuelle Unterschiede in der Fähigkeit zum Umgang mit bildbasierten Faktoren gefunden (Hardmeier et al., 2005; Schwaninger et al., 2005). Hardmeier et al. (2006)

konnten zeigen, dass X-Ray Screener, welche mit dem ORT ausgewählt wurden und somit gute Ergebnisse hinsichtlich der Fähigkeit zum Umgang mit bildbasierten Faktoren erzielt haben, ein Jahr später bei einem Zertifizierungstest für X-Ray Screener eine bessere Erkennungsleistung in der Röntgenbildbeurteilung erreichten als X-Ray Screener, die nicht mit dem ORT selektiert wurden. Studien von Ericson et al. (2017) und Mitroff et al. (2018) bestätigen, dass Personen, die zu Beginn eine bessere Leistung erzielen, auch zu einem späteren Zeitpunkt eine vergleichsweise bessere Leistung erreichen und vice versa. Weiter konnte Schwaninger et al. (2010) eine negative partielle Korrelation zwischen dem Alter und der Fähigkeit zum Umgang mit bildbasierten Faktoren finden. Auch die Erfahrung als X-Ray Screener (Dienstalter) konnte den negativen Alterseffekt nicht ausgleichen. Sie fanden allerdings auch an dieser Stelle grosse individuelle Unterschiede. Es gab X-Ray Screener, die über 60 Jahre alt waren und eine bemerkenswert höhere Erkennungsleistung erreichten als andere nur ca. halb so alte X-Ray Screener.

2.2.2 Wissensbasierte Faktoren

In visuellen Inspektionsaufgaben wie der Röntgenbildbeurteilung ist es förderlich, wenn eine Person detaillierte Informationen über das Zielobjekt hat (Vickery, King, & Jiang, 2005). In der Röntgenbildbeurteilung sind detaillierte Angaben zu einem Zielobjekt oftmals schwierig, weil verbotene Gegenstände sehr unterschiedlich aussehen können. Beispielsweise gelten Schusswaffen als verbotene Gegenstände. Es gibt aber nicht die eine Schusswaffe, sondern eine Vielzahl an unterschiedlichen, die alle erkannt werden müssen (Biggs & Mitroff, 2015).

Das Wissen über verbotene Gegenstände kann durch spezifisches computerbasiertes Training (computer based training, CBT) gefördert werden (Halbherr, Schwaninger, Budgell, & Wales, 2013; Koller et al. 2009; Schwaninger & Wales, 2009; Schwaninger & Hofer, 2004). Halbherr et al. (2013) analysierten Daten von 5'717 X-Ray Screenern über 4 Jahre. X-Ray Screener trainierten während dieser Zeit unterschiedlich viel mit dem adaptiven computerbasierten Training X-Ray Tutor (XRT). Zur Messung der Erkennungsleistung wurde der Kompetenztest CAT eingesetzt. Die verbotenen Gegenstände waren im CAT wie auch im XRT in die Kategorien Schusswaffen, Messer, IEDs und andere verbotene Gegenstände eingeteilt. XRT führte im CAT in allen vier Kategorien verbotener Gegenstände zu einer massgeblichen Verbesserung der Erkennungsleistung. Zudem konnte durch CBT nicht nur die Erkennungsleistung verbessert werden, sondern auch die Inspektionszeit (Michel et al., 2007; Schwaninger & Wales, 2009; Schwaninger & Hofer, 2004). In Bezug auf wissensbasierte Faktoren konnten wie erwartet grosse Unterschiede in der Erkennungsleistung zwischen Novizen und X-Ray

Screenern nachgewiesen werden (Schwaninger et al., 2005). Zudem konnten Schwaninger et al. (2010) hinsichtlich wissensbasierter Faktoren, einen negativen Alterseffekt finden. Sie führten partielle Korrelationsanalysen zwischen der aus TIP-Daten berechneten Erkennungsleistung und dem Alter durch und kontrollierten dabei die Variable Erfahrung. Es zeigte sich, dass ältere X-Ray Screener im Arbeitsalltag auch eine schlechtere Erkennungsleistung erreichen, wenn sie über viel Erfahrung verfügen.

2.2.3 Single-View vs. Multi-View

Von Bastian et al. (2008) sind der Frage nachgegangen, ob durch bildbasierte Faktoren verursachte Effekte durch zwei Röntgenbilder des gleichen Gepäckstückes mit verschiedenen Ansichten reduziert werden können. Sie stellten die Hypothese auf, dass die Verwendung von Multi-View Systemen besonders unter schwierigen Konditionen (schwierige Rotation des verbotenen Gegenstandes, hohe Superposition, d.h. Verdeckung durch andere Gegenstände) hilfreich sein könnte. Die Ergebnisse zeigen, dass die Erkennungsleistung unter schwierigen Single-View Bedingungen (schwierige Ansicht des verbotenen Gegenstandes und Verdeckung durch andere Gegenstände) abnimmt. Dieses Ergebnis war aufgrund früherer Ergebnisse zu erwarten (Schwaninger et al., 2005). Hingegen steigt die Erkennungsleistung, wenn die Person durch eine zweite Ansicht des Gepäckstückes unterstützt wird, die den verbotenen Gegenstand in einer leichten Rotation oder mit einer geringen Superposition zeigt. Von Bastian et al. (2008) erklären dies dadurch, dass eine einfache zweite Ansicht des verbotenen Gegenstandes neue und hilfreiche Informationen bieten kann. Weiter konnten sie zeigen, dass Multi-View-Röntgensysteme insbesondere eine Unterstützung bieten, um die durch Superposition auferlegten Herausforderungen zu bewältigen.

2.3 Herleitung der Hypothesen

Nachfolgend werden von den Forschungsfragestellungen ausgehend die dieser Arbeit zugrundeliegenden Hypothesen hergeleitet.

Fragestellung 1.1 zielt darauf ab aufzuzeigen, ob sich Studierende und X-Ray Screener in ihren visuell kognitiven Fähigkeiten unterscheiden. Wie dargestellt, ist davon auszugehen, dass Studierende eine Stichprobe mit eingeschränkter Varianz darstellen, weil sie vergleichsweise höhere visuell kognitive Fähigkeiten aufweisen als die Durchschnittsbevölkerung (vgl. *Kapitel 2.1.2.1*). Gleichzeitig wurden die meisten getesteten X-Ray Screener mit dem ORT ausgewählt, weshalb davon ausgegangen werden kann, dass auch die X-Ray Screener über hohe visuell kognitive Fähigkeiten verfügen. Zudem zeigte eine Studie von Biggs et al. (2013),

dass sich die tägliche Bewältigung domänenspezifischer visuell kognitiver Anforderungen positiv auf die visuell kognitiven Fähigkeiten einer Person auswirken kann. Es wird dementsprechend angenommen, dass sich die Studierenden und die X-Ray Screener je nach visuell kognitivem Test in ihrer Ausprägung auf der Variable visuell kognitive Fähigkeiten unterscheiden:

H1: X-Ray Screener und Studierende unterscheiden sich in ihrer Ausprägung auf der Variable visuell kognitive Fähigkeiten je nach visuell kognitivem Fähigkeitstest.

Fragestellung 1.2 beschäftigt sich mit der Thematik, ob sich die Studierenden und die X-Ray Screener in ihrer Erkennungsleistung im ORT und CAT signifikant unterscheiden. Wie dargestellt, konnten Schwaninger et al. (2005) und Hardmeier et al. (2005) zeigen, dass sich die Fähigkeit zum Umgang mit bildbasierten Faktoren durch Erfahrung und Training vermutlich nur moderat verbessern lässt und X-Ray Screener bildbasierten Effekten vergleichbar unterliegen, wie dies Novizen tun (vgl. *Kapitel 2.2.1*). Es wird dementsprechend angenommen, dass sich Studierende und X-Ray Screener in der Erkennungsleistung im ORT nicht signifikant unterscheiden:

H2: X-Ray Screener und Studierende unterscheiden sich nicht signifikant in der Erkennungsleistung d' im ORT.

Der CAT hingegen misst in erster Linie domänenspezifisches Wissen, das sich durch Erfahrung und Training erklären lässt (vgl. *Kapitel 2.2.2*). In Anlehnung an die Befunde von Schwaninger et al. (2005) ist anzunehmen, dass X-Ray Screener eine signifikant höhere Erkennungsleistung im CAT erreichen als die Vergleichsstichprobe der Studierenden:

H3: X-Ray Screener erreichen eine signifikant höhere Erkennungsleistung d' im CAT als Studierende.

Aufgrund des aktuellen Technologiewandels von Single-View zu Multi-View Systemen interessiert zusätzlich, ob Studierende und X-Ray Screener im ORT und im CAT unter der Bedingung Multi-View eine bessere Erkennungsleistung erzielen als unter der Bedingung Single-View. Aufgrund der Befunde von von Bastian et al. (2008) ist anzunehmen, dass die

beiden Stichproben im ORT und im CAT unter der Bedingung Multi-View eine bessere Erkennungsleistung erlangen als unter der Bedingung Single-View (vgl. *Kapitel 2.2.3*). Es werden die folgenden Hypothesen aufgestellt:

H4: Die Erkennungsleistung d' im ORT ist unter der Bedingung Multi-View signifikant höher als unter der Bedingung Single-View.

H5: Die Erkennungsleistung d' im CAT ist unter der Bedingung Multi-View signifikant höher als unter der Bedingung Single-View.

Fragestellung 2.1 beschäftigt sich erstens mit der Frage, ob sich bei Studierenden und X-Ray Screamern unterschiedliche Prädiktoren für die Voraussage der Erkennungsleistung finden lassen. Hardmeier und Schwaninger (2008) konnten in ihrer Studie mit X-Ray Screamern visuell kognitive Fähigkeitstests identifizieren, die in Bezug auf die Fähigkeit zum Umgang mit bildbasierten Faktoren prädiktiv waren (vgl. *Kapitel 2.1.2.2*). Es ist anzumerken, dass die von Hardmeier und Schwaninger (2008) verwendeten Stichproben eine relativ geringe Varianz aufwiesen. Alle X-Ray Screener wurden bereits aufgrund ihrer Fähigkeit zum Umgang mit bildbasierten Faktoren ausgewählt (Hardmeier & Schwaninger, 2008). Allerdings wurden die X-Ray Screener im Rahmen des Rekrutierungsprozesses getestet, weshalb sie zum Testzeitpunkt noch über wenig Erfahrung verfügten. Da in der Expertiseforschung von einem Kontinuum ausgegangen wird, auf welchem sich Novizen und Experten einordnen lassen (Hoffman, 1998), ist davon auszugehen, dass die Expertise der in der Studie von Hardmeier und Schwaninger (2008) getesteten X-Ray Screener noch nicht besonders ausgeprägt war. Bisher fehlen vergleichbare Untersuchungen mit Novizen oder erfahrenen X-Ray Screamern. Zweitens interessiert im Rahmen von Fragestellung 2.1, ob für die erfolgreiche Röntgenbildbeurteilung unter der Bedingung Single-View und unter der Bedingung Multi-View unterschiedliche visuell kognitive Fähigkeiten prädiktiv sind. Die dargestellten Befunde von Hardmeier und Schwaninger, (2008) basieren auf Single-View Bedingungen. Vergleichbare Untersuchungen mit Multi-View Systemen stehen noch aus. Aufgrund bislang fehlender Befunde werden keine Hypothesen aufgestellt und die Fragestellung explorativ untersucht.

Fragestellung 2.2 zielt darauf ab aufzuzeigen, ob ein allfälliger Zusammenhang zwischen visuell kognitiven Fähigkeiten und der Röntgenbildererkennung durch die Variable Alter moderiert wird. Es ist bekannt, dass die Variabilität in Bezug auf kognitive Fähigkeiten mit

dem Alter zunimmt (Schaie & Willis, 2010). Personen mit hohen kognitiven Fähigkeiten scheinen ihren Vorsprung über die Lebensspanne auszubauen und besser in der Lage zu sein, einen altersbedingten Abbau in den visuell kognitiven Fähigkeiten zu kompensieren (vgl. *Kapitel 2.1.2.3*). Es wird auch an dieser Stelle darauf verzichtet, Hypothesen zu formulieren. Die Frage wird explorativ untersucht.

Das Untersuchungsmodell ist in *Abbildung 5* grafisch dargestellt.

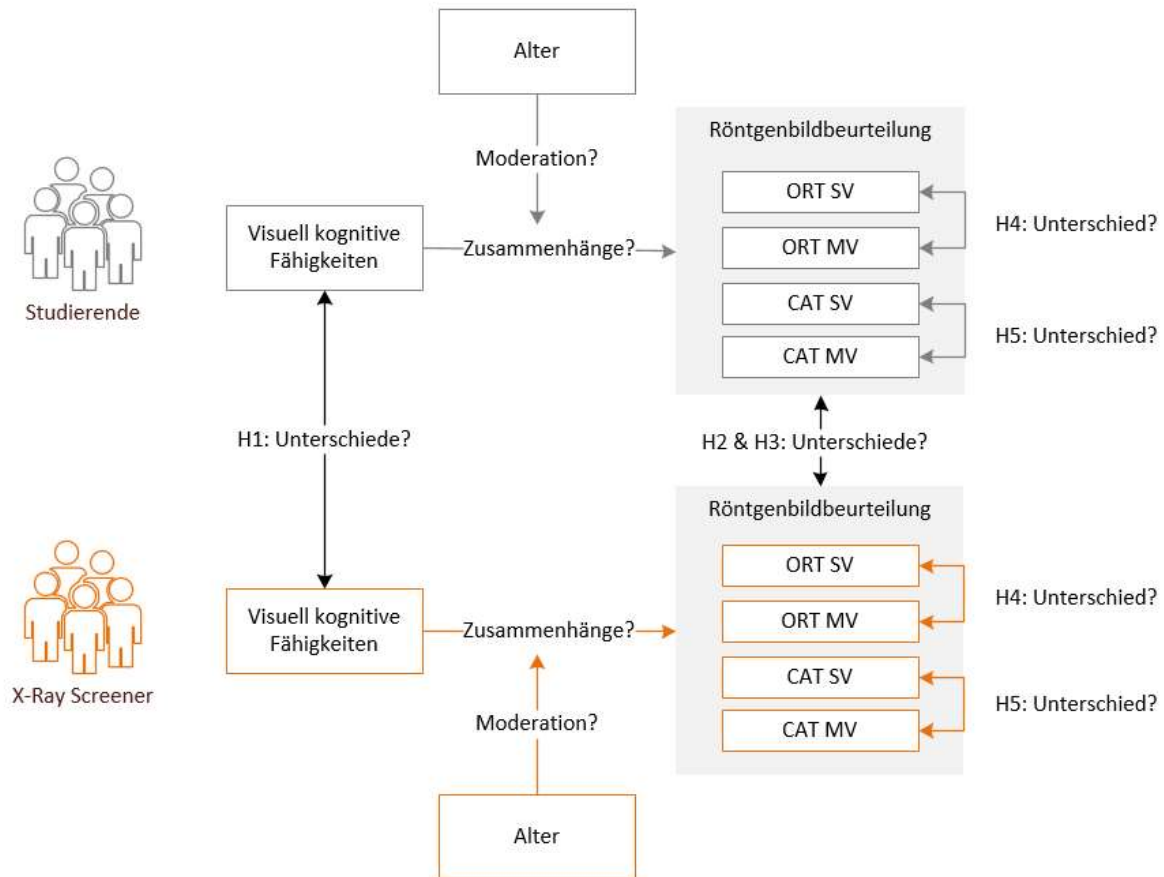


Abbildung 5. Untersuchungsmodell (eigene Darstellung)

3 Methodik

In diesem Kapitel wird erläutert, wie die dieser Arbeit zugrundeliegenden Hypothesen überprüft und Fragestellungen dieser Arbeit beantwortet werden. Nachfolgend wird auf das Untersuchungsdesign, die Datenerhebung und -Auswertung eingegangen.

3.1 Untersuchungsdesign

Da in der vorliegenden Arbeit umfangreiche Grundgesamtheiten untersucht wurden, war ein quantitatives Vorgehen passend. Zahlenbasiertes Datenmaterial hat den Vorteil, dass das Vorgehen klar strukturiert ist und somit Ergebnisse nachvollziehbar, replizierbar und vergleichbar werden. Zudem wird auch die Bezifferung von schwach ausgeprägten Phänomenen möglich (Schwaiger & Zimmermann, 2009). Das gesamte Design ist in *Abbildung 6* dargestellt und wird nachfolgend erläutert.

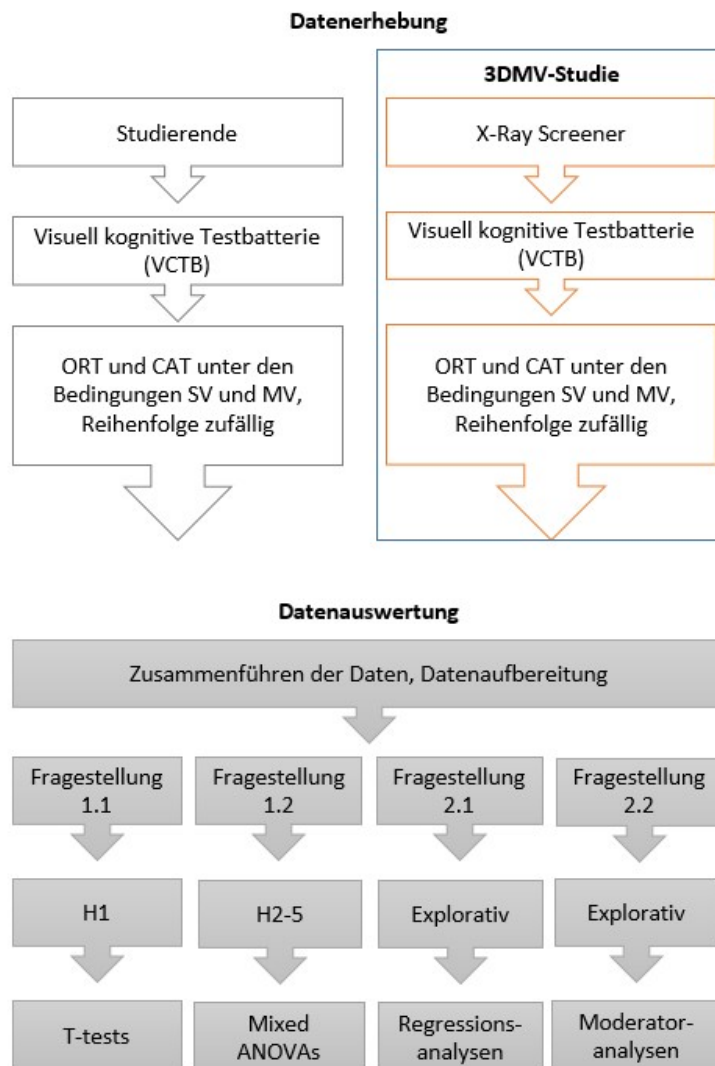


Abbildung 6. Untersuchungsdesign (eigene Darstellung)

Die Daten der X-Ray Screener wurden im Rahmen der 3DMV-Studie (vgl. *Kapitel 1.3*) erhoben und lagen bereits vor. Die Studierenden durchliefen die gleichen experimentellen Bedingungen, die Daten wurden anschliessend für die Datenauswertung zusammengeführt. Da eine zufällige Zuteilung der Versuchspersonen auf die beiden Versuchsbedingungen naturgemäss nicht möglich war, handelte es sich um ein multivariates Quasi-Laborexperiment (Huber, 2005). Die 3DMV-Studie sowie die vorliegende Untersuchung erfüllten die in der Konvention von Helsinki beschriebenen Standards und wurden vor Durchführung von der Hochschulleitung der APS bewilligt.

3.2 Datenerhebung

Nachfolgend werden das Sampling und die Rekrutierung beschrieben. Danach wird auf die Erhebungsinstrumente eingegangen, bevor der Pilottest sowie die Durchführung des Experiments beschrieben werden.

3.2.1 Sampling und Rekrutierung

Es wurden Daten von zwei unabhängigen Stichproben miteinbezogen (Studierende und X-Ray Screener). Zu Beginn wurde die notwendige Stichprobengrösse mittels Poweranalyse berechnet, um eine vorher festgelegte mittlere Effektgrösse von 0.6 nach Cohen (1988) mit einer vorher festgelegten statistischen Sicherheit von 95 % nachweisen zu können. Dafür wurde die kostenlose Software G*Power 3.1 von Mayr, Buchner, Erdfelder und Faul (2007) verwendet. Für das Rechnen der geplanten t-Tests mit zwei unabhängigen Stichproben wurde eine Mindeststichprobengrösse pro Stichprobe von 61 angezeigt, für die mixed ANOVA eine Mindeststichprobengrösse von 12 und für die multiple lineare Regression eine Mindeststichprobengrösse von 74.

Stichprobe 1 bildete eine Gelegenheitsstichprobe aus Studierenden des Studiengangs Angewandte Psychologie der Fachhochschule Nordwestschweiz (FHNW). Für die Rekrutierung wurde eine PowerPoint Präsentation mit integriertem Doodle-Link mit möglichen Testterminen erstellt (*Anhang 7.3*). Die Studie wurde von der Autorin jeweils in einer Vorlesung pro Studiengangjahr präsentiert. Zusätzlich wurde die Präsentation inkl. Doodle-Link an alle Studierenden der Hochschule für Angewandte Psychologie FHNW per Mail versendet (*Anhang 7.4*). Um an der Studie teilzunehmen, genügte es, sich mit Vor- und Nachname an einem freien Termin einzutragen. Die Teilnahme wurde mit CHF 20.- pro Stunde entlohnt. Mittels des beschriebenen Vorgehens konnten $n = 131$ Studierende der Hochschule für Angewandte Psychologie FHNW rekrutiert werden.

Stichprobe 2 bildeten die im Rahmen der 3DMV-Studie getesteten X-Ray Screener, die eine Gelegenheitsstichprobe aus der berufstätigen Grundgesamtheit der Sicherheitsbeauftragten Flughafen Zürich bildeten. Die Studie wurde am Flughafen Zürich im Pausenraum ausgeschrieben. X-Ray Screener konnten sich eigenständig in eine dafür vorgesehene Liste eintragen, woraufhin telefonisch ein Termin vereinbart wurde. Die Entlohnung lag bei CHF 54.- pro Stunde. Insgesamt wurden auf diesem Weg $n = 128$ X-Ray Screener rekrutiert.

3.2.2 Erhebungsinstrumente

Studierende und X-Ray Screener absolvierten die visuell kognitive Testbatterie (VCTB), den Object Recognition Test (ORT) und den Competency Assessment Test (CAT). Nachfolgend wird einzeln auf die Tests eingegangen.

3.2.2.1 Visuell kognitive Testbatterie (VCTB).

Die VCTB wurde im Rahmen der 3DMV-Studie entwickelt. Sie beinhaltete elf visuell kognitive Fähigkeitstests zur Messung von mit der Röntgenbildbeurteilung potenziell in Zusammenhang stehenden latenten Variablen (vgl. *Kapitel 2.1.2.2*). Logisches Schlussfolgern entspricht dem g-Faktor und wurde wie in der Studie von Hardmeier und Schwaninger (2008) mit einem Raven Matrizenest erfasst. Die latenten Variablen mentale Rotation, Figur-Grund Wahrnehmung, visuelle Suche sowie visuelles Arbeitsgedächtnis sind in der aktuellsten Version des CHC-Modells nach Schneider und McGrew (2012) dem sekundären Intelligenzfaktor visuell kognitive Fähigkeiten untergeordnet. In der Studie von Hardmeier und Schwaninger (2008) waren die visuell kognitiven Fähigkeitstests LPS 8, LPS 9 und LPS 10 aus dem Leistungsprüfsystem besonders prädikativ für die Erkennungsleistung in der Röntgenbildbeurteilung. In der neuen Version des Leistungsprüfsystems von Kreuzpointner, Lukesch & Horn (2013) wurde der Subtest LPS 8 entfernt, weil dieser umstritten war und stark auf die gleichen Faktoren lud wie die Subtests LPS 9 und LPS 10. Die Subtest LPS 9 (neu LPS 7) sowie LPS 10 (neu LPS 8) wurden fast unverändert in die neue Version integriert (Kreuzpointner, 2010). Zur ergänzenden Messung der visuell kognitiven Fähigkeiten wurden zudem der Subtests LPS 6 aus dem LPS-2 (LPS, Kreuzpointner et al., 2013) sowie weitere Subtests aus dem Was-studiere-ich (WSI; was-studiere-ich.ch, 2015) und dem Test of visual perceptual skills 3 (TVPS; Martin, 2006) in die VCTB integriert. Zur Messung der latenten Variable kognitive Schnelligkeit wurde der Subtest LPS 10 aus dem Leistungsprüfsystems 2 (LPS; Kreuzpointner et al., 2013) in die VCTB aufgenommen. In *Abbildung 7* ist dargestellt, mit welchen visuell kognitiven

Fähigkeitstests, die mit Röntgenbildbeurteilung potenziell in Zusammenhang stehenden visuell kognitiven Fähigkeiten erfasst wurden.

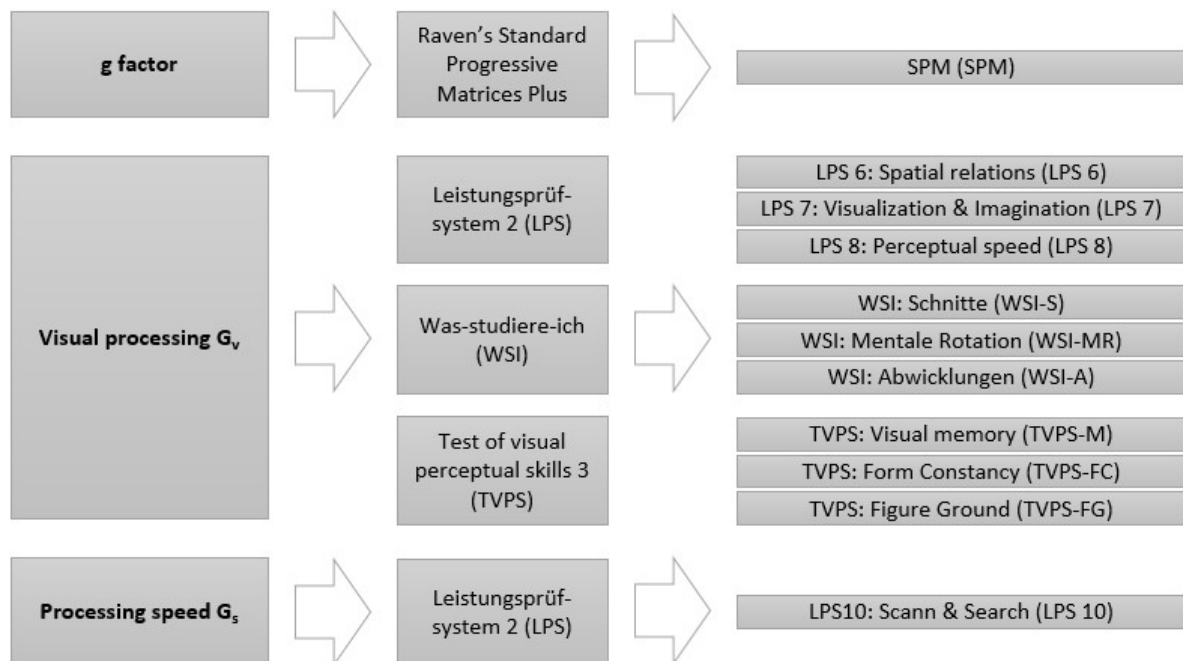


Abbildung 7. Operationalisierung der mit Röntgenbildbeurteilung potenziell in Zusammenhang stehenden visuell kognitiven Fähigkeiten

Die VCTB wurde in der Umfragesoftware Unipark erstellt. Die visuell kognitiven Fähigkeitstests wurden in der Reihenfolge bearbeitet, in der sie nachfolgend dargestellt werden. Die Instruktionen zu den visuell kognitiven Fähigkeitstests wurden aus den Originaltests übernommen und ebenfalls in Unipark integriert. Nachfolgend werden die einzelnen visuell kognitiven Fähigkeitstests im Detail beschrieben.

Raven's Standard Progressive Matrices Plus (SPM): Der SPM ist ein sprachunabhängiger Test, der das logische Denken in Bezug auf Bilder und Muster misst. Die SPM Plus-Version umfasst zusätzlich einige Aufgaben mit hohem Schwierigkeitsgrad und es wurden einige Items mittlerer Schwierigkeit entfernt. Die Versuchspersonen haben eine 3*3 Matrix aus abstrakten Figuren zu komplettieren. Dafür müssen sie aus sechs bis acht abstrakten Figuren die in der Matrix fehlende Figur bestimmen (Raven, Styles, & Raven, 1998). In die VCTB wurden 59 Matrixen integriert, die in ihrer Schwierigkeit laufend zunahmen. Jede korrekt gelöste Aufgabe zählte 1 Punkt (Maximalscore = 59). Die maximale Testdauer betrug 10 Minuten. Eine Beispielaufgabe ist in *Abbildung 8* abgebildet.

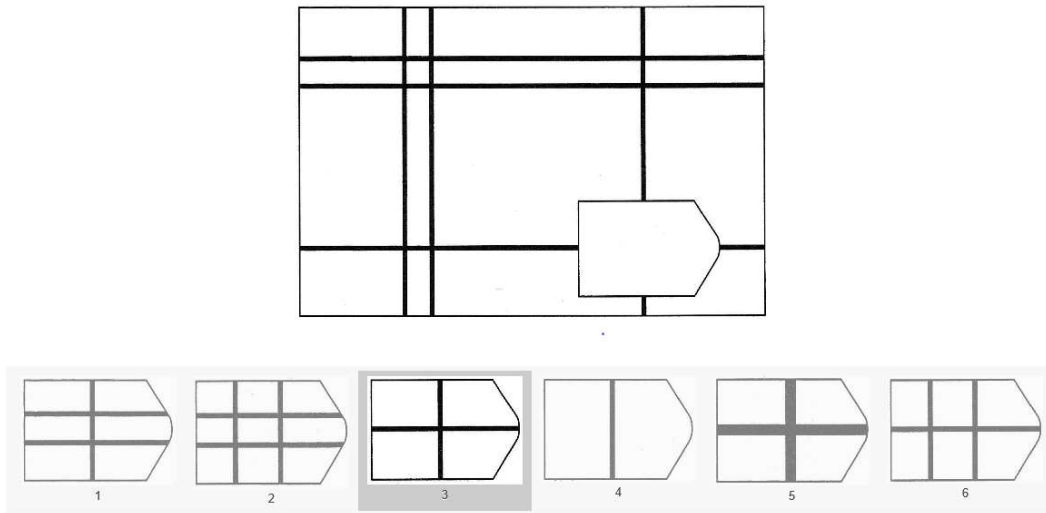


Abbildung 8. Beispielaufgabe aus dem visuell kognitiven Fähigkeitstest SPM: die in der Matrix fehlende Figur ist zu bestimmen (in Anlehnung an Raven et al., 1998)

Leistungsprüfsystem 2 (LPS): Das LPS ist ein ökonomisch einsetzbarer Intelligenztest, der auf dem Drei-Schichten-Modell von Carroll (1993) aufbaut. Der gesamte Test umfasst elf Subtests: crystalline intelligence (LPS 1–2) fluid intelligence (LPS 3–5), visual perception (LPS 6–8) und broad cognitive speedness (LPS 9–11; Kreuzpointner et al., 2013). In die VCTB wurden alle Subteststests zu visual perception (LPS 6: spatial relations, LPS 7: Visualization and Imagination, LPS 8: Perceptual speed) sowie der Subtest LPS 10: Scann and search zu processing speed integriert.

Die Aufgabe im visuell kognitiven Fähigkeitstest LPS 6 ist, den spiegelverkehrten Buchstaben oder entsprechende Zahl zu finden. Da alle Zeichen um den Mittelpunkt rotiert sind, erfordert die Lösung der Aufgabe zusätzlich eine mentale Rotation, um das spiegelverkehrte Zeichen identifizieren zu können (Kreuzpointner, 2010). Alle 40 Items aus der Originalversion wurden in die VCTB integriert. Jede korrekt gelöste Aufgabe zählte 1 Punkt (Maximalscore = 40) und der Test wurde zeitlich auf 2 Minuten beschränkt. Eine Beispielaufgabe ist in *Abbildung 9* abgebildet.



Abbildung 9. Beispielaufgabe aus dem visuell kognitiven Fähigkeitstest LPS 6: Das spiegelverkehrte Zeichen ist zu identifizieren (in Anlehnung an Kreuzpointner et al., 2013)

Im visuell kognitiven Fähigkeitstests LPS 7 sind die Flächen des abgebildeten Körpers zu bestimmen, was eine Visualisierung der Figur im dreidimensionalen Raum und insbesondere bei komplexen Figuren eine mentale Rotation notwendig macht. Für jeden Körper stehen Antwortmöglichkeiten zwischen 2 und 10 Flächen zur Verfügung (Kreuzpointner, 2010). Es wurden wiederum alle 40 Items aus der Originalversion übernommen und jede korrekt gelöste Aufgabe zählte 1 Punkt (Maximalscore = 40). Die Bearbeitungszeit wurde auf maximal 3 Minuten limitiert. Eine Beispielaufgabe ist in *Abbildung 10* abgebildet.

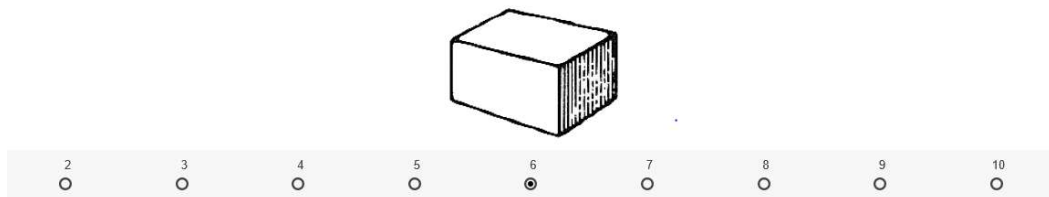


Abbildung 10. Beispielaufgabe aus dem visuell kognitiven Fähigkeitstest LPS 7: die Flächen des abgebildeten Körpers sind zu zählen (in Anlehnung an Kreuzpointner et al., 2013)

Der visuell kognitive Fähigkeitstest LPS 8 misst die Fähigkeit: "...einen der fünf Umrisse, die neben jedem Muster abgebildet sind, in diesem zu erkennen" (Kreuzpointner, 2010, S. 36). Dafür ist es notwendig, Umrisse mental zu vergrößern und über das Muster zu projizieren. Da es sich um bekannte Muster handelt, ist es möglich, dass Repräsentationen durch mentales Nachzeichnen überprüft werden (Kreuzpointner, 2010). Erneut wurden alle 40 Items aus der Originalversion übernommen und jede korrekt gelöste Aufgabe zählte 1 Punkt (Maximalscore = 40). Die zeitliche Begrenzung lag bei 2 Minuten. Eine Beispielaufgabe ist in *Abbildung 11* ersichtlich.

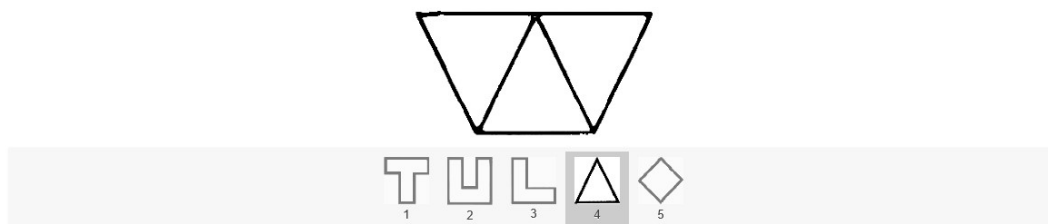


Abbildung 11. Beispielaufgabe aus dem visuell kognitiven Fähigkeitstest LPS 8: der in der Figur abgebildete Umriss ist zu identifizieren (in Anlehnung an Kreuzpointner et al., 2013)

Der visuell kognitive Fähigkeitstest LPS 10 erfasst die visuelle Verarbeitungsgeschwindigkeit. Versuchspersonen verglichen maximal 60 Zeilen, wobei bei 40 Zeilen mindestens ein Zeichen verändert wurde, das es zu finden gilt. Ab Zeile 31 sind acht anstelle von

sechs Zeichen aufgeführt (Kreuzpointner, 2010). Jedes gefundene Zeichen zählte 1 Punkt (Maximalscore = 60) und die maximale Testdauer war auf 2 Minuten begrenzt. Eine Beispielaufgabe ist in *Abbildung 12* abgebildet.

1	0	2	0	0	1	
0	2	0	0	4	0	
2	8	2	1	0	2	
9	1	3	2	2	1	
2	7	1	0	4	3	
7	5	3	6	8	1	
3	1	3	0	4	3	
9	7	2	3	1	5	
8	0	4	6	5	3	
7	3	2	1	5	6	
1	5	7	5	3	0	
8	4	6	2	4	5	
7	6	3	6	1	4	
0	5	2	4	8	6	
R	9	7	2	1	5	
9	6	9	5	8	7	
9	1	8	7	4	3	
1	0	2	0	0	0	8
0	2	0	0	4	0	
2	1	2	1	0	2	
9	1	3	2	2	1	
2	7	1	3	4	3	
7	5	3	6	8	1	
3	1	3	0	4	0	
9	7	2	3	1	5	
2	0	4	6	5	3	
7	3	8	1	5	6	
1	5	7	5	6	0	
8	4	3	2	4	5	
7	6	3	6	1	4	
0	5	2	4	8	6	
R	1	7	2	9	5	
9	6	9	5	8	7	
9	1	8	0	4	3	

Abbildung 12. Beispielaufgaben aus dem visuell kognitiven Fähigkeitstest LPS 10: die veränderten Zeichen in der rechten Spalte sind zu identifizieren (in Anlehnung an Kreuzpointner et al., 2013)

Was-studiere-ich (WSI): Die Hochschule für Angewandte Psychologie FHNW hat in Kooperation mit der Hochschule für Soziale Arbeit FHNW und der Hochschule für Wirtschaft FHNW einen Online-Interessenstest was-studiere-ich.ch entwickelt. Es „ist eine vollständig überarbeitete und speziell für die Schweizer Berufs- und Hochschullandschaft angepasste Weiterentwicklung des erfolgreichen deutschen Orientierungstests was-studiere-ich.de“ (was-studiere-ich.ch, 2015). Das Assessment beinhaltet unter anderem einen Test zu kognitiven Fähigkeiten, der auf einer reduzierten Version des Berliner Intelligenzstrukturmodells von Jäger (1984) basiert und die „...Inhaltsfacetten verbal (V), numerisch (N) und figurativbildhaft (F) sowie auf die Operationen Verarbeitungskapazität (K) und Merkfähigkeit (M)...“ (Päßler, 2011, S. 17) misst. Die Komponente figurativbildhaft (F) meint die Fähigkeit, zwei- und dreidimensionale Figuren zu visualisieren sowie figurale Zusammenhänge zu erkennen (Päßler & Hell, 2012). Diese wird im WSI durch 5 Subtests gemessen. In die VCTB wurden ausgewählte Items aus den Subtests WSI Schnitte (WSI-S), WSI mentale Rotation (WSI-MR) und WSI Abwicklungen (WSI-A) eingeschlossen.

Im visuell kognitiven Fähigkeitstest WSI-S werden dreidimensionale Körper gezeigt, die durch eine oder mehrere Flächen geschnitten werden. Versuchspersonen haben zu beurteilen, welche Teilstücke dabei entstehen. Die Anzahl der zu findenden Teilstücke kann variieren

und Teilstücke können auch leicht rotiert dargestellt sein (Päßler, 2011). In die VCTB wurden 6 Items (Item 2, Item 5, Item 6, Item 7, Item 9, Item 10) integriert, wobei pro Item für jedes gefundene Teilstück 1 Punkt gezählt wurde (Maximalscore = 13 Punkte). Der Test wurde zeitlich nicht limitiert. Eine Beispielaufgabe ist in *Abbildung 13* ersichtlich.

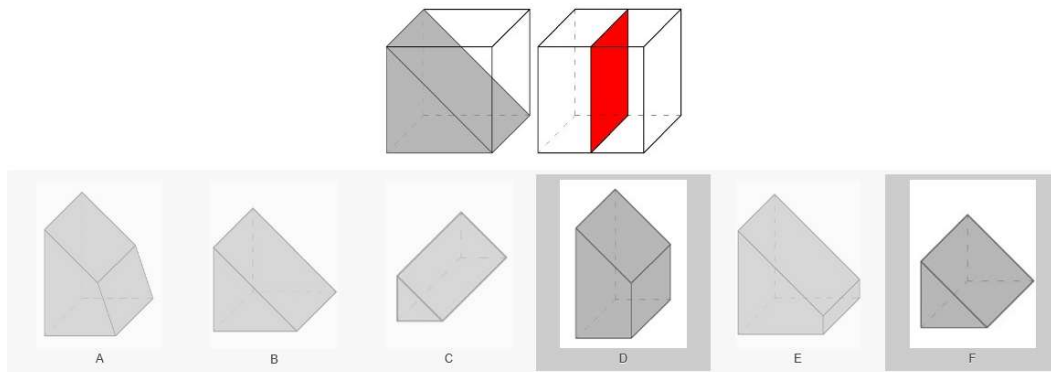


Abbildung 13. Beispielaufgabe aus dem visuell kognitiven Test WSI-S: die durch den Schnitt/die Schnitte entstehenden Teilstücke sind zu identifizieren (in Anlehnung an Päßler, 2011)

Im visuell kognitiven Fähigkeitstest WSI-MR werden den Versuchspersonen ein Ausgangsobjekt und sechs weitere Objekte präsentiert. Die Aufgabe besteht darin, die drei Objekte zu identifizieren, die identisch mit dem Ausgangsobjekt und nur gedreht sind (Päßler, 2011). In die VCTB wurden 6 Items (Item 4, Item 5, Item 6, Item 7, Item 9, Item 10) aufgenommen. Pro Item konnten 3 Punkte erreicht werden (Maximalscore = 18) und der Test war wiederum zeitlich unbegrenzt. Eine Beispielaufgabe ist in *Abbildung 14* abgebildet.

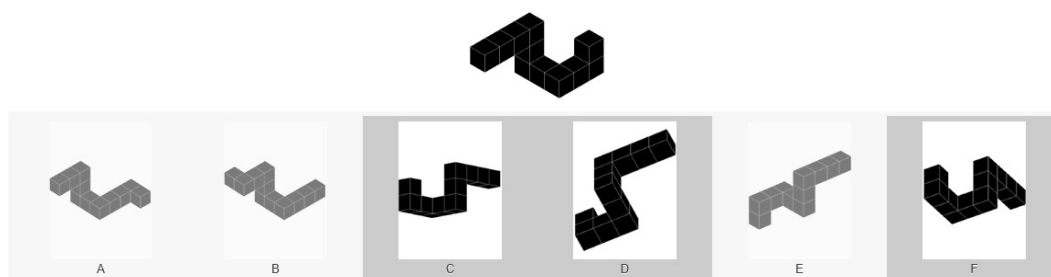


Abbildung 14. Beispielaufgabe aus dem visuell kognitiven Fähigkeitstest WSI-MR: die drei rotierten aber mit dem Ausgangsobjekt identischen Objekte sind zu identifizieren (in Anlehnung an Päßler, 2011)

Im visuell kognitiven Fähigkeitstest WSI-A besteht die Aufgabe darin, die Abwicklung zu finden, die dem präsentierten Ausgangsobjekt entspricht (Päßler, 2011). In die VCTB wurden 6 Items (Item 2, Item 4, Item 6, Item 7, Item 8 und Item 10) integriert und pro Item konnte 1 Punkt erreicht werden (Maximalscore = 6). Der Test war zeitlich unlimitiert. In *Abbildung 15* ist eine Beispielaufgabe zur Veranschaulichung aufgeführt.

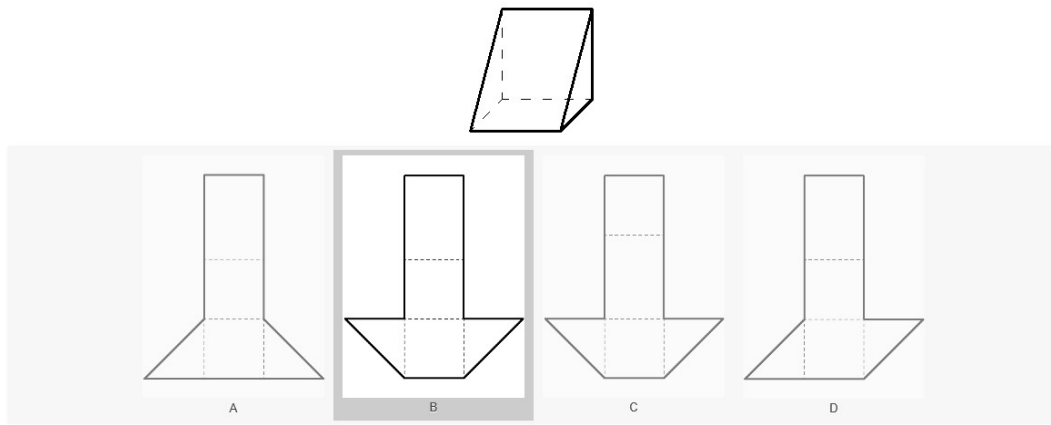


Abbildung 15. Beispielaufgabe aus dem visuell kognitiven Fähigkeitstest WSI-A: die dem Ausgangsobjekt entsprechende Abwicklung ist zu identifizieren (in Anlehnung an Päßler, 2011)

Test of visual perceptual skills 3 (TVPS): Der TVPS wurde von Martin (2006) entwickelt, mit dem ursprünglichen Ziel, Stärken und Schwächen in den visuell kognitiven Fähigkeiten bei Kindern zu untersuchen. Der Test besteht aus 112 schwarz-weißen Designs, die in sieben Subtests eingeteilt wurden. Die Subtests sind: Visual Discrimination, Visual Memory, Visual-Spatial Relationships, Visual Form-Constancy, Visual Sequential-Memory, Visual Closure und Visual Figure-Ground. In die VCTB wurden die Subtests TVPS Visual Memory, TVPS Form Constancy und TVPS Figure Ground eingeschlossen.

Im visuell kognitive Fähigkeitstest TVPS Visual Memory (TVPS-M) haben Versuchspersonen visuelle Designs zu merken und zu erinnern. Ein Design wird für 5 Sekunden gezeigt, bevor die Versuchsperson das richtige Design aus 4 vorgegebenen Antwortmöglichkeiten (multiple choice) auszuwählen hat. Die Items werden mit zunehmendem Fortschritt schwieriger (Martin, 2006). Wie in der Originalversion begann der Test mit zwei Beispielen, gefolgt von 16 Items, die bei korrekter Antwort je 1 Punkt zählten (Maximalscore = 16). Der Test war zeitlich unlimitiert. Eine Beispielaufgabe ist in *Abbildung 16* ersichtlich.

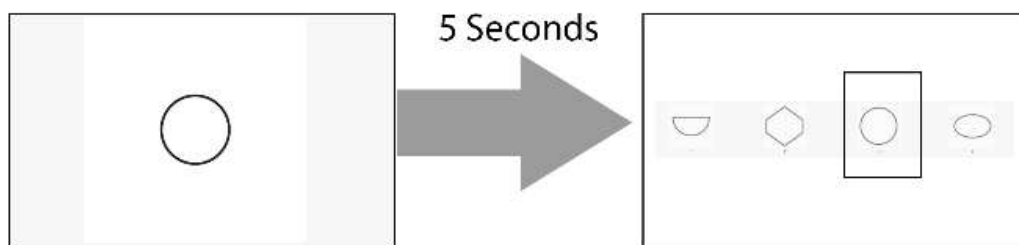


Abbildung 16. Beispielaufgabe aus dem visuell kognitiven Fähigkeitstest TVPS-M: das gezeigte Design ist nach 5 Sekunden wieder zu erkennen (in Anlehnung an Martin, 2006)

Im visuell kognitiven Fähigkeitstest TVPS Form Constancy (TVPS-FC) geht es darum, das Ausgangsdesign unter anderen Designs wieder zu erkennen, wobei dieses kleiner, grösser oder rotiert dargestellt sein kann. Die Items nehmen in ihrer Schwierigkeit laufend zu. In den schwierigeren Aufgaben wird das Ausgangsdesign zusätzlich in einer komplexen Umgebung dargestellt (Martin, 2006). Eingangs wurden wie in der Originalversion zwei Beispielaufgaben gezeigt, gefolgt von 16 Items, die bei korrekter Antwort 1 Punkt zählten (Maximalscore = 16). Der Tests war zeitlich unbegrenzt. In *Abbildung 17* ist eine Beispielaufgabe abgebildet.

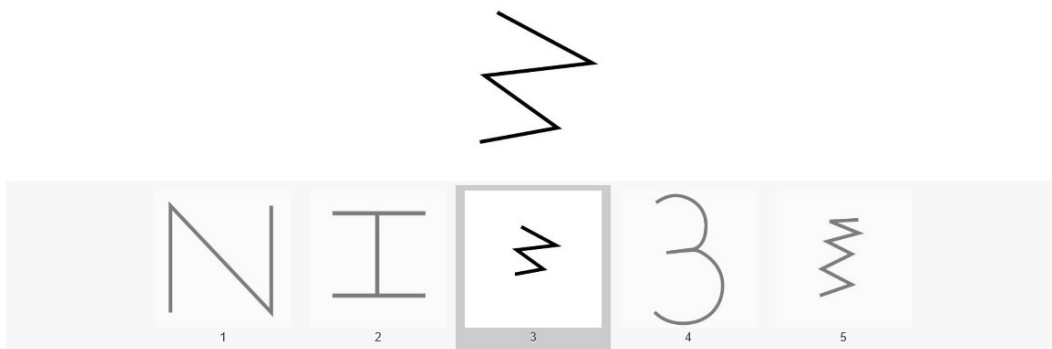


Abbildung 17. Beispielaufgabe aus dem visuell kognitiven Fähigkeitstest TVPS-FC: das Ausgangsdesign ist leicht verändert zu identifizieren (in Anlehnung an Martin, 2006)

Im visuell kognitiven Fähigkeitstest TVPS Figure Ground (TVPS-FG) besteht die Aufgabe im Finden eines Ausgangsdesigns, das in mehrere andere Designs integriert wurde, die einen komplexen Hintergrund bilden (Martin, 2006). Auch dieser Test begann wie in der Originalversion mit zwei Beispielen, gefolgt von 16 Items, die sich in ihrer Schwierigkeit laufend steigern. Pro korrekter Antwort wurde 1 Punkt gezählt (Maximalscore = 16). Die Bearbeitungszeit war unlimitiert. Eine Beispielaufgabe ist in *Abbildung 18* ersichtlich.

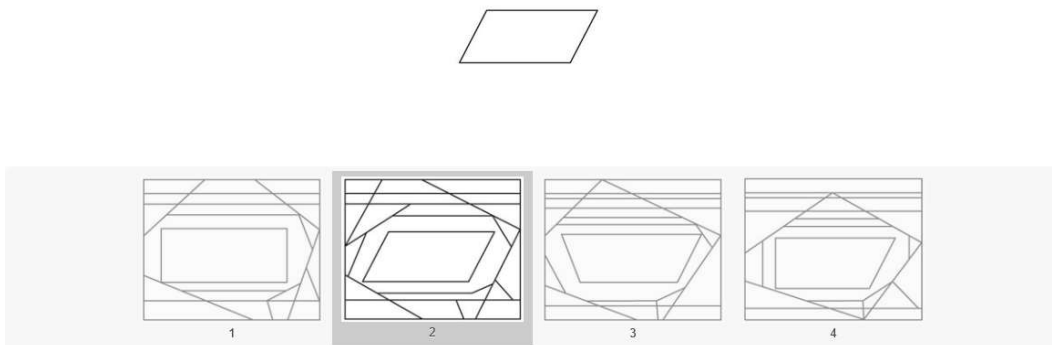


Abbildung 18. Beispielaufgabe aus dem visuell kognitiven Fähigkeitstest TVPS-FG: das Ausgangsdesign ist auf komplexen Hintergründen zu identifizieren (in Anlehnung an Martin, 2006)

Einen Überblick über die Gütekriterien aller in die VCTB integrierten visuell kognitiven Fähigkeitstests bietet *Tabelle 3*.

Tabelle 3
Gütekriterien der in die VCTB integrierten visuell kognitiven Fähigkeitstests

Test	Skalen	Objektivität	Reliabilität	Validität
SPM	SPM: Speed-Test	Standardisiert	Cronbach's α : .97-1.00 Split-Half: > .90 Test-Retest: .80-.90	Korrelationen mit non-verbalem IQ
LPS	LPS 6: Mental rotation (Gv) LPS 7: Number of surfaces (Gv) LPS 8: Shape Comparison (Gv) LPS 10: Row comparison (Gs)	Standardisiert	Cronbach's α : .86-.94 Split-Half: .81-.96	Faktoranalysen Korrelationen mit g
WSI	WSI Schnitte WSI Mentale Rotation WSI Abwicklungen	Keine Angabe (nur einzelne Items verwendet)	Keine Angabe (nur einzelne Items verwendet)	Keine Angabe (nur einzelne Items verwendet)
TVPS	TVPS Visual Memory TVPS Form Constancy TVPS Figure Ground	Standardisiert	Cronbach's α : .74 Test-Retest: .71	Keine Angabe

Anmerkungen. Die Gütekriterien des SPM wurden von testzentrale.ch übernommen; die Gütekriterien des LPS wurden Kreuzpointner et al. (2013) entnommen; die Gütekriterien des TVPS stammen aus Brown et al. (2010)

3.2.2.2 Röntgenbildbeurteilungstests

Nach der VCTB absolvierten die Versuchspersonen zwei verschiedene Röntgenbildbeurteilungstests, den Object Recognition Test (ORT) und den Competency Assessment Test (CAT). Beide Tests wurden einmal in einer Single-View Version und einmal in einer Multi-View Version neu konzipiert, weil zuvor nur eine Single-View Version existierte. Die Tests werden nachfolgend beschrieben. Die Instruktionen wurden in die Tests integriert und sind in *Anhang 7.6* ersichtlich.

Object Recognition Test (ORT): Der ORT beinhaltete 256 schwarz-weiße X-Ray Bilder, wobei davon 128 Bilder harmlose Gepäckstücke waren. Bei der anderen Hälfte handelte es sich um die gleichen Gepäckstücke, in die durch CASRA aber entweder ein Messer oder eine Schusswaffe eingefügt wurde (Fictional Threat Images; FTIs; siehe dazu z. B. Schwaninger, 2006). Pro Kategorie (Messer und Schusswaffe) wurden acht verbotene Gegenstände unter Berücksichtigung der bildbasierten Faktoren (je zwei Variationen pro Faktor) eingearbeitet. Die Multi-View Version entsprach der Single-View Version, ausser, dass eine zusätzliche Seitenansicht des Gepäckstückes mit einem Winkelunterschied von 90 Grad integriert wurde (Superposition konstant, Viewpoint jeweils komplementär zu Single-View, Bag Complexity

gleich wie bei Single-View). Die Seitenansicht wurde bei 50% auf der rechten Seite des Bildschirms und bei den restlichen 50% auf der linken Seite gezeigt (randomisiert pro Block und über die Versuchspersonen). Die Versuchspersonen hatten für jedes Gepäckstück zu entscheiden, ob dieses harmlos ist (OK) oder einen verbotenen Gegenstand beinhaltet (NICHT OK). Pro Bild standen dafür 8 Sekunden zur Verfügung. Die Bilder wurden in vier Blöcke à 56 Bildern eingeteilt. Eine Beispielaufgabe pro Test ist in *Abbildung 19* dargestellt.

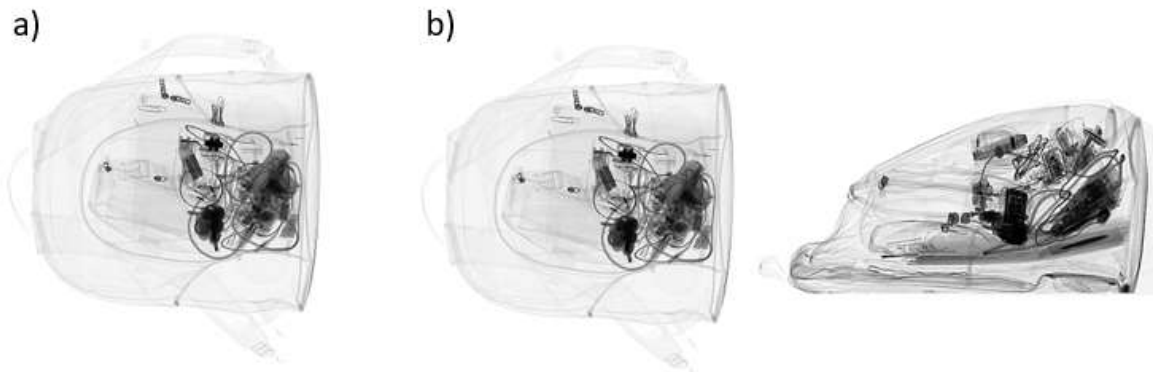


Abbildung 19. Beispielaufgabe aus dem (a) ORT SV (b) ORT MV. Es ist zu entscheiden, ob das Gepäckstück einen verbotenen Gegenstand beinhaltet (OK/NICHT OK)

Die Reliabilität und Validität des ursprünglichen ORT sind gut belegt. Informationen zu Testkonstruktion, Reliabilität und Validität sind einsehbar bei Hardmeier et al. (2005). Vergleichbare Angaben für den neu konzipierten ORT existieren bislang noch nicht.

Competency Assessment Test (CAT): Der CAT beinhaltete 128 farbige Bilder, von denen 56 Bilder harmlos waren. Bei der anderen Hälfte handelte es sich um andere Gepäckstücke, in die entweder ein Messer, eine Schusswaffe, eine IED oder Sprengstoff integriert wurde. Pro Kategorie (Messer, Schusswaffe, IED und Sprengstoff) wurden acht verbotene Gegenstände unter Berücksichtigung der bildbasierten Faktoren (Viewpoint = zwei Variationen, Bag Complexity und Superposition immer medium) eingearbeitet. Die Multi-View Version entsprach der Single-View Version, ausser, dass eine zusätzliche Seitenansicht des Gepäckstückes mit einem Winkelunterschied von 90 Grad integriert wurde (Viewpoint jeweils komplementär zu Single-View, Superposition und Gepäckkomplexität gleich wie bei Single-View). Die Seitenansicht wurde bei 50% auf der rechten Seite des Bildschirms und bei den restlichen 50% auf der linken Seite gezeigt (randomisiert pro Block und über die Versuchspersonen). Für jedes Gepäckstück war zu entscheiden, ob dieses harmlos ist (OK) oder einen verbotenen Gegen-

stand beinhaltet (NICHT OK). Die Beurteilungszeit pro Bild wurde auf 15 Sekunden beschränkt und die Bilder in zwei Blöcke à 56 Bildern eingeteilt. Die Reliabilität und Validität des ursprünglichen CAT sind ebenfalls gut belegt. Informationen zu Testkonstruktion, Reliabilität und Validität finden sich bei Koller und Schwaninger (2006). Vergleichbare Angaben für den neu konzipierten ORT existieren bisher noch nicht. Eine Beispielaufgabe pro Test ist in *Abbildung 20* dargestellt.

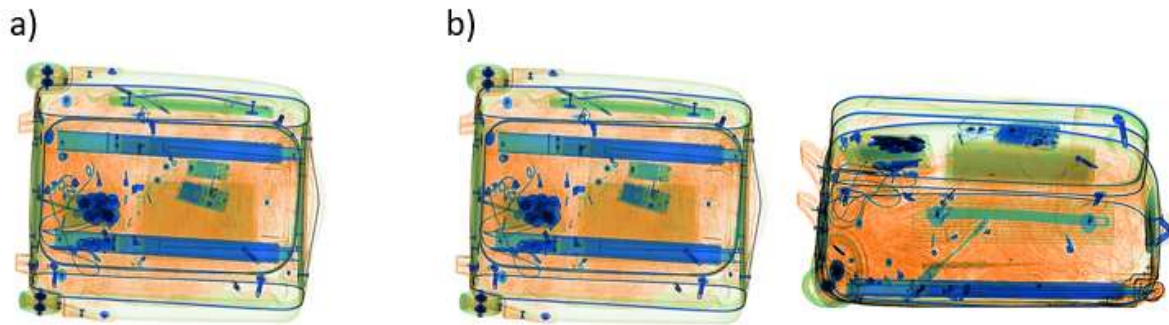


Abbildung 20. Beispielaufgabe aus dem (a) CAT SV (b) CAT MV. Es ist zu entscheiden, ob das Gepäckstück einen verbotenen Gegenstand beinhaltet (OK/NICHT OK)

3.2.3 Pilottest

Da die vorliegende Untersuchung auf einer bereits durchgeführten Studie aufbaute, in deren Rahmen die Instrumente zuvor getestet wurden, war diesbezüglich kein ausführlicher Pretest notwendig. Aufgrund des neuen Durchführungsortes und des Erfordernisses einer stabilen Netzwerkverbindung mit dem internen CASRA-Netzwerk waren technische Checks notwendig. Dafür wurden mit sechs Personen stichprobenartige Tests durchgeführt, in denen die Serververbindung maximal belastet wurde. Zudem durchliefen drei weitere Personen vor Beginn der Datenerhebung den gesamten Test, um potenzielle Probleme oder Fehler zu identifizieren. Der Probelauf verlief reibungslos.

3.2.4 Durchführung

Die Studierenden wurden im Usability Labor der Fachhochschule Nordwestschweiz in Olten im Zeitraum vom 30.11.2017 bis am 31.01.2018 getestet. Die Daten der X-Ray Screener wurden im Rahmen der 3DMV-Studie im Zeitraum vom 12.06.2017 bis am 31.07.2017 in einem Sitzungsraum bei CASRA erhoben. Die Räumlichkeiten wurden unterschiedlich gewählt, weil es für die Rekrutierung zentral war, dass der Durchführungsort für die Versuchspersonen gut

zugänglich ist. Die restlichen Testbedingungen wurden für beide Stichproben so gut wie möglich konstant gehalten.

In beiden Räumen wurden Tische mit je einem Laptop und einer Maus aufgestellt. Für die Erhebung wurden HP ProBooks 4730s und 4720s mit Intel Core i5 2410M und 520M Prozessoren eingesetzt. Der Abstand der Versuchspersonen zu den Bildschirmen betrug ca. 30 cm. In beiden Stichproben wurden jeweils eine bis sechs Personen auf einmal getestet. In der Stichprobe der Studierenden wurden zweimal sieben Personen zur gleichen Zeit getestet. Gruppenversuche sind im Allgemeinen ökonomischer, es besteht allerdings die Gefahr, dass durch die Gruppe neue Störvariablen eingeführt werden (Huber, 2005). Die Versuchspersonen wurden deswegen gebeten, sich während den Tests ruhig zu verhalten und nicht zu sprechen. Um eine genügende Anzahl an Versuchspersonen zu finden, war es in beiden Stichproben notwendig (Schichtzeiten, Stundenplan), verschiedene Testzeiten anzubieten. Damit circadiane Schwankungen ausgeglichen werden konnten, fanden in beiden Stichproben Testungen zu verschiedenen Zeiten statt.

Für die gesamte Testung wurden gesamthaft 4 Stunden inkl. Pausen eingerechnet. Zu Beginn wurden die Versuchspersonen über Sinn und Zweck der Untersuchung sowie den groben Ablauf der Testung instruiert. Anschliessend wurde von allen Versuchspersonen eine Einwilligungserklärung zur Teilnahme unterschrieben (informed consent; *Anhang 7.3*). Danach wurde die VCTB gestartet. Die visuell kognitiven Fähigkeitstests waren in 3 Blöcke eingeteilt. Nach jedem Block wurden die Teilnehmenden aufgefordert, eine individuelle Pause von 5–10 Minuten zu machen. Die Bearbeitungszeit für die gesamte VCTB war nicht limitiert, aufgrund von Erfahrungswerten war allerdings mit einer maximalen Bearbeitungsdauer von 1.5 Stunden inkl. Pausen zu rechnen. Nach Beendigung war eine individuelle Pause von ca. 15 Minuten eingeplant, in der den Versuchspersonen Getränke und Snacks offeriert wurden. Nach der Pause wurden die Röntgenbildbeurteilungstests individuell gestartet. Die Studierenden erhielten ein Merkblatt als Einführung in die Röntgenbildbeurteilung (*Anhang 7.5*). Der ORT und der CAT wurden von allen Versuchspersonen zweimal durchlaufen, einmal unter der Bedingung Single-View (SV) und einmal unter der Bedingung Multi-View (MV). Da das gleiche Gepäckstück jeweils viermal gezeigt wurde, einmal mit und einmal ohne verbotenen Gegenstand sowie einmal unter der Bedingung SV und einmal unter der Bedingung MV, war mit Lerneffekten zu rechnen. Deshalb wurde die Reihenfolge, in der die vier Röntgenbildbeurteilungstests (ORT SV, ORT MV, CAT SV, CAT MV) durchlaufen wurden, für jede Versuchsperson zufällig bestimmt. Pro Test wurden ca. 30 Minuten, gesamthaft für die Röntgenbildbeurteilungstests inkl. Pausen maximal 2.25 Stunden eingeplant. Nach Beendigung aller Tests

konnten die Versuchspersonen nach Entgegennahme der Vergütung den Raum individuell verlassen.

3.3 Datenauswertung

Nachfolgend wird auf die bei der Datenauswertung durchlaufenen Schritte eingegangen.

3.3.1 Datenbereinigung

Ausgeschlossen wurden alle Daten von Versuchspersonen, die aus verschiedenen Gründen (z. B. technische Probleme) nicht alle Röntgenbildbeurteilungstests oder die gesamte VCTB beendet hatten. Dies waren in der Stichprobe der Studierenden eine Person (STU082) und in der Stichprobe der X-Ray Screener zehn Personen (USER001–004, 025, 079, 080, 116, 122, 125). Weiter wurden die Daten auf Unregelmäßigkeiten geprüft und entsprechende Fälle entfernt (z. B. Versuchspersonen, die sich nur durch Tests geklickt haben). In der Stichprobe der Studierenden konnten zwei Personen (STU031, 104) identifiziert werden, in der Stichprobe der X-Ray Screener war es eine Person (USER081). Gesamthaft wurden also in der Stichprobe der Studierenden drei Personen (2.3 %) und der Stichprobe der X-Ray Screener elf Personen (8.6 %) entfernt. Nach Bereinigung der Daten umfasste die Stichprobe der Studierenden $n = 128$ und die Stichprobe der X-Ray Screener $n = 117$.

In den Tests SPM und LPS 10 sowie WSI-A und WSI-S gab es Versuchspersonen, die 0 Punkte erreicht haben. Im SPM und LPS 10 wurden diese 0-Werte zu fehlenden Werten umgeändert, weil bei 0 Punkten davon ausgegangen werden kann, dass die Aufgabe nicht verstanden wurde. Im SPM wurde ein 0-Wert (USER046) und im LPS 10 sechs 0-Werte (USER029, 038, 047, 049, 062 und 113) entfernt. Insgesamt wurden somit bei sieben Personen aus der Stichprobe der X-Ray Screener (6 %) 0-Werte zu fehlenden Werten umgeändert. Die 0-Werte in den visuell kognitiven Fähigkeitstests WSI-A und WSI-S wurden stehen gelassen, weil diese Tests relativ schwierig sind und es durchaus sein kann, dass eine Person 0 Punkte erzielt.

Bei einer Person aus der Stichprobe der Studierenden (STU100) und einer Person aus der Stichprobe der X-Ray Screener (USER036) wurde das Alter nicht erfasst, weshalb die beiden Fälle nicht in die Moderatoranalysen miteinbezogen werden konnten.

3.3.2 Datenaufbereitung

Nach Bereinigung der Daten wurden die folgenden zusätzlichen Variablen berechnet:

Berechnung von Scorewerten: Die erreichten Punkte in den visuell kognitiven Fähigkeitstests pro Test wurden zu einem Score addiert. Zusätzlich wurde der relative Mittelwert berechnet (erreichter Summenscore/maximaler Score). Für die Moderatoranalysen wurden die normierten Scorewerte der visuell kognitiven Fähigkeitstests zudem zu einem Gesamtscore VCTB Total summiert.

Berechnung der Erkennungsleistung d' : Für die Röntgenbildbeurteilungstests ORT SV, ORT MV, CAT SV und CAT MV wurde die Erkennungsleistung d' berechnet (d' ORT SV, d' ORT MV, d' CAT SV, d' CAT MV). Die Formel zur Berechnung lautet (Green & Sweits, 1966; McMillan & Creelman, 1991):

$$d' = z(HR) - z(FAR)$$

Zuerst wurden die relativen Häufigkeiten der Treffer (Trefferrate; HR) sowie der Fehlalarme (Fehlalarmrate; FAR) berechnet. Diese wurden anschliessend z-transformiert, bevor die Differenz gebildet wurde. Für die Moderatoranalysen wurde der Mittelwert der Erkennungsleistung d' unter der Bedingung SV und der Bedingung MV separat für die Tests ORT und CAT berechnet. Daraus ergaben sich die Variablen d' ORT und d' CAT.

3.3.3 Prüfung der Voraussetzungen

Die angewendeten statistischen Verfahren erfordern die Prüfung der Daten auf gewisse Voraussetzungen (Field, 2009). Nachfolgend wird dargestellt, welche Voraussetzungen wie geprüft wurden.

Normalverteilung der Daten: Die Daten aus beiden Stichproben wurden pro Stichprobe mittels Kologorov-Smirnov Tests (K-S Test) auf Normalverteilung getestet. Der K-S Test eignet sich für Stichproben ab $N = 30$ und < 300 . Bei grösseren Stichproben besteht die Gefahr, dass der Test zu sensitiv ist (Leonhart, 2009). Der K-S Test zeigte für mehrere Variablen eine asymptotische Signifikanz (zweiseitig) von $p < 0.05$ (Anhang 7.8). Gemäss Field (2009) kann es bereits bei Stichproben $N < 300$ zu signifikanten Abweichungen von der Normalverteilung kommen, auch wenn sich die Daten nur minimal davon unterscheiden. Aus diesem Grund wurden zusätzlich die Histogramme und die Q-Q Plots für alle Variablen und pro Stichprobe betrachtet (Anhang 7.8). Nach dieser zusätzlichen visuellen Prüfung ist davon auszugehen, dass nicht alle Variablen approximativ normalverteilt sind. Auf eine Transformation der Daten wurde verzichtet, da diese sehr umstritten ist (siehe dazu z. B. Field, 2009). Es wurde auf robuste Verfahren ausgewichen.

Varianzhomogenität: Anschliessend wurden die Variablen mittels Levene-Test auf Varianzhomogenität geprüft (*Anhang 7.9*). Varianzhomogenität konnte nicht für alle Variablen angenommen werden, was bei grösseren Stichproben gemäss Field (2009) keine Überraschung darstellt. Bei heterogenen Varianzen wurde auf ein robustes Verfahren ausgewichen.

Voraussetzungen multiple lineare Regression: Um die an einer Stichprobe mittels Regressionsanalyse gewonnenen Schlüsse auf die Population übertragen zu können, müssen Daten gewisse Voraussetzungen erfüllen. In Anlehnung an Field (2009) wurden die Daten somit als Erstes auf multivariate Ausreisser geprüft. In der Stichprobe der X-Ray Screener wies eine Person (USER057) eine Cook's distance > 1 auf. Es kann davon ausgegangen werden, dass dieser Fall einen grossen Effekt auf die Regressionsanalyse hätte (Field, 2009), weshalb der Fall aus der Analyse ausgeschlossen wurde. Danach wurden die Prädiktoren mittels Korrelationskoeffizienten, VIF- und Toleranzwert negativ auf Multikollinearität geprüft. Die anschließende Testung der Residuen auf Homoskedastizität sowie der Fehlerwerte auf Unabhängigkeit und Normalverteilung erfolgte mittels visueller Diagramme und des Durbin-Watson Tests. Die Überprüfung der Voraussetzungen zur multiplen linearen Regression ist in *Anhang 7.10* dokumentiert.

3.3.4 Datenauswertung

Die Datenauswertung erfolgte im Statistikprogramm IBM SPSS Statistics 24. Für die Beantwortung von Fragestellung 1 wurden die Mittelwerte der beiden Stichproben miteinander verglichen. Fragestellung 2 wurde mittels Zusammenhangsanalysen beantwortet. Nachfolgend wird auf die eingesetzten statistischen Testverfahren genauer eingegangen.

Deskriptive Statistik: Für alle durchgeführten Tests wurden der Mittelwert und die Standardabweichung berechnet. Für die visuell kognitiven Fähigkeitstests wurde darüber hinaus die interne Konsistenz über Cronbach's α für die Reliabilitätseinschätzung berechnet. Cronbach's α -Werte ab .70 gelten als Richtwert, um von einer intern konsistenten Skala auszugehen (Schecker, 2014). Es ist allerdings zu beachten, dass nicht immer ein hohes Alpha angestrebt werden sollte, weil die Homogenität des Konstruktes zu berücksichtigen ist. Weiter ist festzuhalten, dass Cronbach's α desto höher ausfällt, je mehr Items ein Test enthält und je heterogener die Stichprobe ist (Schmidt-Atzert & Amelang, 2012). Für den visuell kognitiven Fähigkeitstest LPS 10 wurde auf die Berechnung von Cronbach's α verzichtet, da es sich hierbei um eine Speed-Test handelt: "Wenn ein Test so beschaffen ist, dass in der Regel alle Items bis zu einem bestimmten Punkt gelöst werden und dann keine mehr (z. B. Speed-Test, bei dem

kaum Fehler vorkommen), fällt Alpha extrem hoch aus (knapp unter 1). Alpha ist hier kein sinnvoller Schätzer der Reliabilität" (Schmidt-Atzert & Amelang, 2012, S. 50).

t-Tests: Um zu untersuchen, ob sich die Mittelwerte der Stichproben Studierende und X-Ray Screener in den visuell kognitiven Fähigkeitstests unterscheiden, wurden t-Tests durchgeführt. Ursprünglich waren Kovarianzanalysen mit der Kovariate Alter geplant. Da sich die beiden Gruppen im Alter aber signifikant unterscheiden und der Unterschied naturgemäss mit der Gruppenzugehörigkeit zusammenhängt, war der Einbezug des Alters als Kovariate nicht möglich (Field, 2009; Miller & Chapman, 2001). T-Tests sind gemäss Bortz und Schuster (2010) ziemlich robust gegen Verletzungen der Voraussetzungen, insofern die Stichproben der beiden Gruppen annähernd die gleiche Grösse haben und nicht zu klein sind ($n^1 = n^2 > 30$). Diese Voraussetzungen sind im vorliegenden Fall nicht verletzt. Bei Verletzung der Annahme der Varianzhomogenität wurde auf den robusten t-Test mit WELCH-Korrektur ausgewichen. Um die Effektstärke zu bestimmen, wurde Cohen's d berechnet (Cohen, 1988). Die Formel nach Cohen (1988) lautet:

$$d = \frac{\bar{X}_{\text{Studierende}} - \bar{X}_{\text{X-Ray Screener}}}{s}$$

Zuerst wurde die Differenz zwischen den Mittelwerten der Studierenden ($\bar{X}_{\text{Studierende}}$) und den Mittelwerten der X-Ray Screener ($\bar{X}_{\text{X-Ray Screener}}$) berechnet. Danach wurden die Mittelwertsunterschiede aufgrund unterschiedlicher Stichprobengrössen durch die gepoolte Standardabweichung (s) dividiert (siehe dazu z. B. Leonhart, 2004), um von der Skalierung des Messinstruments unabhängige Werte zu erhalten (Fröhlich & Pieter, 2009). Nach Cohen (1988) ist ein Effekt von $d > .1$ als klein, ein Effekt von $d > .3$ als mittel und ein Effekt $d > .5$ als gross einzustufen.

mixed ANOVA mit Messwiederholung: Um die Erkennungsleistung im ORT und im CAT zwischen den beiden Stichproben zu vergleichen, wurde eine mixed ANOVA gewählt. Die mixed ANOVA war hierfür ein geeignetes Verfahren, weil nicht nur die Mittelwerte der beiden Stichproben verglichen werden konnten (between-subjects), sondern gleichzeitig auch ein Vergleich der Erkennungsleistung derselben Person unter der Bedingung SV und der Bedingung MV möglich war (within-subjects). Die mixed ANOVA ist ab einer Stichprobengrösse von $n > 30$ und ähnlich grossen Stichproben robust gegen Verletzungen der Voraussetzungen (Field, 2009). Als Effektstärke wurde das partielle Eta-Quadrat, das von SPSS automatisch ausgegeben wird, aufgeführt. Das partielle Eta-Quadrat eignet sich insbesondere, wenn in die Analyse, wie im vorliegenden Fall, mehr als ein Prädiktor eingeschlossen wird, weil es die Varianz einer Variable erklären kann, nachdem die durch andere Variablen erklärte

Varianz entfernt wurde (Levine & Hullett, 2002). Cohen (1988) gibt die folgenden Konventionen an: $\eta^2 > 0.01$ zeigt einen kleinen Effekt an, $\eta^2 > 0.06$ einen mittleren Effekt und $\eta^2 > 0.14$ einen grossen Effekt.

Faktorenanalyse: Es wurde geprüft, ob sich die visuell kognitiven Fähigkeitstests pro Stichprobe in geeignete Faktoren einordnen lassen. Es konnten keine mit der Theorie übereinstimmende Faktoren identifiziert werden (vgl. *Kapitel 2.1.1*), weshalb die lineare Regression mit den einzelnen visuell kognitiven Fähigkeitstests als Prädiktoren gerechnet wurde.

Multiple lineare Regressionen: Um den Zusammenhang zwischen den einzelnen visuell kognitiven Fähigkeitstests und der Erkennungsleistung im ORT und CAT unter den Bedingungen SV und MV zu rechnen, wurden für beide Stichproben multiple lineare Regressionen gerechnet. Als Methode wurde Einschluss gewählt, da sich diese für das Testen von Theorien am besten eignet. Schrittweise Techniken werden durch zufällige Variation der Daten beeinflusst und liefern daher selten replizierbare Ergebnisse, wenn das Modell erneut getestet wird (Field, 2009).

Moderatoranalysen: Um zu untersuchen, ob das Alter den Zusammenhang zwischen den visuell kognitiven Fähigkeiten und der Erkennungsleistung moderiert, wurden Moderatoranalysen mit dem Moderator Alter durchgeführt. Zur Berechnung wurde das SPSS-Makro PROCESS v2.16.3 von Hayes benutzt. Die Daten wurden zur Rechnung der Moderationsanalyse direkt im PROCESS-Makro standardisiert (Baltes-Götz, 2017).

4 Ergebnisse

Nachfolgend werden zuerst die beiden Stichproben beschrieben und anschliessend wird auf die Ergebnisse eingegangen.

4.1 Beschreibung der Stichproben

Die Studierendenstichprobe umfasste $n = 128$. Die Studierenden waren zwischen 21 und 54 Jahren alt, wobei der Altersdurchschnitt bei $M = 27$ Jahren ($SD = 5.34$, $n = 127$) lag. 26 % der Studierenden waren männlich und 74 % weiblich ($n = 128$). Zusätzlich lagen Daten von $n = 117$ getesteten X-Ray Screenern der Kantonspolizei des Flughafens Zürich vor. Die X-Ray Screener waren zwischen 23 und 65 Jahren alt und der Altersdurchschnitt betrug $M = 45$ Jahre ($SD = 11.34$, $n = 116$). In der Stichprobe der X-Ray Screener waren 45 % der getesteten Personen männlich und 55 % weiblich ($n = 117$).

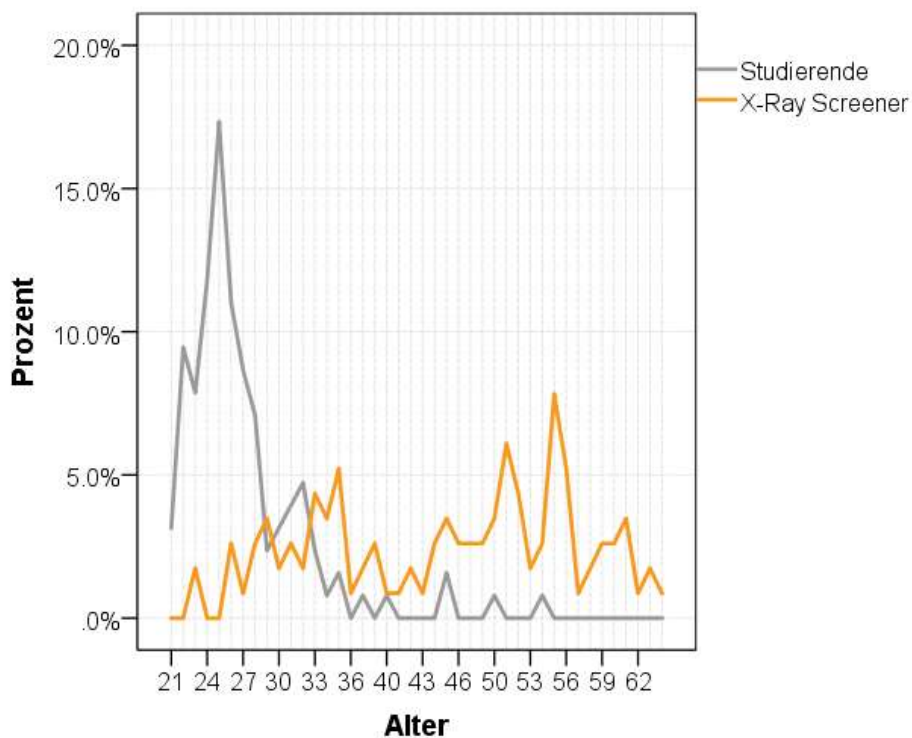


Abbildung 21. Altersverteilung pro Stichprobe

Die Altersverteilung pro Stichprobe ist in *Abbildung 21* dargestellt. Der Test auf Mittelwertunterschiede zeigte, dass sich die beiden Stichproben hinsichtlich des Alters signifikant unterscheiden ($F(1,234) = 30.50$, $p < .001$; $t(158.53) = -15.70$, $p < .001$).

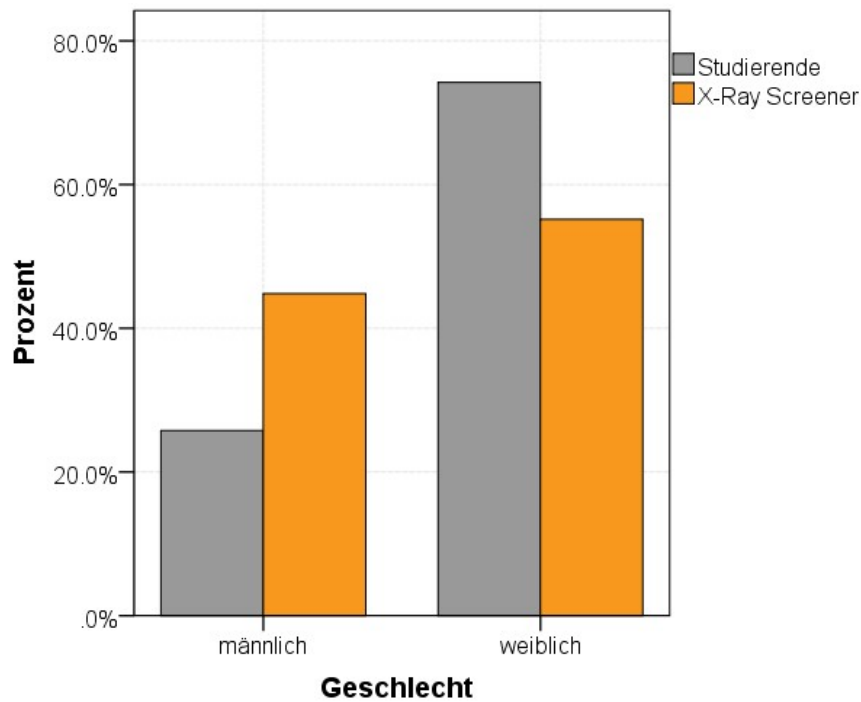


Abbildung 22. Geschlechterverteilung pro Stichprobe

Die Geschlechterverteilung pro Stichprobe ist in *Abbildung 22* abgebildet. Der Test auf Mittelwertunterschiede ergab, dass sich die beiden Stichproben auch hinsichtlich des Geschlechts signifikant unterscheiden ($F(1,240) = 108.05, p < .001$; $t(230.45) 3.15, p = .002$). Deswegen konnten weder die Variable Alter noch Geschlecht als Kovariaten in die nachfolgenden Analysen miteinbezogen werden (vgl. *Kapitel 3.3.4*).

4.2 Unterschiede zwischen Studierenden und X-Ray Screamern

Nachfolgend werden die Ergebnisse zu Fragestellung 1 dargestellt. Zuerst werden Unterschiede in den visuell kognitiven Fähigkeiten zwischen Studierenden und X-Ray Screamern aufgezeigt. Anschliessend wird auf Unterschiede in der Erkennungsleistung im ORT und CAT zwischen Studierenden und X-Ray Screamern sowie zwischen den Bedingungen SV und MV eingegangen.

4.2.1 Unterschiede in visuell kognitiven Fähigkeiten

Die deskriptiven Statistiken wurden nach der Datenbereinigung berechnet (vgl. *Kapitel 3.3.2*). *Tabelle 4* zeigt die deskriptiven Statistiken sowie die Angaben zur Reliabilität (Cronbach's α) der visuell kognitiven Fähigkeitstests. Cronbach's α liegt bei mehreren visuell kognitiven Fähigkeitstests unter dem kritischen Wert von .70 (Schecker, 2014; vgl. *Kapitel 3.3.4*).

Tabelle 4
Deskriptive Statistik und Reliabilität visuell kognitive Fähigkeitstests

	Maximal- score	Studierende				X-Ray Screener			
		<i>n</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>	Cronbach's α	<i>n</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>	Cronbach's α
SPM	59	128	30.80	3.21	.590	116	28.03	4.96	.874
LPS 6	40	128	16.01	6.19	.915	117	11.47	5.91	.910
LPS 7	40	128	25.34	4.87	.864	117	21.08	6.87	.936
LPS 8	40	128	22.03	4.77	.872	117	17.97	4.94	.899
WSI-S	13	128	4.68	2.19	.660	117	4.06	2.41	.684
WSI-MR	18	128	13.46	3.12	.755	117	12.40	3.38	.622
WSI-A	6	128	3.70	1.59	.561	117	3.01	1.72	.649
TVPS-M	16	128	13.45	1.51	.203	117	12.21	2.02	.446
TVPS-FC	16	128	12.16	2.21	.527	117	12.42	2.42	.619
TVPS-FG	16	128	11.99	2.53	.652	117	11.60	3.07	.766
LPS 10	60	128	18.04	4.02	--	111	14.19	4.77	--
VCTB Total	324	128	171.66	21.13	.925	117	147.45	29.17	.664

Anmerkungen. *n* = gültige Fälle; *M* = Mittelwert; *SD* = Standardabweichung

Um Unterschiede in den visuell kognitiven Fähigkeiten zwischen Studierenden und X-Ray Screenern zu untersuchen, wurden die Mittelwerte in den visuell kognitiven Fähigkeitstests der beiden Stichproben mittels t-Tests verglichen. Die normierten Mittelwerte pro visuell kognitivem Fähigkeitstest sind für beide Stichproben in *Abbildung 23* graphisch dargestellt.

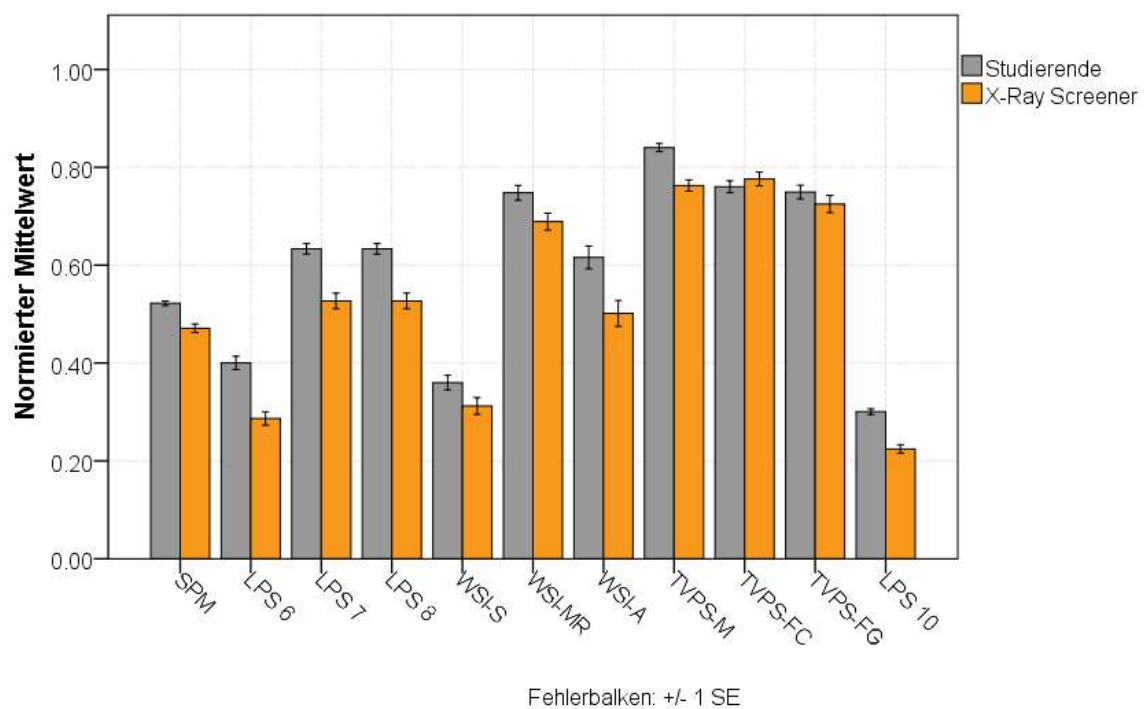


Abbildung 23. Normierte Mittelwerte aller visuell kognitiven Fähigkeitstests im Überblick für die Stichproben Studierende und X-Ray Screener

SPM: Durchschnittlich fiel das Ergebnis der Studierenden ($M = 30.80$, $SD = 3.21$, $n = 128$) höher aus als das Ergebnis der X-Ray Screener ($M = 28.03$, $SD = 4.96$, $n = 116$). Der Unterschied ist bei grosser Effektstärke signifikant ($F(1,242) = 3.11$, $p = .079$; $t(242) 5.24$, $p < .001$, $d = .66$).

LPS 6: Im Durchschnitt erzielten die Studierenden ein höheres Ergebnis ($M = 16.01$, $SD = 6.19$, $n = 128$) als die X-Ray Screener ($M = 11.47$, $SD = 5.91$, $n = 117$). Der Unterschied ist bei grosser Effektstärke signifikant ($F(1,243) = .05$, $p = .819$; $t(243) 5.86$, $p < .001$, $d = .75$).

LPS 7: Die Studierenden erreichten ein durchschnittlich höheres Ergebnis ($M = 25.34$, $SD = 4.87$, $n = 128$) als die X-Ray Screener ($M = 21.08$, $SD = 6.87$, $n = 117$). Der Unterschied ist bei grosser Effektstärke signifikant ($t(207.14) 5.55$, $p < .001$; $d = .72$). Da der Levene-Test indizierte, dass die Voraussetzung der Varianzhomogenität verletzt ist ($F(1,243) = 9.08$, $p = .003$), wurden die Freiheitsgrade von 243 auf 207.14 angepasst.

LPS 8: Durchschnittlich erzielten die Studierenden ein höheres Ergebnis ($M = 22.03$, $SD = 4.77$, $n = 128$) als die X-Ray Screener ($M = 17.97$, $SD = 4.94$, $n = 117$). Der Unterschied ist bei grosser Effektstärke signifikant ($F(1,243) = .97$, $p = .325$; $t(243) 6.55$, $p < .001$, $d = .84$).

WSI-S: Die Studierenden erlangten im Durchschnitt ein höheres Ergebnis ($M = 4.68$, $SD = 2.19$, $n = 128$) als die X-Ray Screener ($M = 4.06$, $SD = 2.41$, $n = 117$). Der Unterschied ist bei kleiner Effektstärke signifikant ($F(1,243) = 2.02$, $p = .315$; $t(243) 2.11$, $p = .036$, $d = .27$).

WSI-MR: Durchschnittlich fiel das Ergebnis der Studierenden höher aus ($M = 13.46$, $SD = 3.12$, $n = 128$) als das Ergebnis der X-Ray Screener ($M = 12.40$, $SD = 3.38$, $n = 117$). Der Unterschied ist bei mittlerer Effektstärke signifikant ($F(1,243) = .14$, $p = .712$; $t(243) 2.55$, $p = .011$; $d = .33$).

WSI-A: Die Studierenden erlangten im Durchschnitt ein höheres Ergebnis ($M = 3.70$, $SD = 1.59$, $n = 128$) als die X-Ray Screener ($M = 3.01$, $SD = 1.72$, $n = 117$). Der Unterschied ist bei mittlerer Effektstärke signifikant ($F(1,243) = .75$, $p = .389$; $t(243) 3.25$, $p = .001$, $d = .42$).

TVPS-M: Durchschnittlich erreichten die Studierenden ein höheres Ergebnis ($M = 13.45$, $SD = 1.51$, $n = 128$) als die X-Ray Screener ($M = 12.21$, $SD = 2.02$, $n = 117$). Der Unterschied ist bei grosser Effektstärke signifikant ($t(214.12) 5.41$, $p < .001$, $d = .70$). Der Levene-Test ergab, dass die Voraussetzung der Varianzhomogenität nicht erfüllt ist ($F(1,243) = 4.69$, $p = .031$). Aus diesem Grund wurden die Freiheitsgrade von 243 auf 214.12 angepasst.

TVPS-FC: Im Durchschnitt war das Ergebnis der X-Ray Screener ($M = 12.42$, $SD = 2.42$, $n = 128$) nahezu identisch mit dem Ergebnis der Studierenden ($M = 12.16$, $SD = 2.21$, n

= 117). Der Unterschied ist bei kleiner Effektstärke nicht signifikant ($F(1,243) = 3.14, p = .078; t(243) = -.861, p = .390; d = .11$).

TVPS-FG: Die Ergebnisse der Studierenden ($M = 11.99, SD = 2.53, n = 128$) und der X-Ray Screener ($M = 11.60, SD = 3.07, n = 117$) fielen im Durchschnitt ähnlich aus. Der Unterschied ist bei kleiner Effektstärke nicht signifikant ($t(225.45) = 1.09, p = .277; d = .14$). Der Levene-Test indizierte, dass die Voraussetzung der Varianzhomogenität verletzt ist ($F(1,243) = 8.88, p = .003$). Die Freiheitsgrade wurden deswegen von 243 auf 225.45 geändert.

LPS 10: Durchschnittlich fiel das Ergebnis der Studierenden höher aus ($M = 18.04, SD = 4.02, n = 128$) als das Ergebnis der X-Ray Screener ($M = 14.19, SD = 4.77, n = 111$). Der Unterschied ist bei grosser Effektstärke signifikant ($t(216.10) = 6.69, p < .001, d = .87$). Da der Levene-Test ergab, dass die Voraussetzung der Varianzhomogenität verletzt ist ($F(1,237) = 6.67, p = .010$), wurden die Freiheitsgrade von 237 auf 216.10 angepasst.

4.2.2 Unterschiede in der Erkennungsleistung

Die deskriptiven Statistiken wurden nach der Datenbereinigung berechnet (vgl. *Kapitel 3.3.2*). *Tabelle 5* zeigt die deskriptiven Statistiken sowie die Angaben zur Reliabilität (Cronbach's α) der Röntgenbildbeurteilungstests. Cronbach's α liegt im CAT unter dem kritischen Wert von .70 (Schecker, 2014; vgl. *Kapitel 3.3.4*).

Tabelle 5
Deskriptive Statistik Röntgenbildbeurteilungstests

	Studierende				X-Ray Screener				
	<i>n</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>	Cronbach's α	<i>n</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>	Cronbach's α	
d' ORT SV	128	1.90	.42	.830	117	3.06	.40	.801	
d' ORT MV	40	128	2.22	.49	.870	117	3.43	.40	.722
d' CAT SV	40	128	.46	.27	.131	117	2.07	.32	.452
d' CAT MV	40	128	.56	.29	.256	117	2.16	.37	.543

Anmerkungen. *n* = gültige Fälle; *M* = Mittelwert; *SD* = Standardabweichung; bei einer Trefferrate von 99 % und einer Fehlerrate von 1 % beträgt die Erkennungsleistung $d' = 4.65$

4.2.2.1 ORT

Um Unterschiede in der Erkennungsleistung d' ORT zwischen den beiden Stichproben und unter den Bedingungen SV und MV zu analysieren, wurde eine mixed ANOVA mit Erfahrung (Studierende vs X-Ray Screener) als between-subjects Faktor und Technik (SV vs. MV) als

within-subjects Faktor gerechnet. Die abhängige Variable bildete die Erkennungsleistung d' ORT. Der Levene-Test ergab, dass die Variablen Erkennungsleistung d' ORT SV ($F(1,243) = .04, p = .840$) und d' ORT MV ($F(1,243) = 2.75, p = .098$) die Voraussetzung der Varianzhomogenität erfüllen.

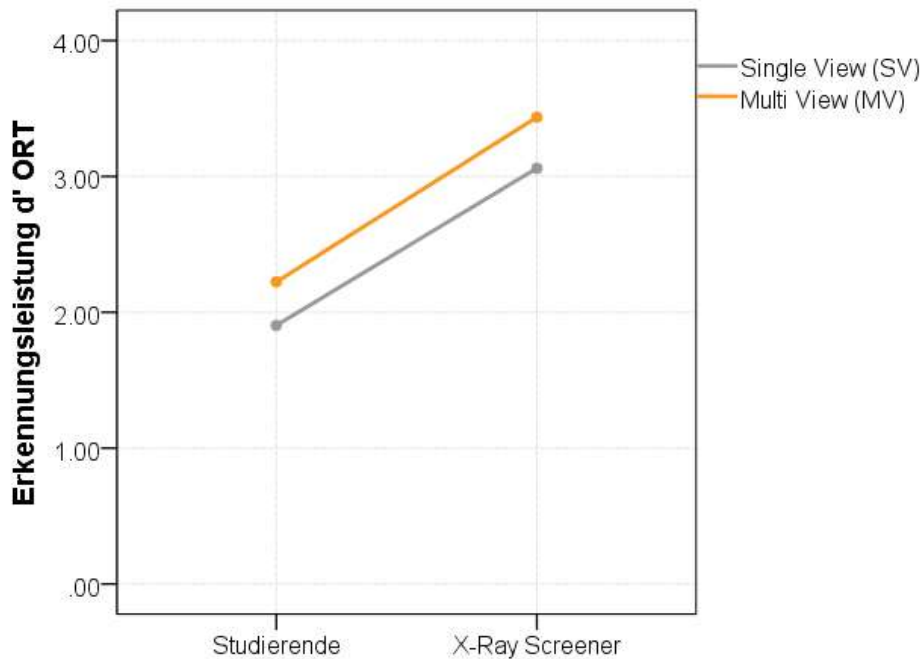


Abbildung 24. Erkennungsleistung d' ORT unter den Bedingungen SV und MV pro Stichprobe

In *Abbildung 24* ist die Erkennungsleistung d' ORT unter den Bedingungen SV und MV pro Stichprobe dargestellt. Die mixed ANOVA zeigt einen signifikanten Haupteffekt der Variable Erfahrung (Studierende vs. X-Ray Screener) auf die Erkennungsleistung d' ORT ($F(1,243) = 586.11, p < .001, \eta^2 = .71$). Die Effektstärke ist als gross zu bezeichnen. Werden alle anderen Variablen ignoriert, erzielten die X-Ray Screener ($M = 3.25, SD = .40$) eine signifikant höhere Erkennungsleistung als die Vergleichsstichprobe der Studierenden ($M = 2.06, SD = .46$). Weiter zeigt die mixed ANOVA einen signifikanten Haupteffekt der Variable Technik (SV vs. MV) auf die Erkennungsleistung d' ORT ($F(1,243) = 194.32, p < .001, \eta^2 = .44$). Der Effekt ist als gross einzuordnen. Werden alle anderen Variablen ignoriert, erzielten die Versuchspersonen unter der Bedingung MV eine signifikant höhere Erkennungsleistung ($M = 2.83, SD = .45$) als unter der Bedingung SV ($M = 2.48, SD = .41$). Hingegen ist keine Interaktion zwischen den Variablen Erfahrung und Technik feststellbar ($F(1,243) = 1.24, p = .005, \eta^2 = .01$). Die Ergebnisse sind in *dargestellt*.

4.2.2.2 CAT

Um Unterschiede in der Erkennungsleistung d' CAT zwischen den beiden Stichproben und unter den Bedingungen SV und MV zu analysieren, wurde eine mixed ANOVA mit Erfahrung (Studierende vs X-Ray Screener) als between-subjects Faktor und Technik (SV vs MV) als within-subjects Faktor gerechnet. Die abhängige Variable bildete die Erkennungsleistung d' CAT. Der Levene-Test ergab, dass die Variablen Erkennungsleistung d' CAT SV ($F(1,243) = 2.08, p = .025$) und d' CAT MV ($F(1,243) = 6.10, p = .014$) die Voraussetzung der Varianzhomogenität nicht erfüllen. ANOVAS gelten jedoch ab einem Stichprobenumfang von $n > 30$, unter der Voraussetzung, dass beide Stichproben ähnlich gross sind, als robust gegen Verletzungen (Field, 2011; vgl. Kapitel 3.3.4).

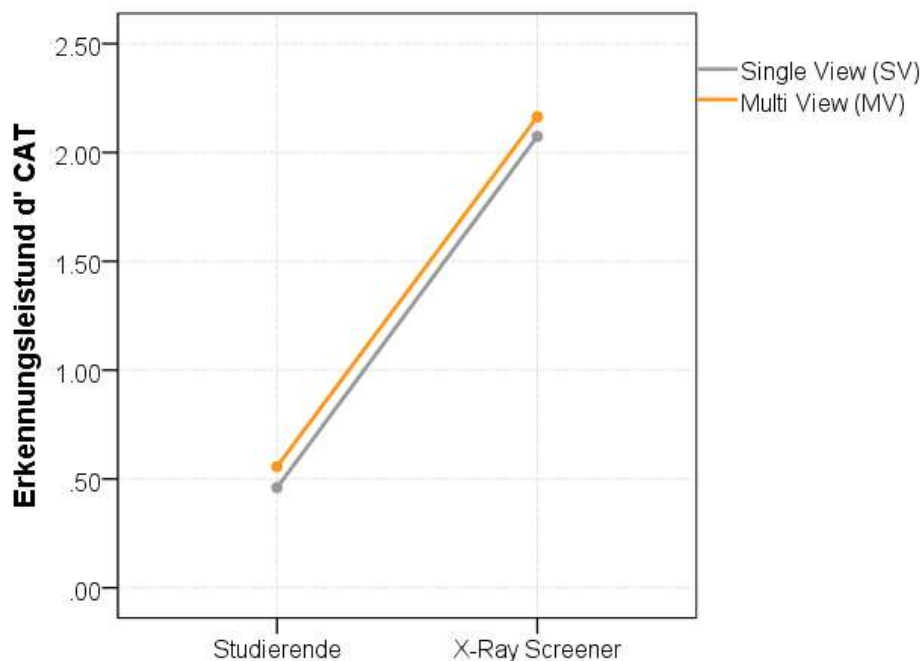


Abbildung 25. Erkennungsleistung d' CAT unter den Bedingungen SV und MV pro Stichprobe

In *Abbildung 25* ist die Erkennungsleistung d' CAT unter den Bedingungen SV und MV pro Stichprobe dargestellt. Die mixed ANOVA zeigt einen signifikanten Haupteffekt der Variable Erfahrung (Studierende vs. X-Ray Screener) auf die Erkennungsleistung d' CAT ($F(1,243) = 2308.30, p < .001, \eta^2 = .91$). Die Effektstärke ist als gross zu bezeichnen. Werden alle anderen Variablen ignoriert, erzielten die X-Ray Screener ($M = 2.12, SD = .35$) eine signifikant höhere Erkennungsleistung als die Vergleichsstichprobe der Studierenden ($M = .51, SD = .28$). Weiter zeigt die mixed ANOVA einen signifikanten Haupteffekt der Variable Technik (SV vs. MV) auf die Erkennungsleistung d' CAT ($F(1, 243) = 18.87, p < .001, \eta^2 = .07$). Der Effekt ist als

mittel einzustufen. Werden alle anderen Variablen ignoriert, erzielten die Versuchspersonen unter der Bedingung MV eine signifikant höhere Erkennungsleistung ($M = 1.36$, $SD = .33$) als unter der Bedingung SV ($M = 1.27$, $SD = .30$). Der Interaktionsterm zwischen den Variablen Erfahrung und Technik ist nicht signifikant ($F(1,243) = .03$, $p = .873$, $\eta^2 = .00$).

4.3 Zusammenhang zwischen den visuell kognitiven Fähigkeiten und der Erkennungsleistung

Die nachfolgenden Ergebnisse beziehen sich auf Fragestellung 2. Zuerst werden Fragestellungen 2.1 und 2.2 für die Stichprobe der Studierenden beantwortet, danach werden die Ergebnisse für die Stichprobe der X-Ray Screener aufgeführt. Pro Stichprobe wird zuerst der Zusammenhang zwischen den visuell kognitiven Fähigkeitstests und der Erkennungsleistung d' ORT SV, d' ORT MV, d' CAT SV sowie d' CAT MV dargestellt (Fragestellung 2.1). Danach wird darauf eingegangen, ob ein allfälliger Zusammenhang zwischen den visuell kognitiven Fähigkeiten (VCTB Total) und der Erkennungsleistung d' ORT (SV & MV) sowie der Erkennungsleistung d' CAT (SV & MV) durch das Alter moderiert wird (Fragestellung 2.2).

4.3.1 Studierende

In *Tabelle 6* ist dargestellt, wie die erhobenen Variablen miteinander korrelieren.

Tabelle 6
Korrelationsmatrix Studierende

	SPM	LPS 6	LPS 7	LPS 8	WSI-S	WSI-MR	WSI-A	TVPS-M	TVPS-FC	TVPS-FG	LPS 10	dORT SV	dORT MV	dCAT SV	dCAT MV	Alter
SPM	--															
LPS 6	.244	--														
LPS 7	.521	.268	--													
LPS 8	.433	.197	.499	--												
WSI-S	.324	.065	.321	.136	--											
WSI-MR	.406	.028	.322	.308	.395	--										
WSI-A	.325	.093	.310	.183	.285	.465	--									
TVPS-M	.164	-.012	.183	.150	.292	.234	.123	--								
TVPS-FC	.352	.031	.315	.165	.437	.430	.462	.353	--							
TVPS-FG	.348	.171	.301	.302	.395	.534	.463	.263	.618	--						
LPS 10	.413	.252	.276	.222	.087	.126	.106	-.003	.026	.079	--					
dORT SV	.268	.038	.179	.135	.270	.362	.280	.279	.310	.180	.099	--				
dORT MV	.297	.145	.309	.199	.308	.318	.246	.261	.331	.244	.128	.592	--			
dCAT SV	.019	.050	.105	.077	.110	.078	.170	.093	.114	.128	.148	.205	.248	--		
dCAT MV	.011	-.022	-.138	.094	.146	.237	.140	.226	.178	.153	-.006	.223	.264	.202	--	
Alter	.028	-.057	-.007	-.104	.194*	.104	.072	.014	.145	.171	-.037	.124	.022	-.049	.117	--

Anmerkungen. $p < .05$ $p < .01$ (1-seitig), Spearman'sche Rangkorrelationskoeffizienten, $n = 128$ (Alter, $n = 127$)

4.3.1.1 *ORT*

Um den Zusammenhang zwischen den einzelnen visuell kognitiven Fähigkeitstests und der Erkennungsleistung d' *ORT* unter den Bedingungen SV und MV in der Stichprobe der Studierenden zu untersuchen, wurden multiple Regressionsanalysen durchgeführt. Die visuell kognitiven Fähigkeitstests bildeten die Prädiktoren und die Erkennungsleistung d' *ORT* SV sowie die Erkennungsleistung d' *ORT* MV die abhängigen Variablen.

ORT SV: Die Regressionsanalyse zeigt, dass die visuell kognitiven Fähigkeiten einen Einfluss auf die Erkennungsleistung d' *ORT* SV haben ($F(11,116) = 3.62$, $R^2 = .26$, $p < .001$, $n = 128$). Diese kann durch das Modell zu 26 % erklärt werden. Bei genauerer Betrachtung zeigt sich, dass der Prädiktor WSI-MR den grössten Erklärungsbeitrag leistet ($\beta = .224$, $p = .037$). Die restlichen Prädiktoren tragen nicht zur Varianzaufklärung der Erkennungsleistung d' *ORT* SV bei. Die Ergebnisse sind *Tabelle 7* zu entnehmen.

Tabelle 7
Regressionsanalyse zur Vorhersage der Erkennungsleistung d' *ORT* SV

	<i>B</i>	<i>SE B</i>	β	<i>p</i>
(Konstante)	.287	.430		.505
SPM	.012	.013	.090	.383
LPS 6	-.001	.006	-.008	.927
LPS 7	-.011	.009	-.133	.208
LPS 8	.008	.009	.092	.370
WSI-S	.014	.018	.071	.461
WSI-MR	.030	.014	.224	.037
WSI-A	.046	.026	.174	.081
TVPS-M	.046	.024	.167	.061
TVPS-FC	.037	.022	.197	.092
TVPS-FG	-.036	.019	-.221	.063
LPS 10	.006	.009	.060	.499

Anmerkungen. $p < .05$, β = standardisierter Regressionskoeffizient; *B* = unstandardisierter Regressionskoeffizient, *SE* = Standardfehler; $F(11,116) = 3.62$, $R^2 = .26$, $p < .001$, $n = 128$

ORT MV: Die Regressionsanalyse legt dar, dass die visuell kognitiven Fähigkeiten einen Einfluss auf die Erkennungsleistung d' *ORT* MV haben ($F(11,116) = 3.02$, $R^2 = .22$, $p = .001$, $n = 128$). Die Erkennungsleistung d' *ORT* MV kann durch das Modell zu 22 % erklärt werden. Bei genauerer Betrachtung zeigt sich, dass keiner der Prädiktoren isoliert betrachtet signifikant zur Varianzaufklärung der Erkennungsleistung d' *ORT* MV beiträgt. Die Ergebnisse sind in *Tabelle 8* dargestellt.

Tabelle 8
 Regressionsanalyse zur Vorhersage der Erkennungsleistung d' ORT MV

	<i>B</i>	<i>SE B</i>	β	<i>p</i>
(Konstante)	.380	.523		.469
SPM	.008	.016	.049	.644
LPS 6	.003	.007	.038	.672
LPS 7	.003	.011	.032	.768
LPS 8	.003	.011	.026	.804
WSI-S	.023	.022	.101	.308
WSI-MR	.029	.017	.181	.097
WSI-A	.020	.031	.063	.531
TVPS-M	.025	.029	.077	.397
TVPS-FC	.040	.027	.180	.133
TVPS-FG	-.012	.024	-.059	.625
LPS 10	.009	.011	.076	.398

Anmerkungen. β = standardisierter Regressionskoeffizient; *B* = unstandardisierter Regressionskoeffizient, *SE* = Standardfehler; $F(11,116) = 3.02$, $R^2 = .22$, $p = .001$, $n = 128$

Alter als Moderator: Um zu untersuchen, ob das Alter den Zusammenhang zwischen dem Ergebnis in den visuell kognitiven Fähigkeitstests (VCTB Total) und der Erkennungsleistung d' ORT (SV & MV) moderiert, wurde eine Moderatoranalyse mit der Variable VCTB Total als Prädiktor, der Variable Erkennungsleistung d' ORT als abhängige Variable und dem Alter als Moderatorvariable durchgeführt. Die Moderatoranalyse indiziert einen signifikanten Zusammenhang zwischen den Variablen VCTB Total und Erkennungsleistung d' ORT ($\beta = .201$, $t(123) = 4.84$, $p < .001$). Ein signifikanter Zusammenhang zwischen der Erkennungsleistung d' ORT und dem Alter ist nicht feststellbar ($\beta = .005$, $t(123) = 1.03$, $p = .307$). Da auch der Interaktionsterm nicht signifikant ist ($\beta = .003$, $t(123) = .58$, $p = .561$), ist davon auszugehen, dass der Zusammenhang nicht vom Alter moderiert wird. Das Ergebnis ist in *Tabelle 9* aufgeführt.

Tabelle 9
 Moderatoranalyse mit dem Alter als Moderatorvariable

	β	<i>p</i>	<i>SE</i>
VCTB Total	.201	<.001	.042
Alter	.005	.307	.005
Visuell kognitive Fähigkeiten X Alter	.003	.561	.005

Anmerkungen. $p < .001$, β = standardisierter Regressionskoeffizient, *SE* = Standardfehler; $F(3,123) = 11.23$, $R^2 = .22$, $p < .001$, $n = 127$

4.3.1.2 CAT

Um den Zusammenhang zwischen den einzelnen visuell kognitiven Fähigkeitstests und der Erkennungsleistung d' CAT unter den Bedingungen SV und MV in der Stichprobe der Studierenden zu untersuchen, wurden multiple Regressionsanalysen gerechnet. Die visuell kognitiven Fähigkeitstests bildeten die Prädiktoren und die Erkennungsleistung d' CAT SV sowie die Erkennungsleistung d' CAT MV die abhängigen Variablen.

CAT SV: Die Regressionsanalyse zeigt, dass die visuell kognitiven Fähigkeiten keinen Einfluss auf die Erkennungsleistung d' CAT SV haben ($F(11,116) = 1.20$, $R^2 = .10$, $p = .295$, $n = 128$). Die Ergebnisse sind in *Tabelle 10* dargestellt.

Tabelle 10
Regressionsanalyse zur Vorhersage der Erkennungsleistung d' CAT SV

	<i>B</i>	<i>SE B</i>	β	<i>p</i>
(Konstante)	.246	.306		.423
SPM	-.015	.009	-.173	.127
LPS 6	.002	.004	.037	.702
LPS 7	-.004	.006	-.080	.489
LPS 8	.005	.006	.092	.416
WSI-S	.011	.013	.092	.386
WSI-MR	-.004	.010	-.041	.723
WSI-A	.036	.018	.214	.050
TVPS-M	.016	.017	.091	.348
TVPS-FC	.002	.016	.018	.890
TVPS-FG	.003	.014	.026	.841
LPS 10	.012	.006	.180	.066

Anmerkungen. $p < .05$, β = standardisierter Regressionskoeffizient; *B* = unstandardisierter Regressionskoeffizient, *SE* = Standardfehler; $F(11,116) = 1.20$, $R^2 = .10$, $p = .295$, $n = 128$).

CAT MV: Die Regressionsanalyse indiziert, dass die visuell kognitiven Fähigkeiten einen Einfluss auf die Erkennungsleistung d' CAT SV haben ($F(11,116) = 2.04$, $R^2 = .16$, $p = .031$, $n = 128$). Diese kann durch das Modell zu 16 % vorausgesagt werden. Bei genauerer Betrachtung zeigt sich, dass der Prädiktor LPS 7 den grössten Erklärungsbeitrag leistet ($\beta = -.327$, $p = .004$). Der Prädiktor LPS 8 hat den zweitgrössten Erklärungsbeitrag ($\beta = .257$, $p = .019$). Die restlichen Prädiktoren tragen nicht zur Varianzaufklärung der Erkennungsleistung d' CAT MV bei. Die Ergebnisse sind in *Tabelle 11* ersichtlich.

Tabelle 11
 Regressionsanalyse zur Vorhersage der Erkennungsleistung d' CAT MV

	B	SE B	β	<i>p</i>
(Konstante)	.176	.314		.575
SPM	-.012	.010	-.131	.233
LPS 6	.002	.004	.042	.659
LPS 7	-.019	.007	-.327	.004
LPS 8	.015	.007	.257	.019
WSI-S	.005	.013	.036	.728
WSI-MR	.013	.010	.140	.216
WSI-A	.023	.019	.127	.227
TVPS-M	.034	.018	.182	.054
TVPS-FC	.013	.016	.100	.419
TVPS-FG	-.008	.014	-.074	.555
LPS 10	.003	.007	.045	.630

Anmerkungen. $p < .05$ $p < .01$, β = standardisierter Regressionskoeffizient; B = unstandardisierter Regressionskoeffizient, SE = Standardfehler; $F(11,116) = 2.04$, $R^2 = .16$, $p = .031$, $n = 128$

Alter als Moderator: Um zu untersuchen, ob das Alter den Zusammenhang zwischen dem Ergebnis in den visuell kognitiven Fähigkeitstests (VCTB Total) und der Erkennungsleistung d' CAT (SV & MV) moderiert, wurde eine Moderatoranalyse mit der Variable VCTB Total als Prädiktor, der Variable Erkennungsleistung d' CAT als abhängige Variable und dem Alter als Moderatorvariable durchgeführt. Die Gesamtscore VCTB Total weist einen signifikanten Zusammenhang mit der der Erkennungsleistung d' CAT auf ($\beta = .050$, $t(123) = 2.35$, $p = .020$). Der Zusammenhang zwischen der Erkennungsleistung d' CAT und dem Alter ist nicht signifikant ($\beta = -.001$, $t(123) = -.47$, $p = .640$). Da auch der Interaktionsterm nicht signifikant ist ($\beta < .001$, $t(123) = -.01$, $p = .994$), kann davon ausgegangen werden, dass der Zusammenhang nicht vom Alter moderiert wird. Die Ergebnisse sind in *Tabelle 12* dargestellt.

Tabelle 12
 Moderatoranalyse mit dem Alter als Moderatorvariable

	β	<i>p</i>	SE
VCTB Total	.050	.020	.022
Alter	-.001	.640	.003
Visuell kognitive Fähigkeiten X Alter	< .001	.994	.003

Anmerkungen. $p < .05$, β = standardisierter Regressionskoeffizient, SE = Standardfehler; $F(3,123) = 1.90$, $R^2 = .05$, $p = .134$, $n = 127$

4.3.2 X-Ray Screener

In *Tabelle 13* ist dargestellt, wie die erhobenen Variablen miteinander korrelieren.

Tabelle 13
Korrelationsmatrix X-Ray Screener

	SPM	LPS 6	LPS 7	LPS 8	WSI-S	WSI-MR	WSI-A	TVPS-M	TVPS-FC	TVPS-FG	LPS 10	dORT SV	dORT MV	dCAT SV	dCAT MV	Alter
SPM	--															
LPS 6	.317	--														
LPS 7	.535	.189	--													
LPS 8	.389	.282	.510	--												
WSI-S	.474	.303	.360	.305	--											
WSI-MR	.415	.257	.252	.209	.342	--										
WSI-A	.538	.069	.333	.272	.401	.414	--									
TVPS-M	.286	.140	.207	.247	.220	.263	.244	--								
TVPS-FC	.474	.075	.316	.252	.409	.332	.395	.290	--							
TVPS-FG	.588	.117	.375	.389	.412	.425	.519	.320	.677	--						
LPS 10	.404	.327	.358	.385	.165	.167	.201	.302	.242	.204	--					
dORT SV	.246	-.037	.018	.101	.136	.210	.160	.074	.204	.312	.086	--				
dORT MV	.305	.153	.222	.210	.160	.233	.121	.201	.211	.312	.239	.540	--			
dCAT SV	.187	.103	.075	.056	.180	-.043	.046	.043	.137	.191	.125	.388	.345	--		
dCAT MV	.254	.168	.206	.126	.108	.120	.049	.131	.132	.229	.131	.305	.365	.496	--	
Alter	-.213	-.219	-.231	-.452	-.023	-.206	-.194	-.240	-.049	-.066	-.378	-.126	-.019	-.018	-.094	--

Anmerkungen. $p < .05$ $p < .01$ (1-seitig), Spearman'sche Rangkorrelationskoeffizienten, $n = 128$ (Alter, $n = 127$)

1.1.1.1 ORT

Um den Zusammenhang zwischen den einzelnen visuell kognitiven Fähigkeitstests und der Erkennungsleistung d' ORT unter den Bedingungen SV und MV in der Stichprobe der X-Ray Screener zu untersuchen, wurden multiple Regressionsanalysen durchgeführt. Die visuell kognitiven Fähigkeitstests bildeten die Prädiktoren und die Erkennungsleistung d' ORT SV sowie die Erkennungsleistung d' ORT MV die abhängigen Variablen.

ORT SV: Die Regressionsanalyse zeigt, dass die visuell kognitiven Fähigkeiten einen Einfluss auf die Erkennungsleistung d' ORT SV haben ($F(11,98) = 1.89$, $R^2 = .18$, $p = .050$, $n = 110$). Diese kann durch das Modell zu 18 % erklärt werden. Bei genauerer Betrachtung zeigt sich, dass der Prädiktor TVPS-FG den grössten Erklärungsbeitrag leistet ($\beta = .357$, $p = .024$). Der Prädiktor LPS 7 ($\beta = .296$, $p = .023$) hat den zweitgrössten Erklärungsbeitrag. Die restlichen Prädiktoren tragen nicht signifikant zur Varianzaufklärung der Erkennungsleistung d' ORT SV bei. Die Ergebnisse sind in *Tabelle 14* dargestellt.

Tabelle 14
 Regressionsanalyse zur Vorhersage der Erkennungsleistung d' ORT SV

	<i>B</i>	<i>SE B</i>	β	<i>p</i>
(Konstante)	2.445	.321		.000
SPM	.016	.013	.189	.214
LPS 6	-.011	.007	-.156	.138
LPS 7	-.019	.008	-.296	.023
LPS 8	.004	.010	.042	.715
WSI-S	.010	.019	.058	.612
WSI-MR	.011	.014	.085	.427
WSI-A	-.011	.027	-.049	.673
TVPS-M	.004	.022	.020	.855
TVPS-FC	-.015	.024	-.088	.528
TVPS-FG	.047	.021	.357	.024
LPS 10	.004	.010	.042	.718

Anmerkungen. $p < .05$, β = standardisierter Regressionskoeffizient; *B* = unstandardisierter Regressionskoeffizient, *SE* = Standardfehler; $F(11,98) = 1.89$, $R^2 = .18$, $p = .050$, $n = 110$

ORT MV: Die Regressionsanalyse leg dar, dass die visuell kognitiven Fähigkeiten keinen Einfluss auf die Erkennungsleistung d' ORT MV haben ($F(11,98) = .1.60$, $R^2 = .15$, $p = .110$, $n = 110$). Die Ergebnisse sind in *Tabelle 15* dargestellt.

Tabelle 15
 Regressionsanalyse zur Vorhersage der Erkennungsleistung d' ORT MV

	<i>B</i>	<i>SE B</i>	β	<i>p</i>
(Konstante)	2.508	.319		.000
SPM	.005	.013	.056	.713
LPS 6	-.002	.007	-.035	.741
LPS 7	.003	.008	.044	.734
LPS 8	.003	.010	.034	.772
WSI-S	.010	.019	.063	.589
WSI-MR	.010	.013	.085	.437
WSI-A	-.031	.027	-.134	.260
TVPS-M	.021	.022	.105	.339
TVPS-FC	-.006	.024	-.034	.808
TVPS-FG	.027	.020	.205	.195
LPS 10	.009	.010	.111	.353

Anmerkungen. β = standardisierter Regressionskoeffizient; *B* = unstandardisierter Regressionskoeffizient, *SE* = Standardfehler; $F(11,98) = .1.60$, $R^2 = .15$, $p = .110$, $n = 110$

Alter als Moderator: Um zu untersuchen, ob das Alter den Zusammenhang zwischen dem Ergebnis in den visuell kognitiven Fähigkeitstests (VCTB Total) und der Erkennungsleistung d' ORT (SV & MV) moderiert, wurde eine Moderatoranalyse mit der Variable VCTB Total als Prädiktor, der Variable Erkennungsleistung d' ORT als abhängige Variable und dem

Alter als Moderatorvariable durchgeführt. Die Variable Gesamtscore VCTB Total weist einen signifikanten Zusammenhang mit der der Erkennungsleistung d' ORT auf ($\beta = .082$, $t(105) = 2.58$, $p = .011$). Ein signifikanter Zusammenhang zwischen der Erkennungsleistung d' ORT und dem Alter ist nicht feststellbar ($\beta < .001$, $t(105) = .11$, $p = .914$). Da auch der Interaktionsterm nicht signifikant ist ($\beta = .002$, $t(105) = .78$, $p = .435$), ist davon auszugehen, dass der Zusammenhang nicht vom Alter moderiert wird. Die Ergebnisse sind in *Tabelle 16* zusammengefasst.

Tabelle 16
Moderatoranalyse mit dem Alter als Moderatorvariable

	β	p	SE
VCTB Total	.082	.011	.031
Alter	< .001	.914	.003
Visuell kognitive Fähigkeiten X Alter	.002	.435	.002

Anmerkungen. $p < .05$, β = standardisierter Regressionskoeffizient, SE = Standardfehler; $F(1,105) = 3.91$, $R^2 = .07$, $p = .011$, $n = 109$

4.3.2.1 CAT

Um den Zusammenhang zwischen den einzelnen visuell kognitiven Fähigkeitstests und der Erkennungsleistung d' CAT unter den Bedingungen SV und MV in der Stichprobe der X-Ray Screener zu untersuchen, wurden multiple Regressionsanalysen gerechnet. Die visuell kognitiven Fähigkeitstests bildeten die Prädiktoren und die Erkennungsleistung d' CAT SV sowie die Erkennungsleistung d' CAT MV die abhängigen Variablen.

CAT SV: Die Regressionsanalyse zeigt, dass die visuell kognitiven Fähigkeiten keinen Einfluss auf die Erkennungsleistung d' CAT SV haben ($F(11,98) = .99$, $R^2 = .10$, $p = .466$, $n = 110$). Die Ergebnisse sind in *Tabelle 17* aufgeführt.

Tabelle 17
 Regressionsanalyse zur Vorhersage der Erkennungsleistung d' CAT SV

	<i>B</i>	<i>SE B</i>	β	<i>p</i>
(Konstante)	1.874	.264		.000
SPM	.013	.011	.198	.212
LPS 6	.002	.006	.046	.677
LPS 7	-.004	.007	-.084	.534
LPS 8	-.005	.008	-.078	.520
WSI-S	.018	.016	.139	.249
WSI-MR	-.015	.011	-.155	.169
WSI-A	-.019	.022	-.102	.406
TVPS-M	-.004	.018	-.027	.810
TVPS-FC	-.015	.020	-.109	.453
TVPS-FG	.030	.017	.287	.080
LPS 10	.003	.008	.044	.718

Anmerkungen. β = standardisierter Regressionskoeffizient; *B* = unstandardisierter Regressionskoeffizient, *SE* = Standardfehler; $F(11,98) = .99$, $R^2 = .10$, $p = .466$, $n = 110$

CAT MV: Die Regressionsanalyse indiziert, dass die visuell kognitiven Fähigkeiten keinen Einfluss auf die Erkennungsleistung d' CAT MV haben ($F(11,98) = 1.55$, $R^2 = .15$, $p = .126$, $n = 110$). Die Ergebnisse sind *Tabelle 18* zu entnehmen.

Tabelle 18
 Regressionsanalyse zur Vorhersage der Erkennungsleistung d' CAT MV

	<i>B</i>	<i>SE B</i>	β	<i>p</i>
(Konstante)	1.440	.291		.000
SPM	.009	.012	.118	.443
LPS 6	.007	.007	.106	.322
LPS 7	.008	.007	.143	.275
LPS 8	-.004	.009	-.057	.626
WSI-S	-.004	.018	-.026	.825
WSI-MR	.017	.012	.146	.182
WSI-A	-.041	.025	-.200	.095
TVPS-M	.007	.020	.037	.735
TVPS-FC	-.010	.022	-.067	.636
TVPS-FG	.027	.019	.226	.155
LPS 10	-.002	.009	-.027	.820

Anmerkungen. β = standardisierter Regressionskoeffizient; *B* = unstandardisierter Regressionskoeffizient, *SE* = Standardfehler; $F(11,98) = 1.55$, $R^2 = .15$, $p = .126$, $n = 110$

Alter als Moderator: Um zu untersuchen, ob das Alter den Zusammenhang zwischen dem Ergebnis in den visuell kognitiven Fähigkeitstests (VCTB Total) und der Erkennungsleistung d' CAT (SV & MV) moderiert, wurde eine Moderatoranalyse mit der Variable VCTB Total als Prädiktor, der Variable Erkennungsleistung d' CAT als abhängige Variable und dem

Alter als Moderatorvariable durchgeführt. Die Variable Gesamtscore VCTB Total weist einen signifikanten Zusammenhang mit der der Erkennungsleistung d' CAT auf ($\beta = .057$, $t(105) = 2.23$, $p = .028$). Der Zusammenhang zwischen der Erkennungsleistung d' CAT und dem Alter ist nicht signifikant ($\beta < -.001$, $t(105) = -.12$, $p = .901$). Die Interaktion zwischen den visuell kognitiven Fähigkeiten und dem Alter ist signifikant ($\beta = .004$, $t(105) = 2.37$, $p = .020$). Die Ergebnisse sind in *Tabelle 19* zusammengefasst.

Tabelle 19
Moderatoranalyse mit dem Alter als Moderatorvariable

	β	p	SE
Visuell kognitive Fähigkeiten	.057	.028	.026
Alter	< -.001	.901	.003
Visuell kognitive Fähigkeiten X Alter	.004	.020	.002

Anmerkungen. $p < .05$, β = standardisierter Regressionskoeffizient, SE = Standardfehler; $F(3,105) = 5.15$, $R^2 = .08$, $p = .002$, $n = 109$

Die Interaktion ist in *Abbildung 26* dargestellt. Bei den jüngsten X-Ray Screenern (23 Jahre) zeigt sich kein Zusammenhang zwischen den visuell kognitiven Fähigkeiten und der Erkennungsleistung d' CAT ($\beta = -.04$, $t(105) = -.69$, $p = .493$). Ab einem Alter von 44 Jahren wird der Zusammenhang signifikant ($\beta = .05$, $t(105) = 1.98$, $p = .050$) und nimmt danach kontinuierlich zu bis zum maximalen Alter von 65 Jahren ($\beta = .14$, $t(105) = 3.69$, $p < .001$).

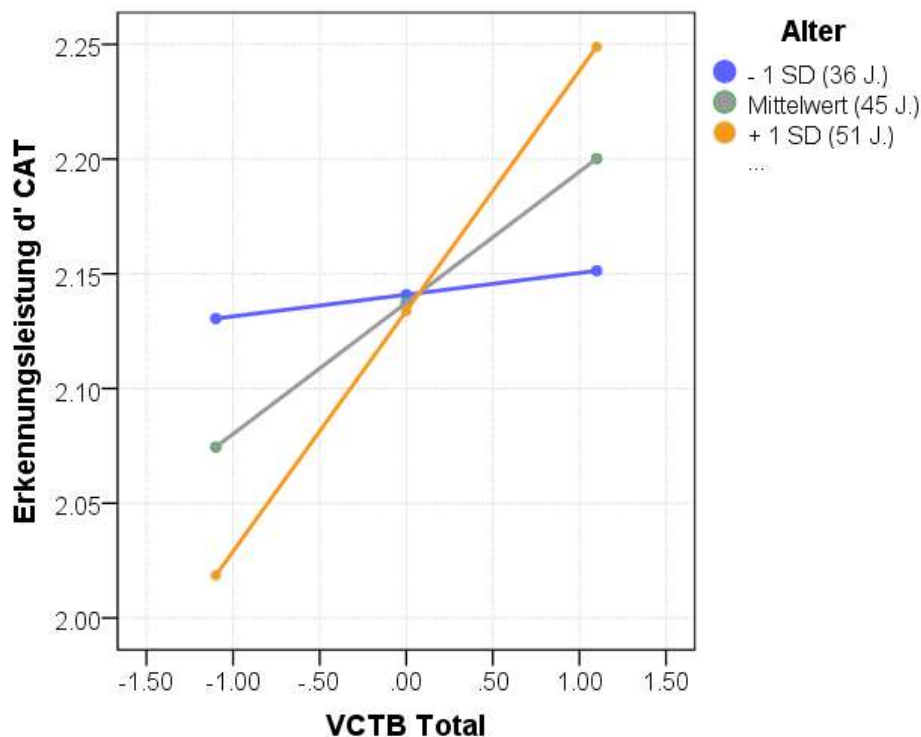


Abbildung 26. Interaktionsterm zwischen den Variablen visuell kognitive Fähigkeiten und der Erkennungsleistung d' CAT

5 Diskussion

Im Folgenden werden die wichtigsten Ergebnisse zusammengefasst und vor dem theoretischen Hintergrund diskutiert. Danach wird auf die Limitationen der vorliegenden Untersuchung eingegangen, bevor mögliche Implikationen für Forschung und Praxis aufgezeigt werden. Abschliessend folgt ein Fazit und Ausblick.

5.1 Zusammenfassung und Interpretation der Ergebnisse

Zuerst wird auf die Frage 1.1 und 1.2 eingegangen, dann Frage 2.1 pro Stichprobe besprochen und zuletzt die Fragestellung 2.2 diskutiert.

5.1.1 Fragestellung 1: Unterschiede zwischen Studierenden und X-Ray Screamern

Eingangs werden die Unterschiede in den visuell kognitiven Fähigkeiten zwischen Studierenden und X-Ray Screamern aufgegriffen und diskutiert. Danach wird auf Unterschiede zwischen den beiden Stichproben in der Erkennungsleistung in den Röntgenbildbeurteilungstests ORT und CAT unter den Bedingungen SV und MV eingegangen.

5.1.1.1 Fragestellung 1.1: Unterschiede in den visuell kognitiven Fähigkeiten.

Nachfolgend werden die Ergebnisse zu folgender Hypothese zusammengefasst und diskutiert:

H1: X-Ray Screener und Studierende unterscheiden sich in ihrer Ausprägung auf der Variable visuell kognitive Fähigkeiten je nach visuell kognitivem Fähigkeitstest.

Um die visuell kognitiven Fähigkeiten von Studierenden und X-Ray Screamern vergleichen zu können, absolvierten beide Stichproben die VCTB, die aus elf Subtests, die anerkannten Intelligenztests entnommen wurden, bestand. Die Mittelwerte pro visuell kognitivem Fähigkeitstest beider Stichproben wurden daraufhin mittels t-Tests auf signifikante Unterschiede geprüft. Die Stichprobe der Studierenden erreichte in den visuell kognitiven Fähigkeitstests SPM, LPS 6, LPS 7, LPS 8, WSI-S, WSI-MR, WSI-A, TVPS-M und LPS 10 signifikant höhere Ergebnisse als die Stichprobe der X-Ray Screener. In den visuell kognitiven Fähigkeitstests TVPS-FC und TVPS-FG unterschieden sich die beiden Stichproben in ihrem Ergebnis nicht signifikant. Hypothese 1 konnte somit bestätigt werden. Die Überlegenheit der Studierenden in der Mehrzahl der visuell kognitiven Fähigkeitstests stützt die Annahme, dass Studierende im Vergleich mit X-Ray Screamern durchschnittlich über höhere visuell kognitive Fähigkeiten verfügen (Gard-

ner 1993; Shea et al., 2001; Wai et al., 2009). Dabei bleibt allerdings unklar, ob diese Überlegenheit auf tatsächlich höhere visuell kognitive Fähigkeiten zurückzuführen ist (Gardner 1993; Shea et al., 2001; Wai et al., 2009) oder das vergleichsweise junge Alter der Studierenden dazu führte, dass diese in der Mehrzahl der visuell kognitiven Fähigkeitstests höhere Ergebnisse erzielen. Der letztere Fall würde den Befund stützen, dass es mit zunehmendem Alter zu einer Abnahme der visuell kognitiven Fähigkeiten kommt (Schapkin, 2012; Techentin et al., 2014). In zwei visuell kognitive Fähigkeitstests, dem TVPS-GC und dem TVPS-FG) sind die Studierenden den X-Ray Screamern nicht überlegen. Der visuell kognitive Fähigkeitstest TVPS-FC misst die Fähigkeit zur Visualisierung und zur beschleunigten Rotation (Martin, 2006). Die Fähigkeit zur Visualisierung beinhaltet die Fähigkeit zur mentalen Rotation, die dem bildbasierten Faktor Viewpoint zugeordnet werden kann (Hardmeier et al., 2005; Bolfig & Schwaninger, 2009). Bei den schwierigeren Aufgaben wurde das Ausgangsobjekt zusätzlich in einer komplexen Umwelt dargestellt, was darüber hinaus eine visuelle Suche auf komplexen Hintergründen notwendig machte (Martin, 2006). Visuelle Suche lässt sich dem bildbasierten Faktor Bag Complexity zuordnen (Hardmeier et al., 2005; Bolfig & Schwaninger, 2009). Der visuell kognitive Fähigkeitstest TVPS-FG misst die Fähigkeit zur Figure-Grund Wahrnehmung (Martin, 2006), die zum Umgang mit dem bildbasierten Faktor Superposition benötigt wird (Hardmeier et al., 2005; Bolfig & Schwaninger, 2009). Es zeigt sich, dass X-Ray Screener im Vergleich mit Studierenden insbesondere in visuell kognitiven Fähigkeitstests gleich gut abschneiden, die Fähigkeiten messen, welche den bildbasierten Faktoren zugeordnet werden können. Eine mögliche Erklärung könnte sein, dass die meisten der getesteten X-Ray Screener mit dem ORT selektiert wurden und deswegen über hohe Fähigkeiten im Umgang mit bildbasierten Faktoren verfügen. Andererseits ist auch denkbar, dass die tagtägliche Arbeit als X-Ray Screener zu einer Verbesserung spezifischer visuell kognitiver Fähigkeiten führen kann. Dies würde den Befund von Baenninger und Newcombe (1989) und Uttal et al. (2013) stützen, dass sich insbesondere spezifische visuell kognitive Fähigkeiten zumindest teilweise trainieren lassen und eventuell sogar eine Verbesserung domänenunspezifischer visuell kognitiver Fähigkeiten erreicht werden kann (Biggs et al., 2013). Dagegen spricht allerdings, dass auch andere visuell kognitive Fähigkeitstests, in denen es signifikante Mittelwertunterschiede zwischen den Stichproben gab, bildbasierten Faktoren zugeordnet werden können. Eine weitere mögliche Erklärung ist, dass der TVPS ursprünglich ein für Kinder entwickelter Test ist (Martin, 2006) und es deswegen sein könnte, dass die Testschwierigkeit nicht ausreichend war. Die Histogramme beider Tests zeigen in beiden Stichproben leicht rechtsschiefe Verteilungen, was zumindest auf leichte Deckeneffekte hinweist.

5.1.1.2 Fragestellung 1.2: Unterschiede in der Erkennungsleistung.

Nachfolgend werden die Ergebnisse zu folgender Hypothese zusammengefasst und diskutiert:

H2: X-Ray Screener und Studierende unterscheiden sich nicht signifikant in der Erkennungsleistung d' im ORT.

Beide Stichproben absolvierten den Röntgenbildbeurteilungstests ORT unter den Bedingungen SV und MV. Die Datenanalyse erfolgte mittels mixed ANOVA, mit der Variable Erfahrung (Studierende vs. X-Ray Screener) als between-subjects Faktor und der Variable Technik (SV vs. MV) als within-subjects Faktor. Die abhängige Variable bildete die Erkennungsleistung d' ORT. Die X-Ray Screener erreichen unter den Bedingungen SV und MV eine signifikant höhere Erkennungsleistung als die Vergleichsstichprobe der Studierenden. Hypothese 2 konnte somit nicht bestätigt werden. Die Ergebnisse widersprechen der Annahme, dass sich die Fähigkeit zum Umgang mit bildbasierten Faktoren durch Erfahrung und Training höchstens moderat verbessern lässt (Schwaninger et al., 2005; Hardmeier et al., 2005). Dafür stützen sie die Befunde von Baenninger und Newcombe (1989) und Uttal et al. (2013), die in ihren Metaanalysen zeigen konnten, dass visuell kognitive Fähigkeiten trainierbar sind. Eine Erklärung dafür könnte sein, dass die damals getesteten X-Ray Screener zum Testzeitpunkt noch über wenig Erfahrung und Training verfügten, da diese im Rahmen des Rekrutierungsprozesses getestet wurden. Die höhere Erkennungsleistung der X-Ray Screener im Vergleich mit den Studierenden weist darauf hin, dass der extensive Gebrauch der Fähigkeit zum Umgang mit bildbasierten Faktoren diese weiter ausbauen kann. Die Untersuchung von Biggs et al. (2013) zeigte ein ähnliches Bild. Allerdings basierte ihre Untersuchung auf einer domänenunspezifischen visuellen Suchaufgabe. Da es sich beim ORT um einen domänenspezifischen Test handelt, auch wenn dieser kein domänenspezifisches Fachwissen abfragt, sollte das Ergebnis höchstens als Hinweis dafür angesehen werden, dass Erfahrung und Training möglicherweise entgegen der bisherigen Annahmen (Schwaninger et al., 2005; Hardmeier et al., 2005) zu einer Verbesserung der domänenspezifischen Fähigkeit zum Umgang mit bildbasierten Faktoren führen können. Die in früheren Untersuchungen gefundenen grossen individuellen Unterschiede in der Fähigkeit zum Umgang mit bildbasierten Faktoren bei Novizen und X-Ray Screamern konnten auch in der vorliegenden Arbeit repliziert werden (Schwaninger et al., 2005; Hardmeier et al., 2005).

Nachfolgend werden die Ergebnisse zu folgender Hypothese zusammengefasst und diskutiert:

H3: X-Ray Screener erreichen eine signifikant höhere Erkennungsleistung d' im CAT als Studierende.

Beide Stichproben absolvierten den Röntgenbildbeurteilungstests CAT unter den Bedingungen SV und MV. Die Datenanalyse erfolgte mittels mixed ANOVA, mit der Variable Erfahrung (Studierende vs. X-Ray Screener) als between-subjects Faktor und der Variable Technik (Single-View vs. Multi-View) als within-subjects Faktor. Die abhängige Variable bildete die Erkennungsleistung d' CAT. Die X-Ray Screener erreichten unter den Bedingungen SV und MV eine signifikant höhere Erkennungsleistung als die Vergleichsstichprobe der Studierenden. Hypothese 3 konnte somit bestätigt werden. Vor dem Hintergrund, dass der CAT insbesondere die Kompetenz, also domänenspezifisches Fachwissen, misst, das sich insbesondere durch Erfahrung und Training erklären lässt (Halbherr et al., 2013; Koller & Schwaninger, 2006) und über das nur die Stichprobe der X-Ray Screener verfügte, war dieses Ergebnis zu erwarten. Der Befund stützt die Erkenntnisse aus einer früheren Studie von Schwaninger et al. (2005), die im CAT grosse Unterschiede in der Erkennungsleistung zwischen Novizen und X-Ray Screamern finden konnten und bestätigt die Annahme, dass der CAT in erster Linie wissensbasierte Faktoren misst. Dies zeigt sich auch in der Tatsache, dass der Haupteffekt der Erfahrung in der vorliegenden Untersuchung im CAT viel höher als im ORT ausfiel.

Nachfolgend werden die Ergebnisse zu folgender Hypothese zusammengefasst und diskutiert:

H4: Die Erkennungsleistung d' im ORT ist unter der Bedingung Multi-View signifikant höher als unter der Bedingung Single-View.

Es zeigte sich ein Haupteffekt der Technik auf die Erkennungsleistung im Röntgenbildbeurteilungstest ORT. Beide Stichproben erreichen im ORT unter der Bedingung MV eine signifikant höhere Erkennungsleistung als unter der Bedingung SV. Hypothese 4 konnte somit bestätigt werden. Dieses Ergebnis war zu erwarten. Schwaninger (2003) und von Bastian et al. (2008) fanden bereits Hinweise darauf, dass die Erkennungsleistung durch den Einsatz von Multi-View Systemen verbessert werden kann. Die im zweiten Bild zusätzliche enthaltenen Informationen scheinen Effekte bildbasierter Faktoren bei Novizen und X-Ray Screamern reduzieren zu können, wodurch die Erkennungsleistung in der Röntgenbildbeurteilung begünstigt wird. Dies lässt sich vermutlich dadurch erklären, dass eine schwierige Ansicht bei Einsatz von

Multi-View Systemen meistens mit einer zweiten einfacheren Ansicht einhergeht und dies eine kognitive Entlastung darstellen kann (von Bastian et al., 2008).

Nachfolgend werden die Ergebnisse zu folgender Hypothese zusammengefasst und diskutiert:

H5: Die Erkennungsleistung d' im CAT ist unter der Bedingung Multi-View signifikant höher als unter der Bedingung Single-View.

Auch im CAT zeigt sich ein Haupteffekt der Technik auf die Erkennungsleistung. Beide Stichproben erreichen im CAT unter der Bedingung MV eine signifikant höhere Erkenntnisleistung als unter der Bedingung SV. Hypothese 5 konnte somit bestätigt werden. Dieses Ergebnis war aufgrund von Erkenntnissen aus früheren Studien ebenfalls zu erwarten (Schwaninger, 2003; von Bastian et al., 2008). Der Effekt ist viel kleiner als im ORT, aber trotzdem signifikant, was vermutlich auf die relativ grosse Stichprobengrösse zurückzuführen ist. Der statistisch signifikante (wenn auch kleine) Effekt der Technik stützt die Annahme, dass Multi-View Systeme insbesondere Effekte bildbasierte Faktoren reduzieren können. Der CAT scheint allerdings wie angenommen hauptsächlich wissensbasierte Faktoren zu messen (Koller & Schwaninger, 2006). Hat eine Person zu wenig domänenspezifisches Fachwissen, ist vermutlich auch eine zweite Ansicht des Gepäckstückes wenig hilfreich, da die Person trotzdem kein Wissen darüber hat, welche Gegenstände verboten sind und wie diese in einem Röntgenbild aussehen (Schwaninger, 2005a; Schwaninger, 2016). Daraus lässt sich ableiten, dass Training (z. B. CBT; siehe dazu z. B. Halbherr et al., 2013) wahrscheinlich auch unter Multi-View Bedingungen eine wichtige Rolle einnimmt.

5.1.2 Fragestellung 2: Zusammenhang zwischen visuell kognitiven Fähigkeiten und der Erkennungsleistung

Nachfolgend wird auf den Zusammenhang zwischen visuell kognitiven Fähigkeiten und der Erkennungsleistung in den Röntgenbildbeurteilungstests ORT und CAT unter den Bedingungen SV und MV eingegangen. Die Ergebnisse werden für die beiden Stichproben separat diskutiert. Anschliessend wird erläutert, inwiefern die Zusammenhänge durch das Alter moderiert werden.

5.1.2.1 Fragestellung 2.1: Studierende.

In einem ersten Schritt wurden die Ergebnisse der visuell kognitiven Fähigkeitstests sowie der Röntgenbildbeurteilungstests miteinander korreliert. Die Korrelationsmatrix zeigt, dass die

Mehrzahl der Tests signifikant miteinander korrelieren. Dies weist erstens darauf hin, dass die Prädiktoren konfundiert sind. Zweitens kann es als Hinweis auf einen übergeordneten g-Faktor nach Carroll (1993) verstanden werden, wie dieser auch in der aktuellsten Version des CHC-Modells nach Schneider und McGrew (2012) postuliert wird. Ein weiterer Hinweis, der diese Annahme stützt, findet sich darin, dass sämtliche visuell kognitiven Fähigkeitstests mit dem visuell kognitiven Fähigkeitstest SPM korrelieren, der die Fähigkeit zum logischen Schlussfolgern und somit den latenten g-Faktor misst (Raven et al., 1998). Weiter korrelieren die meisten visuell kognitiven Fähigkeitstests mit der Erkennungsleistung ORT unter den Bedingungen SV und MV, was wiederum dafür spricht, dass der ORT tatsächlich insbesondere die Fähigkeit zum Umgang mit bildbasierten Faktoren misst (Hardmeier et al., 2005; Schwaninger et al., 2005). Hingegen korrelieren nur einzelne visuell kognitive Fähigkeitstests mit der Erkennungsleistung im CAT SV und MV. Dies stützt die Annahme, dass der CAT insbesondere wissensbasierte Faktoren misst, die sich stärker durch Erfahrung und Training als durch visuell kognitive Fähigkeiten erklären lassen (Halbherr et al., 2013; Koller & Schwaninger, 2006). Dies war anzunehmen, da nicht davon auszugehen war, dass fehlendes Wissen durch hohe visuell kognitive Fähigkeiten kompensiert werden kann. Es fällt aber auf, dass die Erkennungsleistung im CAT unter der Bedingung MV mit vergleichsweise mehr visuell kognitiven Fähigkeitstests korreliert als die Erkennungsleistung im CAT SV. Vor dem Hintergrund, dass intelligentere Personen Ressourcen meist besser zu nutzen wissen (Stern et al., 2016), könnte ein möglicher Erklärungsansatz sein, dass hohe visuell kognitive Fähigkeiten dabei helfen können, dass die in der zweiten Ansicht enthaltenen zusätzlichen Informationen gewinnbringend genutzt werden und somit fehlendes Wissen zumindest teilweise kompensiert werden kann.

ORTSV: Um zu analysieren, welche visuell kognitiven Fähigkeitstests die Erkennungsleistung im Röntgenbildbeurteilungstest ORT unter der Bedingung SV voraussagen können, wurden multiple Regressionsanalysen gerechnet. Die Erkennungsleistung im ORT SV lässt sich durch die visuell kognitiven Fähigkeitstests zu 26 % erklären. Den besten Erklärungsbeitrag liefert der Prädiktor WSI-MR. Alle weiteren Prädiktoren können nicht signifikant zur Varianzaufklärung der abhängigen Variable beitragen. Aufgrund früherer Studien war zu erwarten, dass es einen positiven Zusammenhang zwischen den visuell kognitiven Fähigkeitstests und der Erkennungsleistung im ORT SV gibt (Hardmeier et al., 2005). Der visuell kognitive Fähigkeitstest WSI-MR misst die Fähigkeit zur mentalen Rotation (Päßler, 2011). Die Fähigkeit zur mentalen Rotation lässt sich dem bildbasierten Faktor Viewpoint zuordnen. Sie ist eine der wichtigsten visuell kognitiven Fähigkeiten in der Röntgenbildbeurteilung unter Single-View Bedingungen, da verbotene Gegenstände unter Single-View Bedingungen oftmals aus

einer unüblichen Perspektive gezeigt werden (Bolfing & Schwaninger, 2009; Hardmeier et al., 2005). Zudem wird der primäre Intelligenzfaktor Visualisierung, in dem die Fähigkeit zur mentalen Rotation abgebildet ist, in der aktuellsten Version des CHC-Modells nach Schneider und McGrew (2012) als Kernfähigkeit des sekundären Faktors visuell kognitive Fähigkeiten angesehen. Dementsprechend ist es nicht überraschend, dass der visuell kognitive Fähigkeitstest WSI-MR am stärksten zur Varianzaufklärung der Erkennungsleistung im ORT SV beiträgt. Wie vorgängig dargestellt, korrelieren die Prädiktoren aber sehr stark, weshalb davon auszugehen ist, dass die Prädiktoren stark konfundiert sind. Dies könnte dazu geführt haben, dass sich die Prädiktoren gegenseitig an Erklärungswert wegnehmen und viele der Prädiktoren deswegen keinen zusätzlichen Beitrag zur Vorhersage der Erkennungsleistung leisten konnten. Diese Tatsache kann darüber hinaus wieder als Hinweis auf einen g-Faktor angesehen werden (Carroll, 1993; Schneider & McGrew, 2012).

ORT MV: Um zu untersuchen, welche visuell kognitiven Fähigkeitstests die Erkennungsleistung im Röntgenbildbeurteilungstest ORT unter der Bedingung MV voraussagen können, wurden ebenfalls multiple Regressionsanalysen gerechnet. Die Erkennungsleistung kann durch die visuell kognitiven Fähigkeitstests zu 22 % erklärt werden. Jedoch kann keiner der Prädiktoren isoliert betrachtet einen signifikanten Erklärungsbeitrag leisten. Es war mit einem positiven Zusammenhang zwischen den visuell kognitiven Fähigkeitstests und der Erkennungsleistung im ORT MV zu rechnen, da auch der ORT MV insbesondere die Fähigkeit zum Umgang mit bildbasierten Faktoren misst (Hardmeier et al., 2005). Der Zusammenhang zwischen den Prädiktoren und der Erkennungsleistung im ORT MV fällt aber im Vergleich zum ORT SV schwächer aus. Dies könnte sich eventuell dadurch erklären lassen, dass die Röntgenbildbeurteilung unter der Bedingung MV weniger visuell kognitive Fähigkeiten beansprucht als die Röntgenbildbeurteilung unter der Bedingung SV. Ein zweites Bild liefert nämlich zusätzliche Informationen und kann Effekten bildbasierter Faktoren entgegenwirken, wodurch die Erkennungsleistung begünstigt wird (Bolfing & Schwaninger, 2009). Dass keiner der Prädiktoren isoliert betrachtet einen signifikanten Erklärungsbeitrag in Bezug auf die Erkennungsleistung im ORT MV leisten kann, ist wiederum als Hinweis darauf zu verstehen, dass die Prädiktoren stark konfundiert sind, was für einen g-Faktor spricht (Carroll, 1993; Schneider & McGrew, 2012).

CAT SV: Um zu analysieren, welche visuell kognitiven Fähigkeitstests die Erkennungsleistung im Röntgenbildbeurteilungstest CAT unter der Bedingung SV voraussagen können, wurden auch an dieser Stelle multiple Regressionsanalysen gerechnet. Die Ergebnisse der vi-

suell kognitiven Fähigkeitstests weisen keinen signifikanten Zusammenhang mit der Erkennungsleistung im CAT SV auf. Dieses Ergebnis war in der Stichprobe der Studierenden zu erwarten, weil der CAT in erster Linie wissensbasierte Faktoren misst, die sich weniger durch visuell kognitive Fähigkeiten, sondern durch Erfahrung und Training erklären lassen (Halbherr et al., 2013; Koller & Schwaninger, 2006).

CAT MV: Um zu analysieren, welche visuell kognitiven Fähigkeitstests die Erkennungsleistung im Röntgenbildbeurteilungstest CAT unter der Bedingung MV voraussagen können, wurden wiederum multiple Regressionsanalysen gerechnet. Die Erkennungsleistung im CAT MV weist einen Zusammenhang mit dem Ergebnis der visuell kognitiven Fähigkeitstests auf. Die Erkennungsleistung kann durch die visuell kognitiven Fähigkeitstests zu 16 % erklärt werden. Die grössten Erklärungsbeiträge liefern die Prädiktoren LPS 7 und LPS 8. Alle weiteren Prädiktoren können nicht signifikant zur Varianzaufklärung der Erkennungsleistung CAT MV beitragen. Dieses Ergebnis erstaunt. Der CAT misst hauptsächlich wissensbasierte Faktoren, die sich insbesondere durch Erfahrung und Training erklären lassen (Halbherr et al., 2013; Koller & Schwaninger, 2006). Die Studierenden verfügten weder über das nötige domänenspezifische Fachwissen noch über Erfahrung in der Röntgenbildbeurteilung. Fehlendes Wissen scheint also zumindest teilweise durch hohe visuell kognitive Fähigkeiten kompensiert werden zu können, wenn eine zweite Ansicht des Gepäckstücks zur Verfügung steht. Vermutlich lässt sich der Befund dadurch erklären, dass Personen mit hohen visuell kognitiven Fähigkeiten im Vergleich mit weniger intelligenten Personen die zusätzlichen Informationen effizienter zu nutzen wissen (Stern et al., 2016). Der visuell kognitive Fähigkeitstest LPS 7 (früher LPS 9) konnte bereits in der Studie von Hardmeier und Schwaninger (2008) die Erkennungsleistung in der Röntgenbildbeurteilung besonders gut vorhersagen. In ihrer Studie wurden allerdings X-Ray Screener unter einer Single View Bedingung getestet. Der visuell kognitive Fähigkeitstest LPS 7 misst die Fähigkeit zur Visualisierung (Kreuzpointner et al., 2013), was die Kernfähigkeit des sekundären Intelligenzfaktors visuell kognitive Fähigkeiten darstellt (Schneider & McGrew, 2012). Es erscheint als nachvollziehbar, dass die Fähigkeit zur Visualisierung auch in der Röntgenbildbeurteilung einen wichtigen Stellenwert einnimmt. Der visuell kognitive Fähigkeitstest LPS 8 (früher LPS 10) konnte ebenfalls bereits in der Studie von Hardmeier und Schwaninger (2008) die Erkennungsleistung in der Röntgenbildbeurteilung besonders gut vorhersagen. Der LPS 8 misst die Fähigkeit zur Figur-Grund Wahrnehmung (Kreuzpointner et al., 2013), die dem bildbasierten Faktor Superposition zugeordnet werden kann (Bolfing & Schwaninger, 2009; Hardmeier & Schwaninger, 2008). Dieser Befund über-

rascht, da von von Bastian et al. (2008) in ihrer Studie zeigen konnten, dass Multi-View Systeme insbesondere eine Unterstützung bieten, um Herausforderungen der Superposition zu bewältigen. Es ist erstaunlich, dass sich gerade die dem bildbasierten Faktor Superposition zuzuordnende Fähigkeit als ein besonders guter Prädiktor zur Vorhersage der Erkennungsleistung unter einer Multi-View Bedingung herausstellte.

5.1.2.2 *Fragestellung 2.1: X-Ray Screener.*

Wie auch in der Stichprobe der Studierenden wurden die Ergebnisse der visuell kognitiven Fähigkeitstests sowie der Röntgenbildbeurteilungstests zuerst miteinander korreliert. Die Korrelationsmatrix zeigt, dass fast alle visuell kognitiven Fähigkeitstests signifikant miteinander korrelieren. Dies weist wiederum darauf hin, dass die Prädiktoren stark konfundiert sind, was wiederholt als Anzeichen auf einen übergeordneten g-Faktor zu verstehen ist (Carroll, 1993; Schneider & McGrew, 2012). Weiter korrelieren ca. die Hälfte der visuell kognitiven Fähigkeitstests mit der Erkennungsleistung im ORT unter der Bedingung SV und die Mehrzahl der visuell kognitiven Fähigkeitstests mit der Erkennungsleistung im ORT unter der Bedingung MV. Dieses Ergebnis stützt wie bereits in der Stichprobe der Studierenden die Annahme, dass der ORT insbesondere die Fähigkeit zum Umgang mit bildbasierten Faktoren misst (Hardmeier et al., 2005; Schwaninger et al., 2005). Betrachtet man die Korrelationen zwischen den visuell kognitiven Fähigkeitstests und der Erkennungsleistung CAT unter der Bedingung SV und unter der Bedingung MV, zeigt sich, dass einzelne visuell kognitive Fähigkeitstests in der Stichprobe der X-Ray Screener positiv mit der Erkennungsleistung CAT unter den Bedingungen SV und MV zusammenhängen. Da die Korrelationen aber gering ausfallen, scheint sich auch hier die Annahme zu bestätigen, dass der CAT in erster Linie wissensbasierte Faktoren misst, die nicht in einem starken Zusammenhang mit visuell kognitiven Fähigkeiten stehen (Halbherr et al., 2013; Koller & Schwaninger, 2006).

ORT SV: Um zu analysieren, inwiefern welche visuell kognitiven Fähigkeitstests die Erkennungsleistung im Röntgenbildbeurteilungstest ORT unter der Bedingung SV voraussagen können, wurden multiple Regressionsanalysen gerechnet. Die Erkennungsleistung kann durch die visuell kognitiven Fähigkeitstests zu 18 % erklärt werden. Den besten Erklärungsbeitrag liefern die Prädiktoren LPS 7 und TVPS-FG. Alle weiteren Prädiktoren können nicht signifikant zur Varianzaufklärung der Erkennungsleistung ORT SV beitragen. Es war zu erwarten, dass es einen positiven Zusammenhang zwischen den visuell kognitiven Fähigkeitstests und der Erkennungsleistung ORT SV gibt, da der ORT, wie bereits vielfach erwähnt, die Fähigkeit zum Umgang mit bildbasierten Faktoren misst (Hardmeier et al., 2005; Schwaninger

et al., 2005). Es fällt allerdings auf, dass der Erklärungsbeitrag des Gesamtmodells mit 8 % relativ tief ist und deutlich unter dem Erklärungsbeitrag von 26 % des Modells in der Stichprobe der Studierenden liegt. Visuell kognitive Fähigkeiten scheinen also in der Stichprobe der X-Ray Screener im ORT SV für eine gute Erkennungsleistung weniger relevant zu sein als in der Stichprobe der Studierenden. Da der ORT für die Stichprobe der X-Ray Screener ein eher einfacher Test darstellte, könnte es sein, dass andere Variablen wie zum Beispiel die Motivation oder Tagesform einer Person die Erkennungsleistung im ORT SV beeinflusst haben. Der Prädiktor LPS 7, der die Fähigkeit zur Visualisierung misst (Kreuzpointner et al., 2013), trägt am meisten zur Varianzaufklärung der Erkennungsleistung im ORT SV bei. Der visuell kognitive Fähigkeitstest LPS 7 konnte bereits die Erkennungsleistung im CAT MV der Studierenden (vgl. *Kapitel 5.1.2.1*) besonders gut vorhersagen und war auch in der Studie von Hardmeier und Schwaninger (2008) ein guter Prädiktor bei X-Ray Screamern. Dieser Befund bestätigt die vorher aufgestellte Annahme, dass Visualisierung nicht nur die Kernfähigkeit der visuell kognitiven Fähigkeiten ist (Schneider & McGrew, 2012), sondern auch eine Kernfähigkeit in der Röntgenbildbeurteilung darstellt. Der Prädiktor TVPS-FG misst die Fähigkeit zur Figur Grund Wahrnehmung (Martin, 2006). Vor dem Hintergrund, dass die Figur-Grund Wahrnehmung eine wichtige Fähigkeit darstellt, um den bildbasierten Faktor Superposition zu bewältigen (Hardmeier et al., 2005; Schwaninger et al., 2005), ist dieses Ergebnis insbesondere unter Single-View Bedingungen nachvollziehbar. In der Stichprobe der Studierenden konnte der LPS 8 die Erkennungsleistung im CAT MV besonders gut vorhersagen, der ebenfalls die Fähigkeit zur Figur-Grund Wahrnehmung misst und auch in der Studie von Hardmeier und Schwaninger (2008) einen guten Prädiktor für die Erkennungsleistung war. Der positive Zusammenhang zwischen der Fähigkeit zur Figur-Grund Wahrnehmung und der Erkennungsleistung in der Röntgenbildbeurteilung scheint sich also zu bestätigen, unabhängig davon, mit welchem Test die Fähigkeit zur Figur-Grund Wahrnehmung gemessen wird.

ORT MV: Um zu analysieren, welche visuell kognitiven Fähigkeitstests die Erkennungsleistung im Röntgenbildbeurteilungstest ORT unter der Bedingung MV voraussagen können, wurden multiple Regressionsanalysen gerechnet. Die Erkennungsleistung der X-Ray Screener im ORT unter der Bedingung MV weist keinen Zusammenhang mit dem Ergebnis der visuell kognitiven Fähigkeitstests auf. Betrachtet man dieses Ergebnis in Zusammenhang mit den bereits dargestellten Befunden, stützt es die Annahme, dass für die Röntgenbildbeurteilung im ORT unter der Bedingung MV visuell kognitive Fähigkeiten weniger relevant sind als unter der Bedingung SV. Vermutlich lässt sich dies wie bereits erwähnt dadurch erklären, dass ein zweites Bild zusätzliche Informationen zur Verfügung stellt (Bolfing & Schwaninger,

2009), wodurch die visuell kognitiven Anforderungen reduziert werden. Zudem bestätigt dieses Ergebnis die zuvor aufgestellte Annahme, dass der Zusammenhang zwischen visuell kognitiven Fähigkeiten und der Erkennungsleistung im ORT bei Novizen (im vorliegenden Fall Studierende) höher ist als bei professionellen X-Ray Screamern (vgl. *Kapitel 5.1.2.1*).

CAT SV: Um herauszufinden, welche visuell kognitiven Fähigkeitstests die Erkennungsleistung im Röntgenbildbeurteilungstest CAT unter der Bedingung SV voraussagen können, wurden multiple Regressionsanalysen gerechnet. Die Erkennungsleistung der X-Ray Screener im CAT unter der Bedingung SV weist keinen Zusammenhang mit dem Ergebnis der visuell kognitiven Fähigkeitstests auf. Dieses Ergebnis war teilweise zu erwarten. Der CAT misst wie aufgeführt in erster Linie wissensbasierte Faktoren, die sich weniger durch visuell kognitive Fähigkeiten, sondern durch Erfahrung und Training erklären lassen, weshalb von einem geringen Zusammenhang auszugehen war (Halbherr et al., 2013; Koller & Schwaninger, 2006). Dass allerdings gar kein Zusammenhang besteht, war in der Stichprobe der X-Ray Screener aufgrund der Studie von Hardmeier und Schwaninger (2008), die bei X-Ray Screamern einen Zusammenhang zwischen den visuell kognitiven Fähigkeiten und der Erkennungsleistung in der Röntgenbildbeurteilung nachweisen konnten, nicht anzunehmen.

CAT MV: Um zu analysieren, welche visuell kognitiven Fähigkeitstests die Erkennungsleistung im Röntgenbildbeurteilungstest CAT unter der Bedingung MV voraussagen können, wurden multiple Regressionsanalysen gerechnet. Die Erkennungsleistung der X-Ray Screener im CAT unter der Bedingung MV weist keinen Zusammenhang mit dem Ergebnis der visuell kognitiven Fähigkeitstests auf. Auch dieses Ergebnis war mit der gleichen Begründung wie im Röntgenbildbeurteilungstest CAT SV teilweise zu erwarten. Eine zusätzliche mögliche Begründung für die MV Bedingung könnte, wie auch bereits erwähnt, sein, dass durch Multi-View die visuell kognitiven Fähigkeiten entlastet werden (Bolfing & Schwaninger, 2009).

5.1.2.3 Fragestellung 2.2: Alter als Moderator.

Anhand von Moderatoranalysen wurde für beide Stichproben untersucht, ob die Zusammenhänge zwischen visuell kognitiven Fähigkeiten und der Erkennungsleistung im Röntgenbildbeurteilungstest ORT sowie CAT durch die Variable Alter moderiert werden.

Studierende: Die Variable Alter moderiert in der Stichprobe der Studierenden keinen der Zusammenhänge. Es konnte vielfach bestätigt werden, dass jüngere Personen im Vergleich zu älteren durchschnittlich über höhere visuell kognitive Fähigkeiten verfügen (Schapkin, 2012; Techentin et al., 2014) und die Variabilität in Bezug auf kognitive Fähigkeiten mit dem

Alter zunimmt (Schaie & Willis, 2010). Es könnte also sein, dass der Zusammenhang nicht durch das Alter moderiert wird, weil es sich bei der Stichprobe der Studierenden in Bezug auf das Alter um eine Stichprobe mit eingeschränkter Varianz handelte, weil die Studierenden vergleichsweise eine junge Stichprobe sind.

X-Ray Screener: Die Variable Alter moderiert in der Stichprobe der X-Ray Screener den Zusammenhang zwischen den visuell kognitiven Fähigkeiten und der Erkennungsleistung ORT nicht. Eine mögliche Erklärung könnte auch an dieser Stelle sein, dass der ORT für die X-Ray Screener ein vergleichsweise einfacher Test war und die Erkennungsleistung dadurch weniger durch die tatsächliche Fähigkeit, sondern möglicherweise durch andere Variablen wie zum Beispiel der Motivation oder Tagesform einer Person beeinflusst wurde. Hingegen zeigt sich eine signifikante Interaktion zwischen den visuell kognitiven Fähigkeiten und dem Alter in Bezug auf die Erkennungsleistung im Röntgenbildbeurteilungstest CAT. Der Zusammenhang zwischen den visuell kognitiven Fähigkeiten und der Erkennungsleistung CAT wird ab einem Alter von ca. 44 Jahren signifikant und steigt mit zunehmendem Alter. Es ist bekannt, dass die Variabilität visuell kognitiver Fähigkeiten mit dem Alter zunimmt (Schaie & Willis, 2010) und die Intelligenz, auf die auch viele der Faktoren der visuell kognitiven Fähigkeiten laden (Mohler, 2008), insbesondere im Alter zu einer wichtigen Kompensationsressource wird (Schapkin, 2012). Vor diesem Hintergrund sind Personen mit hohen visuell kognitiven Fähigkeiten vermutlich besser in der Lage, eine altersbedingte Abnahme durch die Wahl geeigneter Handlungsstrategien (De Jong, 2001) oder auf neuronaler Ebene (Schapkin, 2012) auszugleichen. Zudem kann es in Anbetracht der Ausführungen von Stern et al. (2016) sein, dass Personen mit hohen visuell kognitiven Fähigkeiten Lerngelegenheiten in der Vergangenheit effizienter zu nutzen vermochten und dadurch ihren Vorsprung noch weiter ausgebaut haben. Im CAT stand zudem im Vergleich zum ORT mehr Zeit für die Beurteilung des Röntgenbildes zur Verfügung. Ältere Personen profitieren, wenn sie Zeit haben, um ihre Reaktion vorzubereiten (Kramer et al., 1999; Kray, 2006). Es könnte sein, dass ältere Personen mit hohen visuell kognitiven Fähigkeiten davon profitiert haben, dass im CAT im Vergleich zum ORT mehr Zeit für die Röntgenbildbeurteilung zur Verfügung stand, wodurch sie möglicherweise mehr Zeit hatten, eine geeignete Kompensationsressource zu aktivieren.

5.2 Limitationen

In diesem Kapitel werden die Limitationen dieser Arbeit diskutiert.

Da diese Arbeit auf ein grösseres Projekt aufbaute (3DMV-Studie) und ein Teil der Daten bereits im Rahmen dieses Ausgangsprojektes erhoben wurde, unterlag die Methodenwahl in

Anbetracht der Vergleichbarkeit der Daten Einschränkungen. Beispielsweise gab es in Bezug zu den eingesetzten Erhebungsinstrumenten und dem Ablauf der Untersuchung keinen Gestaltungsspielraum. Die visuell kognitive Testbatterie wie auch die Röntgenbildbeurteilungstests wurden unverändert übernommen, obwohl einige der eingesetzten visuell kognitiven Fähigkeitstests sowie der CAT in Bezug auf die interne Konsistenz den kritischen Cronbach's α -Wert von .70 (Schecker, 2014) unterschritten. Bei den visuell kognitiven Fähigkeitstests wurden Cronbach's α -Werte unter .70 in Subtests des SPM, WSI und TVPS gefunden. Die tiefen Werte in den Subtests des WSI könnten auf die geringe Anzahl an Items zurückzuführen sein (Schmidt-Atzert & Amelang, 2012). Der visuell kognitive Fähigkeitstest SPM sowie die Subtests aus dem TVPS sind Niveautests mit einer Speed-Komponente. Bei reinen Speed-Tests empfiehlt es sich nicht, Cronbach's α zu rechnen, da der Wert dadurch verfälscht werden kann. Es wäre allerdings eher mit einer Verzerrung in die andere Richtung, also mit einem höheren Cronbach's α -Wert zu rechnen (Schmidt-Atzert & Amelang, 2012). Auch im CAT lagen alle Cronbach's α -Werte unter dem kritischen Wert. Dies lässt sich vermutlich dadurch erklären, dass der CAT domänenspezifisches Fachwissen misst, das ein sehr heterogenes Konstrukt darstellt (Schmidt-Atzert & Amelang, 2012). Die visuell kognitiven Fähigkeitstests wurden so gewählt, dass diese sich semantisch unterschieden und verschiedene Intelligenzfaktoren mäs- sen, von denen angenommen werden konnte, dass sie in einem Zusammenhang mit der Röntgenbildbeurteilung stehen. Es bestand die Hoffnung, dass sich die visuell kognitiven Fähigkeitstests faktorenanalytisch in mit der Theorie übereinstimmende Faktoren zusammenfassen lassen, die in den Regressionanalysen als Prädiktoren hätten fungieren können. Es konnten allerdings keine geeigneten Faktoren gebildet werden, weshalb die einzelnen visuell kognitiven Tests als Prädiktoren in das Modell miteinbezogen wurden. Die visuell kognitiven Fähigkeitstests korrelieren allerdings stark miteinander, was dafür spricht, dass die Prädiktoren stark konfundiert sind. Wäre die Vergleichbarkeit der Daten aus beiden Stichproben nicht eine essentielle Grundlage für die geplanten statistischen Auswertungen gewesen, wären auch Anpassungen an der VCTB oder der Einsatz anderer Erhebungsinstrumente und Vorgehen denkbar gewesen.

Bei den Röntgenbildbeurteilungstests wäre es sinnvoll gewesen, die Inspektionszeit miteinzubeziehen, da dies weitere spannende Ergebnisse hätte liefern können. Die Serververbindung in Olten war dafür aber zu anfällig und es bestand die Gefahr, dass Effekte in Bezug auf die Inspektionszeit nur aufgrund einer im Vergleich zur ersten Erhebung schlechteren Verbindung zustande gekommen wären, weshalb auf einen Einbezug verzichtet wurde.

Weiter ist anzumerken, dass aufgrund verbaler Rückmeldungen davon ausgegangen werden kann, dass der Röntgenbildbeurteilungstest ORT für die Stichprobe der X-Ray Screener tendenziell zu einfach, wohingegen der Röntgenbildbeurteilungstest CAT für die Stichprobe der Studierenden tendenziell zu schwierig war. Inwiefern diese Tatsache beispielsweise die Motivation der Versuchspersonen beeinflusst hat, bleibt an dieser Stelle fraglich.

Viele der Tests waren zeitlich unlimitiert und im Hinblick auf die Dauer der Pausen wurden nur grobe Richtangaben gemacht. Dies führte dazu, dass die Gesamttestdauer zwischen den Personen stark variierte. Da meistens mehrere Personen gleichzeitig getestet wurden, kann es sein, dass die Bearbeitungsdauer der anwesenden Personen das Zeitdruckempfinden beeinflusst hat. Waren viele schnelle Personen in einer Gruppe, haben die langsameren Personen möglicherweise den Zeitdruck als grösser empfunden. Auch andere Gruppenphänomene sind nicht auszuschliessen.

Zudem konnte der Zeitpunkt der Testung nicht immer konstant gehalten werden. Es wurde zwar versucht, zirkadiane Leistungsschwankungen durch ähnlich viele Testungen am Morgen wie am Nachmittag auszugleichen. Die Leistungsfähigkeit kann allerdings auch durch andere Faktoren, wie beispielsweise dem vorhergehenden Tagesablauf, beeinflusst worden sein. Etwa gab es Studierende, die zu einer Nachmittagstestung kamen, nachdem sie am Morgen Semesterprüfungen hatten. Darüber hinaus können sicherlich auch Schlafdauer und -Qualität als Einflussfaktoren angesehen werden.

Weiter ist anzumerken, dass sich die beiden Stichproben hinsichtlich des Alters signifikant voneinander unterschieden, weshalb die Variable Alter nicht als Kovariate in die Analysen miteinbezogen werden konnten. Es bleibt also fraglich, inwiefern die Überlegenheit der Studierenden in der Mehrzahl der visuell kognitiven Tests auf die Tatsache, dass es sich um Studierende handelte, zurückzuführen ist oder sich durch das junge Alter erklären lässt. Da Studierende naturgemäss jung sind und es in der vorliegenden Arbeit insbesondere um die Frage der Übertragbarkeit von an Psychologiestudierenden gewonnenen Ergebnissen auf Fragestellungen des X-Ray Screenings ging, war die Frage nach der Ursache der Überlegenheit der Studierenden in den meisten visuell kognitiven Fähigkeitstests zweitrangig und nicht Teil dieser Untersuchung. Damit die Variable Alter in die Analysen hätte miteinbezogen werden können, wären altersabgestimmte Stichproben notwendig gewesen. Da Studierende aber in der Regel eine junge Stichprobe darstellen, wäre es de facto auch sehr schwierig, eine geeignete Stichprobe in vergleichbarer Grösse zu rekrutieren.

Die zur Datenauswertung eingesetzten quantitativen Verfahren waren zielführend. Nichtsdestotrotz wäre es denkbar gewesen, andere quantitative Verfahren einzusetzen. Beispielsweise hätten anstelle der mixed ANOVAs mit Messwiederholung Multilevel-Analysen gerechnet werden können.

5.3 Implikationen

Aus den dargestellten Ergebnissen ergeben sich Implikationen für die Forschung und die Praxis. Auf diese wird nachfolgend kurz eingegangen.

An Studierenden gewonnene Ergebnisse sind nicht bedenkenlos auf X-Ray Screener übertragbar! Es konnten signifikante Unterschiede in fast allen visuell kognitiven Fähigkeitstests sowie in beiden Röntgenbildbeurteilungstests gefunden werden. Daraus ergibt sich, dass sich an Studierenden gewonnene Ergebnisse nicht bedenkenlos auf X-Ray Screener übertragen lassen. Forschungsfragen im X-Ray Screening Bereich sollten, wenn möglich, nicht mit Psychologiestudierenden als Versuchspersonen untersucht werden sondern mit X-Ray Screenern.

VCTB als Instrument zur Abklärung der Eignung für die X-Ray Screenertätigkeit! Die Ergebnisse weisen darauf hin, dass sich die Fähigkeit zur Röntgenbildbeurteilung bei Novizen durch die ausgewählten domänenunspezifischen visuell kognitiven Fähigkeitstests, die etablierten Intelligenztests entnommen wurden, nur teilweise eruieren lässt. Die VCTB sollte dementsprechend weiterentwickelt werden, bevor sie als Instrument zur Analyse der Eignung als X-Ray Screener eingesetzt wird. Die eingesetzten visuell kognitiven Fähigkeitstests korrelieren stark miteinander und nur wenige Prädiktoren konnten einen signifikanten Erklärungsbeitrag in Bezug auf die Erkennungsleistung leisten. Dies spricht dafür, dass die Prädiktoren stark konfundiert sind und die VCTB in ihrem Umfang reduzierbar ist, ohne dass dabei Aufklärungsvarianz verloren geht. Da durch eine Reduktion der Tests die Durchführungsökonomie der VCTB noch verbessert werden könnte, ist dieser Befund insbesondere für die Personalselektion interessant. Erste Hinweise darauf, wie sich die VCTB reduzieren lässt, liefern die vorliegende Arbeit sowie die Studie von Hardmeier und Schwaninger (2008).

Visuell kognitive Fähigkeiten sind erfolgskritisch bei älteren Screenern! In der Stichprobe der X-Ray Screener konnte gezeigt werden, dass der Zusammenhang zwischen visuell kognitiven Fähigkeiten und der Erkennungsleistung im CAT MV ab einem Alter von ca. 44 Jahren signifikant wird und mit steigendem Alter kontinuierlich zunimmt. Dies unterstreicht die Relevanz visuell kognitiver Fähigkeiten für die X-Ray Screenertätigkeit ab einem gewissen Alter. Visuell kognitive Fähigkeiten scheinen zwar in jungen Jahren oder bei einfachen Aufgaben noch nicht so erfolgskritisch zu sein. Sollen X-Ray Screener auch in höherem Alter und

bei schwierigeren Aufgaben noch gute Leistungen erzielen können, scheinen hohe visuell kognitive Fähigkeiten eine wichtige Voraussetzung zu sein.

Superiorität von Multi-View Systemen! Multi-View Systeme führten in der Röntgenbildbeurteilung in beiden Stichproben zu einer höheren Erkennungsleistung und scheinen die kognitiven Anforderungen durch das Zurverfügungstellen von zusätzlichen Informationen tendenziell zu reduzieren. Zudem können Multi-View Systeme eventuell sogar dabei helfen, fehlendes Wissen (z. B. über das Aussehen verbotener Gegenstände bei ungewöhnlichen Ansichten) zu kompensieren. Für die Praxis impliziert dies, dass durch den Einsatz von Multi-View Systemen die kognitiven Ressourcen der X-Ray Screener entlastet und die Erkennungsleistung bei gleichzeitigem Einsatz von CBT begünstigt werden kann.

5.4 Fazit und Ausblick

Die vorliegende Untersuchung konnte zeigen, dass sich Studierende und X-Ray Screener in ihren visuell kognitiven Fähigkeiten sowie in ihrer Erkennungsleistung in der Röntgenbildbeurteilung signifikant voneinander unterscheiden und somit an Studierenden gewonnene Ergebnisse nicht bedenkenlos auf X-Ray Screener übertragen werden können. Überraschend war, dass X-Ray Screener Effekten der bildbasierten Faktoren entgegen der Annahmen nicht in gleichem Masse unterliegen, wie dies Novizen tun. Sie sind folglich nicht nur Experten in Bezug auf wissensbasierte Faktoren in der Röntgenbildbeurteilung, sondern sind im Vergleich mit Novizen auch besser in der Lage, mit bildbasierten Faktoren umzugehen (relative Perspektive der X-Ray Screener Expertise). Es stellt sich die Frage, inwiefern die Fähigkeit zum Umgang mit bildbasierten Faktoren doch trainierbar ist. In der Stichprobe der Studierenden konnte die visuell kognitive Testbatterie die Fähigkeit zur Röntgenbildbeurteilung teilweise vorhersagen. Novizen, die eine hohe Erkennungsleistung in der Röntgenbildbeurteilung erreichen, verfügen demnach über tendenziell höhere visuell kognitive Fähigkeiten (absolute Perspektive der X-Ray Screener Expertise). Die VCTB scheint aber noch reduzier- und optimierbar, was Gegenstand zukünftiger Forschung sein sollte. Bei X-Ray Screamern konnte die VCTB die Erkennungsleistung in der Röntgenbildbeurteilung deutlich weniger gut vorhersagen. Zukünftig sollte untersucht werden, durch welche alternativen Faktoren die Erkennungsleistung von X-Ray Screamern vorausgesagt werden kann, um zu zeigen, durch welche exzeptionellen Merkmale sich ein X-Ray Screener, der eine besonders hohe Erkennungsleistung in der Röntgenbildbeurteilung erreicht, von weniger erfolgreichen X-Ray Screamern unterscheidet (absolute Perspektive der X-Ray Screener Expertise). Zudem wäre es spannend, den Einfluss des Alters in der Röntgenbildbeurteilung insbesondere mit Fokus auf allfällige Kompensationsressourcen

und wie diese gefördert werden können weiter zu untersuchen. Spannend könnte auch sein, das Geschlecht in zukünftige Forschung miteinzubeziehen. Weiter konnte gezeigt werden, dass Multi-View Systeme zu einer Verbesserung der Erkennungsleistung führen und vermutlich die visuell kognitiven Ressourcen einer Person entlasten. Zukünftig wäre es spannend, Effekte der bildbasierten Faktoren unter MV-Bedingungen weiter zu erforschen. Da der technologische Wandel kontinuierlich fortschreitet, sollten in zukünftige Untersuchungen darüber hinaus auch 3D CT-Röntgenbilder miteinbezogen werden.

6 Literaturverzeichnis

- Anderson, J. R. (2013). *Kognitive Psychologie* (7th ed.). Berlin: Springer Verlag.
- Baenninger, M., & Newcombe, N. (1989). The role of experience in spatial test performance: A meta-analysis. *Sex Roles, 20*(5–6), 327–344. <https://doi.org/10.1007/BF00287729>
- Baltes-Götz, B. (2017). *Mediator- und Moderatoranalyse mit SPSS und PROCESS*. Retrieved from <https://www.uni-trier.de/fileadmin/urt/doku/medmodreg/medmodreg.pdf>
- Biggs, A. T., Cain, M. S., Clark, K., Darling, E. F., & Mitroff, S. R. (2013). Assessing visual search performance differences between Transportation Security Administration Officers and nonprofessional visual searchers. *Visual Cognition, 21*(3), 330–352. <https://doi.org/10.1080/13506285.2013.790329>
- Biggs, A. T., & Mitroff, S. R. (2015). Improving the Efficacy of Security Screening Tasks: A Review of Visual Search Challenges and Ways to Mitigate Their Adverse Effects. *Applied Cognitive Psychology, 29*(1), 142–148. <https://doi.org/10.1002/acp.3083>
- Blalock, G., Kadiyali, V., & Simon, D. H. (2007). The Impact of Post-9/11 Airport Security Measures on the Demand for Air Travel. *The Journal of Law and Economics, 50*(4), 731–755. <https://doi.org/10.1086/519816>
- Bolfing, A., & Schwaninger, A. (2009). Selection and pre-employment assessment in aviation security x-ray screening. *Proceedings of the 43rd IEEE International Carnahan Conference on Security Technology, Zurich Switzerland, October 5-8, 2009*. doi:10.1109/CCST.2009.5335571
- Borella, E., Meneghetti, C., Ronconi, L., & De Beni, R. (2014). Spatial abilities across the adult life span. *Developmental Psychology, 50*(2), 384–392. <https://doi.org/10.1037/a0033818>
- Bortz, J., & Schuster, C. (2010). *Statistik für Human- und Sozialwissenschaftler* (7th ed.). Berlin: Springer Verlag.
- Brown, T., Sutton, E., Burgess, D., Elliott, S., Bourne, R., Wigg, S., ... Lalor, A. (2010). The Reliability of Three Visual Perception Tests Used to Assess Adults. *Perceptual and Motor Skills, 111*(1), 45–59. <https://doi.org/10.2466/03.24.27.PMS.111.4.45-59>
- Buckley, J., Seery, N., & Canty, D. (2018). A Heuristic Framework of Spatial Ability: a Review and Synthesis of Spatial Factor Literature to Support its Translation into STEM Education. *Educational Psychology Review*. <https://doi.org/10.1007/s10648-018-9432-z>
- Bundesen, C. (1990). A theory of visual attention. *Psychological Review, 97*(4), 523–547. <https://doi.org/10.1037/0033-295X.97.4.523>
- Burt, C. (1949). The structure of the mind. *British Journal of Educational Psychology, 19*(3), 176–199
- Busato, V. V., Prins, F. J., Elshout, J. J., & Hamaker, C. (2000). Intellectual ability, learning style, personality, achievement motivation and academic success of psychology students in higher education. *Personality and Individual Differences, 29*(6), 1057–1068. [https://doi.org/10.1016/S0191-8869\(99\)00253-6](https://doi.org/10.1016/S0191-8869(99)00253-6)
- Carroll, J. B. (1993). *Human Cognitive Abilities: A Survey of Factor-Analytic Studies*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Cattell, R. (1943). The measurement of adult intelligence. *Psychological Bulletin, 40*(3), 153–193.
- Cattell, R. (1963). Theory of fluid and crystallized intelligence: A critical experiment. *Journal of Educational Psychology, 54*(1), 1–22
- Chi, M. T. H. (2006). Two Approaches to the Study of Experts' Characteristics. In K. A. Ericsson, N. Charness, P. J. Feltovich, & R. R. Hoffman (Eds.), *The Cambridge Handbook of Expertise and Expert Performance* (pp. 21–30). Cambridge: Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/CBO9780511816796.002>

- Cohen, J. (1988). *Statistical Power Analysis for the Behavioral Sciences* (2nd ed.). Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
- CollegeBoard. (2014). *SAT Total Group Profile Report*. Retrieved from <https://secure-media.collegeboard.org/digitalServices/pdf/sat/TotalGroup-2014.pdf>
- de Barros, A. G., & Tomber, D. D. (2007). Quantitative analysis of passenger and baggage security screening at airports. *Journal of Advanced Transportation*, *41*(2), 171–193. <https://doi.org/10.1002/atr.5670410204>
- De Jong, R. (2001). Adult age differences in goal activation and goal maintenance. *European Journal of Cognitive Psychology*, *13*(1–2), 71–89. <https://doi.org/10.1080/09541440126238>
- Deary, I. J., Egan, V., Gibson, G. J., Austin, E. J., Brand, C. R., & Kellaghan, T. (1996). Intelligence and the differentiation hypothesis. *Intelligence*, *23*(2), 105–132. [https://doi.org/10.1016/S0160-2896\(96\)90008-2](https://doi.org/10.1016/S0160-2896(96)90008-2)
- Deary, I. J., Penke, L., & Johnson, W. (2010). The neuroscience of human intelligence differences. *Nature Reviews Neuroscience*, *11*(3), 201–211. <https://doi.org/10.1038/nrn2793>
- Duncan, J., & Humphreys, G. W. (1989). Visual search and stimulus similarity. *Psychological Review*, *96*(3), 433–458. <https://doi.org/10.1037/0033-295X.96.3.433>
- Eckstein, M. P. (2011). Visual search: A retrospective. *Journal of Vision*, *11*(5), 14–14. <https://doi.org/10.1167/11.5.14>
- Ericson, J. M., Kravitz, D. J., & Mitroff, S. R. (2017). Visual Search: You Are Who You Are (+ A Learning Curve). *Perception*, *46*(12), 1434–1441. <https://doi.org/10.1177/0301006617721091>
- Field, A. P. (2009). *Discovering Statistics Using SPSS* (3rd ed.). London: Sage Publications Ltd.
- Fröhlich, M., & Pieter, A. (2009). Cohen's Effektstärken als Mass der Bewertung von Praktischer Relevanz - Implikationen für die Praxis. *Schweizerische Zeitschrift Fur Sportmedizin Und Sporttraumatologie*, *57*(4), 139–142. Retrieved from https://www.sgsm.ch/fileadmin/user_upload/Zeitschrift/57-2009-4/Cohen_4-09_Froehlich.pdf
- Gardner, H. (1993). *Frames of mind: The theory of multiple intelligences* (10th anniv). New York: Basic Books.
- Graves, I., Butavicius, M., MacLeod, V., Heyer, R., Parsons, K., Kuester, N., ... Johnson, R. (2011). The Role of the Human Operator in Image-Based Airport Security Technologies. In L. C. Jain, E. V. Aidman, & C. Abeynayake (Eds.), *Innovations in Defence Support Systems - 2. Studies in Computational Intelligence* (Vol. 338, pp. 147–181). https://doi.org/10.1007/978-3-642-17764-4_5
- Green, D. M., & Swets, J. A. (1966). *Signal detection theory and psychophysics*. New York: Wiley.
- Guilford, J. P. (1966). Intelligence: 1965 model. *American Psychologist*, *22*(1), 20–26.
- Guilford, J. P. (1967). *The nature of human intelligence*. New York: McGraw-Hill Book Company.
- Halbherr, T., Schwaninger, A., Budgell, G. R., & Wales, A. (2013). Airport Security Screener Competency: A Cross-Sectional and Longitudinal Analysis. *The International Journal of Aviation Psychology*, *23*(2), 113–129. <https://doi.org/10.1080/10508414.2011.582455>
- Hardmeier, D., Hofer, F., & Schwaninger, A. (2005). The x-ray object recognition test (x-ray ort) – a reliable and valid instrument for measuring visual abilities needed in x-ray screening. *IEEE ICCST Proceedings*, *39*, 189–192. doi:10.1109/CCST.2005.1594876
- Hardmeier, D., Hofer, F., & Schwaninger, A. (2006). Increased detection performance in airport security screening using the X-Ray ORT as pre-employment assessment tool. *Proceedings of the 2nd International Conference on Research in Air Transportation, ICRAT 2006, Belgrade, Serbia and Montenegro, June 24-28, 2006*, 393–397. doi:10.5167/uzh-97986
- Hofer, F., Hardmeier, D., & Schwaninger, A. (2006). Increasing airport security using the X-Ray ORT as effective pre-employment assessment tool. *Proceedings of the 4th International Aviation Security Technology Symposium, Washington, D.C., USA, November 27 – December 1, 2006*, 303–308. doi:10.13140/RG.2.1.3658.6487

- Hardmeier, D., & Schwaninger, A. (2008). Visual cognition abilities in x-ray screening. *Proceedings of the 3rd International Conference on Research in Air Transportation, ICRAT 2008, Fairfax, Virginia, USA, June 1-4, 2008*, 311-316. <https://doi.org/10.13140/RG.2.1.4335.7924>
- Harris, D. H. (2002). How to Really Improve Airport Security. *Ergonomics in Design: The Quarterly of Human Factors Applications*, 10(1), 17–22. <https://doi.org/10.1177/106480460201000104>
- Hofer, F., & Schwaninger, A. (2005). Using threat image projection data for assessing individual screener performance. *WIT Transactions on the Built Environment*, 82, 417–426. <https://doi.org/10.2495/SAFE050411>
- Hofer, F., & Wetter, O. E. (2012). Operational and human factors issues of new airport security technology—two case studies. *Journal of Transportation Security*, 5(4), 277–291. <https://doi.org/10.1007/s12198-012-0096-5>
- Hoffman, R. R. (1998). How Can Expertise be Defined? Implications of Research from Cognitive Psychology. In R. Williams, W. Faulkner, J. Fleck (Eds.), *Exploring Expertise* (pp. 81–100). London: Palgrave Macmillan UK. https://doi.org/10.1007/978-1-349-13693-3_4
- Horn, W. (1983). *Leistungsprüfungssystem (L-P-S). Handanweisung für die Durchführung, Auswertung und Interpretation*. (2th ed.). Göttingen: Hogrefe.
- Huber, O. (2005). *Das psychologische Experiment. Eine Einführung* (2nd ed.). Bern: Huber.
- Humphreys, L. G., & Lubinski, D. (1996). Assessing spatial visualization: An underappreciated ability for many school and work settings. In C. P. Benbow & D. Lubinski (Eds.), *Intellectual Talent: Psychometric and Social Issues* (pp. 116–140). Baltimore, MD: Johns Hopkins University Press.
- Jäger, A. O. (1984). Intelligenzstrukturforschung: Konkurrierende Modelle, neue Entwicklungen. Perspektiven, *Psychologische Rundschau*, 35, 21–35.
- Koller, S. M., Drury, C. G., & Schwaninger, A. (2009). Change of search time and non-search time in X-ray baggage screening due to training. *Ergonomics*, 52(6), 644–656. <https://doi.org/10.1080/00140130802526935>
- Koller, S. M., & Schwaninger, A. (2006). Assessing X-ray image interpretation competency of airport security screeners. In *Proceedings of the 2nd International Conference on Research in Air Transportation, ICRAT Belgrade, Serbia and Montenegro, June 24-28, 2006* (pp. 399–402). <https://doi.org/10.13140/RG.2.1.1037.2086>
- Kramer, A. F., Hahn, S., & Gopher, D. (1999). Task coordination and aging: explorations of executive control processes in the task switching paradigm. *Acta Psychologica*, 101(2–3), 339–378. [https://doi.org/10.1016/S0001-6918\(99\)00011-6](https://doi.org/10.1016/S0001-6918(99)00011-6)
- Kray, J. (2006). Task-set switching under cue-based versus memory-based switching conditions in younger and older adults. *Brain Research*, 1105(1), 83–92. <https://doi.org/10.1016/j.brainres.2005.11.016>
- Kreuzpointner, L. (2010). *Bedingungen für die Äquivalenz von Papier-Bleistift-Version und Computerversion bei Leistungstests*. Regensburg: Universitätsverlag. Retrieved from http://epub.uni-regensburg.de/15650/1/Kreuzpointner_-_2010_-_Bedingungen_für_die_Äquivalenz_Buch.pdf
- Kreuzpointner, L., Lukesch, H., & Horn, W. (2013). *Leistungsprüfungssystem 2. LPS-2*. Göttingen: Hogrefe.
- Leonhart, R. (2004). Effektgrößenberechnung bei Interventionsstudien. *Die Rehabilitation*, 43(4), 241–246.
- Leonhart, R. (2009). *Lehrbuch Statistik: Einstieg und Vertiefung* (3rd ed.). Bern: Hans Huber Verlag.
- Levine, T. R., & Hullett, C. R. (2002). Eta Squared, Partial Eta Squared, and Misreporting of Effect Size in Communication Research. *Human Communication Research*, 28(4), 612–625. <https://doi.org/10.1093/hcr/28.4.612>
- Linn, M. C., & Petersen, A. C. (1985). Emergence and Characterization of Sex Differences in Spatial Ability: A Meta-Analysis. *Child Development*, 56(6), 1479. <https://doi.org/10.2307/1130467>
- Lohman, D. F. (1996). Spatial Ability and G. In I. Dennis & P. Tapsfield (Eds.), *Human abilities: Their nature and assessment* (pp. 97–116). Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.

- Lohman, D. F. (2005). The Role of Nonverbal Ability Tests in Identifying Academically Gifted Students: An Aptitude Perspective. *Gifted Child Quarterly*, 49(2), 111–138. <https://doi.org/10.1177/001698620504900203>
- Lubinski, D. (2010). Spatial ability and STEM: A sleeping giant for talent identification and development. *Personality and Individual Differences*, 49(4), 344–351. <https://doi.org/10.1016/j.paid.2010.03.022>
- McMillan, N. A., & Creelman, C. D. (1991). *Detection theory: A user's guide*. New York: Cambridge University Press.
- Martin, N. A. (2006). *Test of Visual Perceptual Skills (TVPS-3)* (3rd ed.). Novato, CA: Academic Therapy Publications.
- Mayr, S., Buchner, A., Erdfelder, E., & Faul, F. (2007). A short tutorial of GPower. *Tutorials In Quantitative Methods For Psychology*, 3(2), 51–59. Retrieved from http://www.gpower.hhu.de/fileadmin/redaktion/Fakultaeten/Mathematisch-Naturwissenschaftliche_Fakultaet/Psychologie/AAP/gpower/GPowerShortTutorial.pdf
- McGrew, K. S. (1997). Analysis of the major intelligence batteries according to a proposed comprehensive Gf-Gc framework. In D. P. Flanagan, J. L. Genshaft, & P. L. Harrison (Eds.), *Contemporary intellectual assessment: Theories, tests, and issues* (pp. 119–151). New York: The Guilford Press.
- McGrew, K. S. (2009). CHC theory and the human cognitive abilities project: Standing on the shoulders of the giants of psychometric intelligence research. *Intelligence*, 37(1), 1–10. <https://doi.org/10.1016/j.intell.2008.08.004>
- McGrew, K. S., & Flanagan, D. P. (1998). *The intelligent test desk reference (ITDR): Gf-Gc cross-battery assessment*. Boston: Allyn & Bacon.
- Mendes, M., Schwaninger, A., & Michel, S. (2013). Can laptops be left inside passenger bags if motion imaging is used in X-ray security screening? *Frontiers in Human Neuroscience*, 7(10), 1–10. <https://doi.org/10.3389/fnhum.2013.00654>
- Michel, S., de Ruiter, J.C., Hogervorst, M., Koller, S.M., Moerland, R., & Schwaninger, A. (2007). Computer-based training increases efficiency in x-ray image interpretation by aviation security screeners. *Proceedings of the 41st Carnahan Conference on Security Technology, Ottawa, October 8-11, 2007*. doi:10.1109/CCST.2007.4373490
- Michel, S., Hattenschwiler, N., Kuhn, M., Strebel, N., & Schwaninger, A. (2014). A multi-method approach towards identifying situational factors and their relevance for X-ray screening. *Proceedings of the 48th IEEE International Carnahan Conference on Security Technology, Rome Italy, October 13-16, 2014*, 208–2013. <https://doi.org/10.1109/CCST.2014.6987001>
- Michel, S., Mendes, M., de Ruiter, J., Koomen, G., & Schwaninger, A. (2014). Increasing X-ray image interpretation competency of cargo security screeners. *International Journal of Industrial Ergonomics*, 44, 551–560. doi:10.1016/j.ergon.2014.03.007
- Miller, G. A., & Chapman, J. P. (2001). Misunderstanding analysis of covariance ANCOVA. *Journal of Abnormal Psychology*, 110(1), 40–48. <https://doi.org/10.1037/0021-843X.110.1.40>
- Mitroff, S. R., Ericson, J. M., & Sharpe, B. (2018). Predicting Airport Screening Officers' Visual Search Competency With a Rapid Assessment. *Human Factors: The Journal of the Human Factors and Ergonomics Society*, 60(2), 201–211. <https://doi.org/10.1177/0018720817743886>
- Mohler, J. L. (2008). A review of spatial ability research. *Engineering Design Graphics Journal*, 72(2), 19–30. Retrieved from <http://www.edgj.org/index.php/EDGJ/article/viewFile/49/48>
- Päßler, K. (2011). *Die Bedeutung beruflicher Interessen und kognitiver Fähigkeiten für die Studien- und Berufswahl*. Retrieved from <http://opus.uni-hohenheim.de/volltexte/2012/699>
- Päßler, K., & Hell, B. (2012). Do Interests and Cognitive Abilities Help Explain College Major Choice Equally Well for Women and Men? *Journal of Career Assessment*, 20(4), 479–496. <https://doi.org/10.1177/1069072712450009>
- Raven, J. C., Court, J., & Raven, J. J. (1980). *RAVEN-Matrizen-Test. Manual, deutsche Bearbeitung von Heinrich Kratzmeier unter Mitarbeit von Ralf Horn*. Weinheim: Beltz Test Gesellschaft.

- Raven, J. C., Styles, I., & Raven, M. (1998). *Standard Progressive Matrices—Plus (SPM-Plus), Sets A-E*. Oxford: Oxford Psychologists Press.
- Schae, K. W., & Willis, S. L. (2010). The Seattle Longitudinal Study of Adult Cognitive Development. *ISSBD Bull*, 57(1), 24–29.
- Schapkin, S. A. (2012). *Altersbezogene Änderungen kognitiver Fähigkeiten – kompensatorische Prozesse und physiologische Kosten*. Dortmund: Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin (BAuA).
- Schecker, H. (2014). *Überprüfung der Konsistenz von Itemgruppen mit Cronbachs α* . In D. Krüger, I. Parchmann, & H. Schecker (Eds.), *Methoden in der naturwissenschaftlichen Forschung*. Berlin: Springer Verlag. <https://doi.org/10.1007/978-3-642-37827-0>
- Schmidt-Atzert, L., & Amelang, M. (2012). *Psychologische Diagnostik*. Berlin: Springer Verlag. <https://doi.org/10.1007/978-3-642-17001-0>
- Schneider, W. J., & McGrew, K. S. (2012). The Cattell-Horn-Carroll Model of Intelligence. In D. P. Flanagan & P. L. Harrison (Eds.), *Contemporary Intellectual Assessment: Theories, Tests and Issues* (3rd ed., pp. 553–581). New York: The Guilford Press.
- Schwaiger, M., & Zimmermann, L. (2009). Quantitative Forschung: Ein Überblick. In M. Schwaiger & A. Meyer (Eds.), *Theorien und Methoden der Betriebswirtschaft: Handbuch für Wissenschaftler und Studierende* (pp. 419–437). München: Vahlen Verlag.
- Schwaninger, A. (2003). Screener evaluation and selection. *Airport*, 2003(2), 14–15.
- Schwaninger, A. (2005a). Increasing efficiency in airport security screening. *WIT Transactions on The Built Environment*, 82, 407–416. <https://doi.org/doi:10.2495/SAFE050401>
- Schwaninger, A. (2005b). Objekterkennung und Signaldetektion. In B. Kersten & M. Groner (Eds.), *Praxisfelder der Wahrnehmungspsychologie* (pp. 108–132). <https://doi.org/10.13140/RG.2.1.2151.3203>
- Schwaninger, A. (2006). Threat image projection: enhancing performance? *Aviation Security International*, December 2006, 36–41.
- Schwaninger, A. (2016). Determinants of airport security X-ray screeners' detection performance. *Aviation Security International*, 22(4), 28–29.
- Schwaninger, A., Hardmeier, D., & Hofer, S. (2005). Aviation security screeners visual abilities & visual knowledge measurement. *IEEE Aerospace and Electronic Systems*, 20(6), 29–35. doi:10.1109/MAES.2005.1412124
- Schwaninger, A., Hardmeier, D., Riegelning, J., & Martin, M. (2010). Use It and Still Lose It? *GeroPsych: The Journal of Gerontopsychology and Geriatric Psychiatry*, 23(3), 169–175. <https://doi.org/10.1024/1662-9647/a000020>
- Schwaninger, A., & Hofer, F. (2004). Evaluation of CBT for increasing threat detection performance in X-ray screening. In K. Morgan and M. J. Spector (Eds.), *The Internet Society 2004, Advances in Learning, Commerce and Security* (pp. 147–156). Wessex: WIT Press. doi:10.13140/RG.2.1.4051.8649
- Schwaninger, A., Michel, S., & Bolting, A. (2007). A statistical approach for image difficulty estimation in x-ray screening using image measurements. *Proceedings of the 4th Symposium on Applied Perception in Graphics and Visualization, ACM Press, New York, USA*, 123–130. doi:10.1145/1272582.1272606
- Schwaninger, A., & Wales, A.W.J. (2009). One year later: how screener performance improves in x-ray luggage search with computer-based training. *Proceedings of the Ergonomics Society Annual Conference 2009*, 381–389. doi:10.1201/9780203872512.ch40
- Shea, D. L., Lubinski, D., & Benbow, C. P. (2001). Importance of assessing spatial ability in intellectually talented young adolescents: A 20-year longitudinal study. *Journal of Educational Psychology*, 93(3), 604–614. <https://doi.org/10.1037/0022-0663.93.3.604>

- Silverman, I., Choi, J., & Peters, M. (2007). The Hunter-gatherer theory of sex differences in spatial abilities: Data from 40 countries. *Archives of Sexual Behavior*, *36*(2), 261–268. <https://doi.org/10.1007/s10508-006-9168-6>
- Skorupski, J., & Uchroński, P. (2016). A Human Being as a Part of the Security Control System at the Airport. *Procedia Engineering*, *134*, 291–300. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2016.01.010>
- Spearman, C. (1904). General Intelligence, Objectively Determined and Measured. *The American Journal of Psychology*, *15*(2), 201–292.
- Spearman, C. (1927). *The abilities of man*. London: Macmillan.
- Stern, E., & Neubauer, A. (2016). Intelligenz: kein Mythos, sondern Realität. *Psychologische Rundschau*, *67*(1), 15–27. <https://doi.org/10.1026/0033-3042/a000290>
- Stern, E., Schalk, L., & Schumacher, R. (2016). Lernen. In J. Möller, M. Köller, & T. Riecke-Baulecke (Eds.), *Basiswissen Lehrerbildung* (pp. 106–120). Seelze: Klett-Kallmeyer.
- Techentin, C., Voyer, D., & Voyer, S. D. (2014). Spatial Abilities and Aging: A Meta-Analysis. *Experimental Aging Research*, *40*(4), 395–425. <https://doi.org/10.1080/0361073X.2014.926773>
- Thurstone, L. L. (1938). *Primary mental abilities*. Chicago: University of Chicago Press.
- Tian, Y. F., Yang, L. D., & Yu, R. F. (2013). Relationship between cognitive abilities of an Inspector and the X-ray screening task performance. In E. Qi, J. Shen, & R. Dou (Eds.), *Proceedings of 20th International Conference on Industrial Engineering and Engineering Management: Theory and Apply of Industrial Engineering* (pp. 747–756). https://doi.org/10.1007/978-3-642-40063-6_74
- Uttal, D. H., Meadow, N. G., Tipton, E., Hand, L. L., Alden, A. R., Warren, C., & Newcombe, N. S. (2013). The malleability of spatial skills: A meta-analysis of training studies. *Psychological Bulletin*, *139*(2), 352–402. <https://doi.org/10.1037/a0028446>
- Vernon, P. (1950). *The structure of human abilities*. New York: Wiley.
- Vickery, T. J., King, L.-W., & Jiang, Y. (2005). Setting up the target template in visual search. *Journal of Vision*, *5*(1), 8. <https://doi.org/10.1167/5.1.8>
- von Bastian, C. C., Schwaninger, A., & Michel, S. (2008). Do multi-view X-ray systems improve X-ray image interpretation in airport security screening? *Zeitschrift Für Arbeitswissenschaft*, *3*, 166–173. <https://doi.org/10.3239/9783640684991>
- Voyer, D., Voyer, S., & Bryden, M. P. (1995). Magnitude of sex differences in spatial abilities: A meta-analysis and consideration of critical variables. *Psychological Bulletin*, *117*(2), 250–270. <https://doi.org/10.1037/0033-2909.117.2.250>
- Wai, J., Lubinski, D., & Benbow, C. P. (2009). Spatial ability for STEM domains: Aligning over 50 years of cumulative psychological knowledge solidifies its importance. *Journal of Educational Psychology*, *101*(4), 817–835. <https://doi.org/10.1037/a0016127>
- Wales, A.W.J., Anderson, C., Jones, K.L., Schwaninger, A., & Horne, J.A. (2009). Evaluating the two-component inspection model in a simplified luggage search task. *Behavior Research Methods*, *41*(3), 937–943. doi:10.3758/BRM.41.3.937
- Wetter, O. E. (2013). Imaging in airport security: Past, present, future, and the link to forensic and clinical radiology. *Journal of Forensic Radiology and Imaging*, *1*(4), 152–160. <https://doi.org/10.1016/j.jofri.2013.07.002>
- Wolfe, J. M., Brunelli, D. N., Rubinstein, J., & Horowitz, T. S. (2013). Prevalence effects in newly trained airport checkpoint screeners: Trained observers miss rare targets, too. *Journal of Vision*, *13*(3), 33–33. <https://doi.org/10.1167/13.3.33>
- Wolfe, J. M., Horowitz, T. S., & Kenner, N. M. (2005). Rare items often missed in visual searches. *Nature*, *435*, 6–7. <http://dx.doi.org/10.1038/435439a>
- Wolfe, J. M., & Van Wert, M. J. (2010). Varying target prevalence reveals two, dissociable decision criteria in visual search.

Current Biology, 20, 121–124. <https://doi.org/10.1016/j.cub.2009.11.066>

Wolfe, D., & Oxtoby, T. (1952). Distributions of Ability of Students Specializing in Different Fields. *Science*, 116(3013), 311–314. <https://doi.org/10.1126/science.116.3013.311>

Woodman, G. F., & Chun, M. M. (2006). The role of working memory and long-term memory in visual search. *Visual Cognition*, 14(4–8), 808–830. <https://doi.org/10.1080/13506280500197397>

Yordanova, J., Kolev, V., Hohnsbein, J., & Falkenstein, M. (2004). Sensorimotor slowing with ageing is mediated by a functional dysregulation of motor-generation processes: evidence from high-resolution event-related potentials. *Brain*, 127(2), 351–362. <https://doi.org/10.1093/brain/awh042>

7 Anhang

7.1 Abbildungsverzeichnis

<i>Abbildung 1.</i> Die 3 bildbasierten Faktoren	11
<i>Abbildung 2.</i> Beispiele für wissensbasierte Faktoren.....	12
<i>Abbildung 3.</i> Single-View vs. Multi-View	13
<i>Abbildung 4.</i> Übersicht über die sekundären Intelligenzfaktoren sowie deren konzeptuelle wie funktionelle Gruppierung. ..	18
<i>Abbildung 5.</i> Untersuchungsmodell (eigene Darstellung)	31
<i>Abbildung 6.</i> Untersuchungsdesign (eigene Darstellung)	32
<i>Abbildung 7.</i> Operationalisierung der mit Röntgenbildbeurteilung potenziell in Zusammenhang stehenden visuell kognitiven Fähigkeiten.....	35
<i>Abbildung 8.</i> Beispielaufgabe aus dem visuell kognitiven Fähigkeitstest SPM.....	36
<i>Abbildung 9.</i> Beispielaufgabe aus dem visuell kognitiven Fähigkeitstest LPS 6.....	36
<i>Abbildung 10.</i> Beispielaufgabe aus dem visuell kognitiven Fähigkeitstest LPS 7.....	37
<i>Abbildung 11.</i> Beispielaufgabe aus dem visuell kognitiven Fähigkeitstest LPS 8.....	37
<i>Abbildung 12.</i> Beispielaufgaben aus dem visuell kognitiven Fähigkeitstest LPS 10.....	38
<i>Abbildung 13.</i> Beispielaufgabe aus dem visuell kognitiven Test WSI-S	39
<i>Abbildung 14.</i> Beispielaufgabe aus dem visuell kognitiven Fähigkeitstest WSI-MR	39
<i>Abbildung 15.</i> Beispielaufgabe aus dem visuell kognitiven Fähigkeitstest WSI-A	40
<i>Abbildung 16.</i> Beispielaufgabe aus dem visuell kognitiven Fähigkeitstest TVPS-M	40
<i>Abbildung 17.</i> Beispielaufgabe aus dem visuell kognitiven Fähigkeitstest TVPS-FC.....	41
<i>Abbildung 18.</i> Beispielaufgabe aus dem visuell kognitiven Fähigkeitstest TVPS-FG.....	41
<i>Abbildung 19.</i> Beispielaufgabe aus dem (a) ORT SV (b) ORT MV	43
<i>Abbildung 20.</i> Beispielaufgabe aus dem (a) CAT SV (b) CAT MV	44
<i>Abbildung 21.</i> Altersverteilung pro Stichprobe	51
<i>Abbildung 22.</i> Geschlechterverteilung pro Stichprobe	52
<i>Abbildung 23.</i> Normierte Mittelwerte aller visuell kognitiven Fähigkeitstests im Überblick für die Stichproben Studierende und X-Ray Screener	53
<i>Abbildung 24.</i> Erkennungsleistung d' ORT unter den Bedingungen SV und MV pro Stichprobe	56
<i>Abbildung 25.</i> Erkennungsleistung d' CAT unter den Bedingungen SV und MV pro Stichprobe	57
<i>Abbildung 26.</i> Interaktionsterm zwischen den Variablen visuell kognitive Fähigkeiten und der Erkennungsleistung d' CAT.....	67

7.2 Tabellenverzeichnis

Tabelle 1 <i>Definition der sekundären Intelligenzfaktoren des CHC-Modells</i>	19
Tabelle 2 <i>Definition der dem Faktor visuell kognitive Fähigkeiten untergeordneten primären Intelligenzfaktoren</i>	20
Tabelle 3 <i>Gütekriterien der in die VCTB integrierten visuell kognitiven Fähigkeitstests</i>	42
Tabelle 4 <i>Deskriptive Statistik und Reliabilität visuell kognitive Fähigkeitstests</i>	53
Tabelle 5 <i>Deskriptive Statistik Röntgenbildbeurteilungstests</i>	55
Tabelle 6 <i>Korrelationsmatrix Studierende</i>	58
Tabelle 7 <i>Regressionsanalyse zur Vorhersage der Erkennungsleistung d' ORT SV (Studierende)</i>	59
Tabelle 8 <i>Regressionsanalyse zur Vorhersage der Erkennungsleistung d' ORT MV (Studierende)</i>	60
Tabelle 9 <i>Moderatoranalyse mit dem Alter als Moderatorvariable (Studierende)</i>	60
Tabelle 10 <i>Regressionsanalyse zur Vorhersage der Erkennungsleistung d' CAT SV (Studierende)</i>	61
Tabelle 11 <i>Regressionsanalyse zur Vorhersage der Erkennungsleistung d' CAT MV (Studierende)</i>	62
Tabelle 12 <i>Moderatoranalyse mit dem Alter als Moderatorvariable (Studierende)</i>	62
Tabelle 13 <i>Korrelationsmatrix X-Ray Screener</i>	63
Tabelle 14 <i>Regressionsanalyse zur Vorhersage der Erkennungsleistung d' ORT SV (X-Ray Screener)</i>	64
Tabelle 15 <i>Regressionsanalyse zur Vorhersage der Erkennungsleistung d' ORT MV (X-Ray Screener)</i>	64
Tabelle 16 <i>Moderatoranalyse mit dem Alter als Moderatorvariable (X-Ray Screener)</i>	65
Tabelle 17 <i>Regressionsanalyse zur Vorhersage der Erkennungsleistung d' CAT SV (X-Ray Screener)</i>	66
Tabelle 18 <i>Regressionsanalyse zur Vorhersage der Erkennungsleistung d' CAT MV (X-Ray Screener)</i>	66
Tabelle 19 <i>Moderatoranalyse mit dem Alter als Moderatorvariable (X-Ray Screener)</i>	67
Tabelle 20 <i>Kolmogorov-Smirnov Test Studierende</i>	109
Tabelle 21 <i>Kolmogorov-Smirnov Test X-Ray Screener</i>	109
Tabelle 22 <i>Prüfung auf Varianzhomogenität</i>	119
Tabelle 23 <i>Kollinearitätsdiagnostik Prädiktoren Studierende</i>	121
Tabelle 24 <i>Kollinearitätsdiagnostik Prädiktoren X-Ray Sceener</i>	121
Tabelle 25 <i>Residualstatistik für Erkennungsleistung d' ORT SV</i>	122
Tabelle 26 <i>Residualstatistik für Erkennungsleistung d' ORT MV</i>	123
Tabelle 27 <i>Residualstatistik für Erkennungsleistung d' CAT SV</i>	124
Tabelle 28 <i>Residualstatistik für Erkennungsleistung d' CAT MV</i>	125
Tabelle 29 <i>Residualstatistik für Erkennungsleistung d' ORT SV</i>	126
Tabelle 30 <i>Residualstatistik für Erkennungsleistung d' ORT MV</i>	127
Tabelle 31 <i>Residualstatistik für Erkennungsleistung d' CAT SV</i>	128
Tabelle 32 <i>Residualstatistik für Erkennungsleistung d' CAT MV</i>	129

7.3 Präsentation für Rekrutierung

n|w Fachhochschule Nordwestschweiz
Hochschule für Angewandte Psychologie

Studie zu Röntgenbildererkennung

Myrta Isenschmid

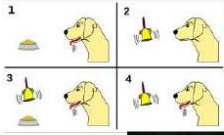





Riggenbachstr. 16
CH-4600 Olten
Tel. +41 79 800 84 34
Email myrta.isenschmid@fhnw.ch

n|w Fachhochschule Nordwestschweiz
Hochschule für Angewandte Psychologie

Experimente

Seit 1879 zentraler Bestandteil der Psychologie

Institut MikS www.fhnw.ch/miks

n|w Fachhochschule Nordwestschweiz
Hochschule für Angewandte Psychologie

Studie zu Röntgenbildererkennung

Um was geht es in diesem Experiment?



Institut MikS www.fhnw.ch/miks

n|w Fachhochschule Nordwestschweiz
Hochschule für Angewandte Psychologie

Informationen zum Experiment

- Verschiedene Tests zu räumlichem Vorstellungsvermögen und Röntgenbildererkennung
- Dauer ca. ein halber Tag (4 Stunden)
- CHF 80.- als Entschädigung (CHF 20.- pro Stunde)
- Im OSP 118b (Usability Labor)
- Termin frei wählbar
- Daten werden streng vertraulich behandelt und so ausgewertet, dass keine Rückschlüsse auf Personen möglich sind

Institut MikS www.fhnw.ch/miks

n|w Fachhochschule Nordwestschweiz
Hochschule für Angewandte Psychologie

Warum teilnehmen?

- An anderen Hochschulen ist Teilnahme an Experimenten sogar ein Teil der Ausbildung
- Einblick in Security-Bereich (mögliches Arbeitsfeld nach dem Studium)
- Einblick in die Forschungstätigkeit unseres Institutes
- Ideen für eigene Bachelor-/Masterarbeit
- Entschädigung CHF 20.- pro Stunde
- Das Gelingen meiner Masterarbeit hängt davon ab 😊

Institut MikS www.fhnw.ch/miks

n|w Fachhochschule Nordwestschweiz
Hochschule für Angewandte Psychologie

Teilnahmevoraussetzung

Das Experiment richtet sich an Studierende der Hochschule für Angewandte Psychologie, FHNW.

In diesem Zusammenhang: Weitersagen an andere APS-Studierende erwünscht 😊



Institut MikS www.fhnw.ch/miks

n|w Fachhochschule Nordwestschweiz
Hochschule für Angewandte Psychologie

Wie nehme ich teil?

Gehe jetzt auf Doodle und trage dich ein:

<https://doodle.com/poll/9prqi74mupwrnuak>

- Bitte nur einmal mit Vor- und Nachname eintragen
- Termine sind verbindlich!
- Bitte nachträglich keine Änderungen vornehmen
- Für Terminverschiebungen und im Verhinderungsfall bitte Myrta Isenschmid kontaktieren

Institut MikS www.fhnw.ch/miks

n|w Fachhochschule Nordwestschweiz
Hochschule für Angewandte Psychologie

Ich möchte teilnehmen, aber...

- ...mir passt keiner der zur Auswahl stehenden Termine.
- ...ich habe noch offene Fragen.
- ...etwas funktioniert nicht.



Myrta.isenschmid@fhnw.ch
0798008434

Institut MikS www.fhnw.ch/miks

7.4 Mailversand für Rekrutierung

Liebe Alle

Ich war in den letzten Wochen in diversen Vorlesungen und habe meine Masterarbeit vorgestellt. In der Beilage sende ich euch nun noch die Präsentation mit den wichtigsten Informationen zur Studie und dem Doodle Link, falls noch jemand teilnehmen möchte. Nachfolgend auch noch einmal eine kurze Zusammenfassung der wichtigsten Punkte:

Um was geht es in der Studie?

- Zusammenhang zwischen visuell kognitiven Fähigkeiten (z.B. räumliches Vorstellungsvermögen) und Röntgenbildererkennung

Ablauf der Studie?

- Durchlaufen verschiedener Tests zu visuell kognitiven Fähigkeiten und Röntgenbildererkennung.
- Gesamtdauer inkl. Pausen **ca. 4 Stunden**
- Entschädigung **CHF 80.-** (CHF 20.-/h)
- Die Testungen finden alle im **OSP 118b** statt (Usability Labor)

Wer kann teilnehmen?

- Studierende der APS

Wie teilnehmen?

- Auf Doodle **nur einmal** mit vollständigem Vor- und Nachname eintragen (wichtig, damit ich euch bei Bedarf per FHNW-Mail kontaktieren kann)
- **Die Termine sind verbindlich!**
- Für kurzfristige Terminverschiebungen und –absagen bitte ich euch, mich per Mail oder Telefon zu kontaktieren: myrta.isenschmid@fhnw.ch; 079 800 84 34

Doodle Link: <https://doodle.com/poll/9prqi74mupwrnuak>

Ich freue mich über jede Teilnahme und stehe für Fragen gerne zur Verfügung.

Beste Grüsse

Myrta Isenschmid

0798008434

7.5 Informed consent

Schriftliche Einverständniserklärung zur Studienteilnahme

Bitte fragen Sie bei Unklarheiten – oder falls Sie etwas näher interessiert; bitte lesen Sie das Formular sorgfältig durch.

Angaben zur Studie:

Titel:	Studie zu Röntgenbildererkennung
Ort:	FHNW, Olten
Leiter/in:	Myrta Isenschmid
Geldgeber:	FHNW

Angaben zu Ihnen:

Vorname:	<input type="text"/>
Nachname:	<input type="text"/>
Anschrift:	<input type="text"/>
E-Mail:	<input type="text"/>
Geburtsdatum:	<input type="text"/>

- Ich wurde von der Studienleitung über die Ziele und den Ablauf der Studie, über mögliche Vor- und Nachteile sowie über eventuelle Risiken informiert.
- Meine Fragen im Zusammenhang mit der Teilnahme an dieser Studie sind mir zufriedenstellend beantwortet worden.
- Ich hatte genügend Zeit, um meine Entscheidung zu treffen.
- Ich weiss, dass meine persönlichen Daten nur in verschlüsselter Form zu Forschungszwecken vom Forschungsteam ausgewertet werden. Bei allfälligen Berichten oder Publikationen sind keine Rückschlüsse auf Einzelpersonen möglich.
- Ich nehme an dieser Studie freiwillig teil. Ich kann jederzeit und ohne Angabe von Gründen meine Zustimmung zur Teilnahme widerrufen und die Löschung meiner Daten anfordern, ohne dass mir deswegen Nachteile entstehen.

Ort, Datum Unterschrift der teilnehmenden Person

Bestätigung der Studienleitung: Hiermit bestätige ich, dass diesem Probanden/dieser Probandin Wesen, Bedeutung und Tragweite der Studie erläutert wurden. Ich versichere, alle im Zusammenhang mit dieser Studie stehenden Verpflichtungen zu erfüllen.

Ort, Datum Unterschrift des/der Studienleiters/in

7.6 Instruktion Röntgenbildbeurteilungstests

Nachfolgend werden die Instruktionen zum Röntgenbildbeurteilungstest ORT SV und ORT MV sowie CAT SV und CAT MV dargestellt.

Die Instruktion wurde direkt in den Test integriert, so dass die Versuchspersonen die Tests individuell beginnen konnten.

CASRA

Single-View Selektionstest

Herzlichen Dank für Ihre Teilnahme!

Bitte klicken Sie auf «Weiter», um weitere Instruktionen zu erhalten.

Aufgabe

- › In diesem Test geht es um die Erkennung von Schusswaffen und Messern in Röntgenbildern von Gepäckstücken mit 2D Single-View Technologie.
- › Ihre **Aufgabe** besteht darin, für jedes Gepäckstück zu entscheiden, ob es harmlos ist (**OK**) oder eine Schusswaffe, bzw. ein Messer enthält (**NOK**).

OK Das Gepäckstück enthält **keine** Schusswaffe und **kein** Messer.

NOK Das Gepäckstück enthält **eine** Schusswaffe oder ein Messer.

Selektionstest

Der Test beinhaltet insgesamt **256 Röntgenbilder**:

- › 50 % der Bilder enthalten einen verbotenen Gegenstand (Messer oder Schusswaffe).
- › 50 % der Bilder enthalten keinen verbotenen Gegenstand (Fehlalarme).
- › Der Test ist in **vier Blöcke** unterteilt. Sie haben nach jedem Block die Möglichkeit eine Pause zu machen.

Verbotene Gegenstände

- › Verbotene Gegenstände stammen aus den Kategorien
 - Messer
 - Schusswaffe
- › Ein Gepäckstück enthält **max. einen verbotenen Gegenstand**
- › Sie müssen den verbotenen Gegenstand **nicht** anklicken.

→ Auf der nächsten Folie wird Ihnen ein Beispiel der Aufgabe präsentiert.

Beispiel

1. Beurteilen Sie, ob das Gepäck **OK** oder **NOK** ist.

2. Das nächste Röntgenbild erscheint automatisch.

INFORMATIONEN ZUM TEST

- › Jedes Gepäckstück wird für maximal **8 Sekunden** angezeigt.
- › Es kann jedoch auch nach abgelaufener Frist bewertet werden.
- › Das Gepäckstück wird dabei **blockweise** entweder links oder rechts präsentiert werden.

BEISPIELE

- › Bevor der Test beginnt, sehen Sie nun acht Beispiele.
- › So können Sie sich mit der Aufgabe vertraut machen.

4 OK Bsp. und 4 NOK Bsp.
jeweils abwechselnd mit OK/NOK
Mit Feedback

SCHUSSWAFFEN

- › Auf der nächsten Seite werden Ihnen alle im Test vorkommenden Schusswaffen für 10 Sekunden gezeigt.

SCHUSSWAFFEN



MESSER

- › Auf der nächsten Seite werden Ihnen alle im Test vorkommenden Messer für 10 Sekunden gezeigt.

MESSER



Instruktion

- › Entscheiden Sie für jedes Gepäckstück, ob es harmlos ist (OK) oder eine Schusswaffe, bzw. ein Messer enthält (NOK).
- › Jedes Bild wird Ihnen **max. 8 Sekunden** präsentiert, danach verschwindet das Bild vom Bildschirm. Die Antworteingabe ist auch nach dieser Frist möglich.
- › Sobald Sie eine Antworttaste gedrückt haben, kann die Entscheidung nicht mehr rückgängig gemacht werden.
- › Während des Tests wird Ihnen kein Feedback angezeigt.
- › Bitte wenden Sie sich nach Beendigung des Tests an Ihre Testleitenden!

Start

- › Der Test startet, wenn Sie auf den "Weiter"-Knopf klicken.
- › Viel Erfolg!

Block 1 beendet

- › Es empfiehlt sich, kurz zu entspannen und den Blick vom Bildschirm abzuwenden.
- › Der Test geht weiter, wenn Sie auf den "Weiter"-Knopf klicken.

15

Block 2 beendet

- › Es empfiehlt sich, kurz zu entspannen und den Blick vom Bildschirm abzuwenden.
- › Der Test geht weiter, wenn Sie auf den "Weiter"-Knopf klicken.

16

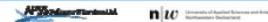
Block 3 beendet

- › Es empfiehlt sich, kurz zu entspannen und den Blick vom Bildschirm abzuwenden.
- › Der Test geht weiter, wenn Sie auf den "Weiter"-Knopf klicken.

17



Wir bedanken uns für Ihre Teilnahme!



Multi-View Selektionstest

Herzlichen Dank für Ihre Teilnahme!

Bitte klicken Sie auf «Weiter», um weitere Instruktionen zu erhalten.

Aufgabe

- › In diesem Test geht es um die Erkennung von Schusswaffen und Messern in Röntgenbildern von Gepäckstücken.
- › Sie werden jeweils **zwei Ansichten** eines Gepäckstücks zur Verfügung haben.
- › Ihre **Aufgabe** besteht darin, für jedes Gepäckstück zu entscheiden, ob es harmlos ist (**OK**) oder eine Schusswaffe, bzw. ein Messer enthält (**NOK**).

OK Das Gepäckstück enthält **keine** Schusswaffe und **kein** Messer.

NOK Das Gepäckstück enthält **eine** Schusswaffe oder ein Messer.


Test

- Der Test beinhaltet insgesamt **256 Röntgenbilder**:
- › 50 % der Bilder enthalten einen verbotenen Gegenstand.
 - › 50 % der Bilder enthalten keinen verbotenen Gegenstand.
 - › Der Test ist in **vier Blöcke** unterteilt. Sie haben nach jedem Block die Möglichkeit eine Pause zu machen.

Verbotene Gegenstände

- › Verbotene Gegenstände stammen aus den Kategorien
 - Messer
 - Schusswaffe
- › Ein Gepäckstück enthält **max. einen verbotenen Gegenstand**
- › Sie müssen den verbotenen Gegenstand **nicht** anklicken.
→ Auf der **nächsten Folie** wird Ihnen ein Beispiel der Aufgabe präsentiert.

Beispiel



1. Beurteilen Sie, ob das Gepäck **OK** oder **NOK** ist.

2. Das nächste Röntgenbild erscheint automatisch.

INFORMATIONEN ZUM TEST

- › Jedes Gepäckstück wird für maximal **8 Sekunden** angezeigt.
- › Es kann auch nach abgelaufener Frist bewertet werden.
- › Die Haupt- und Seitenansichten des Gepäckstückes können dabei blockweise sowohl links, als auch rechts präsentiert werden.

BEISPIELE

- › Bevor der Test beginnt, sehen Sie nun acht Beispiele.
- › So können Sie sich mit der Aufgabe vertraut machen.

4 OK Bsp. und 4 NOK Bsp.
jeweils abwechselnd mit OK/NOK
Mit Feedback
Main-view viermal rechts und viermal links

SCHUSSWAFFEN

- › Auf der nächsten Seite werden Ihnen alle im Test vorkommenden Schusswaffen für 10 Sekunden gezeigt.

SCHUSSWAFFEN



MESSER

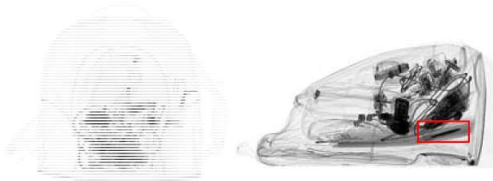
- › Auf der nächsten Seite werden Ihnen alle im Test vorkommenden Messer für 10 Sekunden gezeigt.

MESSER



Seitenansicht

- › Beachten Sie, dass die **Seitenansicht** für das Erkennen von verbotenen Gegenständen (z.B. Messer) nützlich sein kann. Im Beispiel ist das Messer nur in der Seitenansicht erkennbar.



Instruktion

- › Entscheiden Sie für jedes Gepäckstück, ob es harmlos ist (**OK**) oder eine Schusswaffe, bzw. ein Messer enthält (**NOK**).
- › Jedes Bild wird **max. 8 Sekunden** präsentiert, danach verschwindet das Bild vom Bildschirm. Die Antworteingabe ist auch nach dieser Frist möglich.
- › Sobald Sie eine Antworttaste gedrückt haben, kann die Entscheidung nicht mehr rückgängig gemacht werden.
- › Während des Tests wird Ihnen kein Feedback angezeigt.
- › Bitte wenden Sie sich nach Beendigung des Tests an Ihre Testleitenden!

Start

- › Der Test startet, wenn Sie auf den "Weiter"-Knopf klicken.
- › Viel Erfolg!

15

Block 1 beendet

- › Es empfiehlt sich, kurz zu entspannen und den Blick vom Bildschirm abzuwenden.
- › Der Test geht weiter, wenn Sie auf den "Weiter"-Knopf klicken.

16

Block 2 beendet

- › Es empfiehlt sich, kurz zu entspannen und den Blick vom Bildschirm abzuwenden.
- › Der Test geht weiter, wenn Sie auf den "Weiter"-Knopf klicken.

17

Block 3 beendet

- › Es empfiehlt sich, kurz zu entspannen und den Blick vom Bildschirm abzuwenden.
- › Der Test geht weiter, wenn Sie auf den "Weiter"-Knopf klicken.

18



Wir bedanken uns für Ihre
Teilnahme!





Single-View Kompetenztest

Herzlichen Dank für Ihre Teilnahme!


Bitte klicken Sie auf «Weiter», um weitere Instruktionen zu erhalten.

Kompetenztest

Der Test beinhaltet insgesamt **128 Röntgenbilder**:

- › 50 % der Bilder enthalten einen verbotenen Gegenstand (Messer, Schusswaffen, Sprengstoff oder Bomben).
- › 50 % der Bilder enthalten keinen verbotenen Gegenstand (Fehlalarme).
- › Der Test ist in **zwei Blöcke** aufgliedert. Nach dem ersten Block haben Sie die Möglichkeit eine Pause zu machen.

Messer



Sprengstoff



Aufgabe

- › In diesem Test geht es um die Erkennung von verbotenen Gegenständen in Röntgenbildern von Gepäckstücken mit 2D Single-View Technologie.
- › Ihre **Aufgabe** besteht darin, für jedes Gepäckstück zu entscheiden, ob es harmlos ist (**OK**) oder einen verbotenen Gegenstand enthält (**NOK**).

OK Das Gepäckstück enthält **keinen** verbotenen Gegenstand.

NOK Das Gepäckstück enthält **einen** verbotenen Gegenstand.

Verbotene Gegenstände


- › Der Test beinhaltet verbotene Gegenstände zu den Kategorien
 - Messer
 - Schusswaffen
 - Sprengstoff oder Bomben/IED
- › Ein Gepäckstück enthält **max. einen verbotenen Gegenstand**

→ Auf der nächsten Folie folgt je ein Beispiel der Kategorien.

Schusswaffen



Bomben



Beispiel



1. Beurteilen Sie, ob das Gepäck **OK** oder **NOK** ist.
2. Wenn Sie sich für **NOK** entscheiden, **markieren** Sie zuerst den verbotenen Gegenstand mittels **Doppelklick**.
3. Nach der Entscheidung geben Sie auf einer 5-stufigen Skala an, wie sicher Sie sich mit Ihrer Entscheidung sind.
4. Das nächste Röntgenbild erscheint automatisch.

Bewertung der eigenen Zuversicht

- › Nach der Beurteilung des Gepäckstücks mit **OK** bzw. **NOK** geben Sie auf einer 5-stufigen Skala an, wie **sicher** Sie sich mit Ihrer Entscheidung sind.



1. Geben Sie zwischen 1 bis 5 an, wie sicher Sie sich mit Ihrer Entscheidung sind. **1** bedeutet, dass Sie sich unsicher sind in Ihrer Entscheidung, **5** bedeutet, dass Sie sich sehr sicher sind in Ihrer Entscheidung.

BILDVERBESSERUNGSFUNKTIONEN



- RST** Reset, zeigt wieder das Originalbild
- NEG** Erstellt ein Negativ des Bildes
- OO** Zeigt nur organische Teile und Objekte
- OS** Entfernt organische Objekte aus dem Bild
- BW** Zeigt das Bild in schwarz-weiß
- SEN** Super Enhancement verstärkt Konturen
- HIGH** High Penetration

13

4 OK Bsp. und 4 NOK Bsp.
jeweils abwechselnd mit OK/NOK
Mit Feedback

INFORMATIONEN ZUM TEST

- › Das Gepäckstück verschwindet, falls Sie **nicht** innerhalb von **15 Sekunden** antworten.
- › Es kann auch nach abgelaufener Frist markiert und bewertet werden.
- › Das Gepäckstück wird blockweise entweder auf der linken oder rechten Bildschirmhälfte präsentiert.

BEISPIELE

- › Bevor der Test beginnt, werden Ihnen die Funktionen zur Bildverbesserung erklärt.
- › Sie haben dann Gelegenheit, sich während acht Beispielen mit den Funktionen vertraut zu machen.

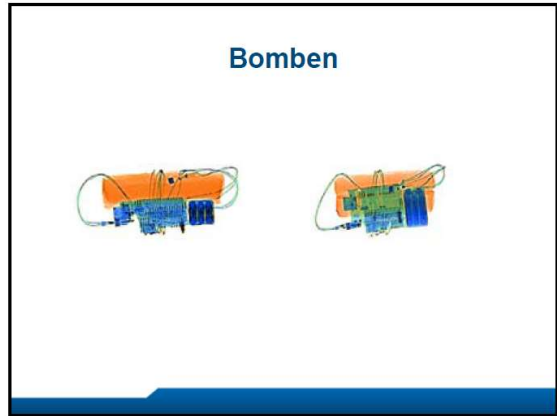
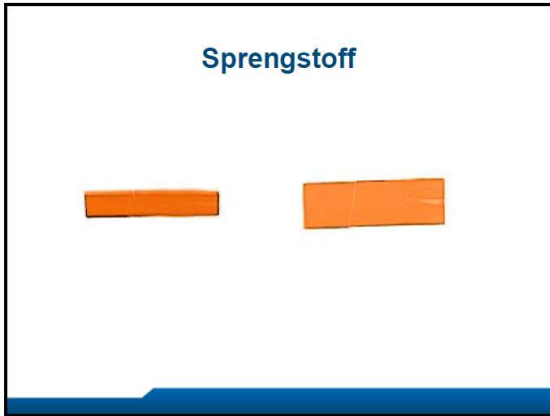
Instruktion

- › Entscheiden Sie für jedes Gepäckstück ob es harmlos ist (**OK**) oder einen verbotenen Gegenstand enthält (**NOK**).
- › **Wichtig:** Falls Sie sich für **NOK** entscheiden, **markieren** Sie den verdächtigen Gegenstand zuerst mittels **Doppelklick!**
- › Jedes Bild wird **max. 15 Sekunden** präsentiert, danach verschwindet das Bild vom Bildschirm. Die Antworteingabe ist auch nach dieser Frist möglich.
- › Sobald Sie eine Antworttaste gedrückt haben, kann die Entscheidung nicht mehr rückgängig gemacht werden.
- › Während des Tests wird Ihnen kein Feedback angezeigt.

Start

- › Der Test startet, wenn Sie auf den "Weiter"-Knopf klicken.
- › Viel Erfolg!

16



Vorgehen

Seitenansicht

Hauptansicht

1. Beurteilen Sie, ob das Gepäck **OK** oder **NOK** ist.
2. Wenn Sie sich für **NOK** entscheiden, **markieren** Sie zuerst den verbotenen Gegenstand mittels **Doppelklick**.
3. Nach der Entscheidung geben Sie auf einer 5-stufigen Skala an, wie sicher Sie sich mit Ihrer Entscheidung sind.
4. Das nächste Röntgenbild erscheint automatisch.

Bewertung der eigenen Zuversicht

➤ Nach der Beurteilung des Gepäckstücks mit **OK** bzw. **NOK** geben Sie auf einer 5-stufigen Skala an, wie **sicher** Sie sich mit Ihrer Entscheidung sind.

SICHERHEITSEINSCHÄTZUNG

Bitte entscheiden Sie, wie sicher Sie sich bei Ihrer Entscheidung sind.

Unsicher Sehr sicher

1
 2
 3
 4
 5

▶ WEITER

NOK

1. Geben Sie zwischen **1** bis **5** an, wie sicher Sie sich mit Ihrer Entscheidung sind. **1** bedeutet, dass Sie sich unsicher sind in Ihrer Entscheidung, **5** bedeutet, dass Sie sich sehr sicher sind in Ihrer Entscheidung.

INFORMATIONEN ZUM TEST

- Das Gepäckstück verschwindet, falls Sie **nicht** innerhalb von **15 Sekunden** antworten.
- Es kann auch nach abgelaufener Frist markiert und bewertet werden.
- Die Haupt- und Seitenansicht werden blockweise links oder rechts präsentiert.

Seitenansicht

➤ Beachten Sie, dass die **Seitenansicht** für das Erkennen von verbotenen Gegenständen (z.B. Messer) nützlich sein kann. Im Beispiel ist das Messer nur in der Seitenansicht erkennbar.

BEISPIELE

- Bevor der Test beginnt, werden Ihnen die Funktionen zur Bildverbesserung erklärt.
- Sie haben dann Gelegenheit, sich während acht Beispielen mit den Funktionen vertraut zu machen.

BILDVERBESSERUNGSFUNKTIONEN

RST

OK

NOK

NEG

OO

OS

BW

SEN

HIGH

RST	Reset, zeigt wieder das Originalbild
NEG	Erstellt ein Negativ des Bildes
OO	Zeigt nur organische Teile und Objekte
OS	Entfernt organische Objekte aus dem Bild
BW	Zeigt das Bild in schwarz-weiß
SEN	Super Enhancement verstärkt Konturen
HIGH	High Penetration

4 OK Bsp. und 4 NOK Bsp.
jeweils abwechselnd mit OK/NOK
Mit Feedback
MainView viermal links und viermal rechts

Instruktion

- › Entscheiden Sie für jedes Gepäckstück ob es harmlos ist (**OK**) oder einen verbotenen Gegenstand enthält (**NOK**).
- › **Wichtig:** Falls Sie sich für **NOK** entscheiden, **markieren** Sie den verdächtigen Gegenstand zuerst mittels **Doppelklick**. Die Markierung kann in **beiden Ansichten** ausgeführt werden.
- › Jedes Bild wird **max. 15 Sekunden** präsentiert, danach verschwindet das Bild vom Bildschirm. Die Antworteingabe ist auch nach dieser Frist möglich.
- › Sobald Sie eine Antworttaste gedrückt haben, kann die Entscheidung nicht mehr rückgängig gemacht werden.
- › Während des Tests wird Ihnen kein Feedback angezeigt.

Start

- › Der Test startet, wenn Sie auf den "Weiter"-Knopf klicken.
- › Viel Erfolg!

17

Block 1 beendet

- › Es empfiehlt sich, kurz zu entspannen und den Blick vom Bildschirm abzuwenden.
- › Der Test geht weiter, wenn Sie auf den "Weiter"-Knopf klicken.

18

 CASRA

Wir bedanken uns für Ihre Teilnahme!

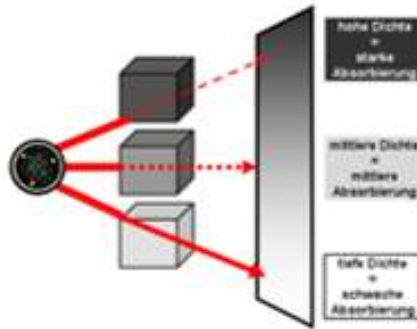
  

7.7 Merkblatt Röntgenbildbeurteilung

Merkblatt Röntgenbildbeurteilung

Dichte und Dicke des Gegenstandes

Die Dicke und die Dichte von Materialien sind ausschlaggebend dafür, wie sie in Röntgenbildern dargestellt werden. Röntgenstrahlen durchdringen dicke und dichte Stoffe weniger gut -> stärkere Absorption.



Farbgebung

Ein Röntgenbild ist eigentlich schwarz-weiß. Damit Gegenstände besser erkannt werden, berechnet der Computer aber ein farbiges Bild. Der Computer erkennt, aus welchen Atomen ein Material besteht und färbt das Bild entsprechend ein.



Schwarz:

- › Gegenstände werden schwarz dargestellt, wenn Röntgenstrahlen das Material nicht durchdringen können.

Blau:

- › Gegenstände die **metallisch** sind, werden blau dargestellt.

Grün:

- › Gegenstände erscheinen grün, wenn sie **anorganisch** sind (z.B. Salze).
- › Ebenfalls grün erscheinen teilweise **Überdeckungen**, also wenn verschiedene Materialien übereinander gelagert sind.
- › Aluminium hat ebenfalls anorganische Eigenschaften und wird daher grün angezeigt.

Orange:

- › In orange werden **organische** Materialien dargestellt. Organisch ist alles, was lebt oder einmal gelebt hat (Lebensmittel, Textilien, Pflanzen, Papier,...).

Beispiele für metallische Gegenstände



Beispiele für anorganische Gegenstände



Beispiele für organische Gegenstände



7.8 Test auf Normalverteilung

Tabelle 20
Kolmogorov-Smirnov Test Studierende

	Statistik	df	<i>p</i>
SPM	.081	128	.038
LPS 6	.092	128	.010
LPS 7	.113	128	.000
LPS 8	.071	128	.185
WSI-S	.137	128	.000
WSI-MR	.154	128	.000
WSI-A	.154	128	.000
TVPS-M	.151	128	.000
TVPS-FC	.119	128	.000
TVPS-FG	.126	128	.000
LPS 10	.093	128	.008
VCTB Total	.057	128	.200*
d' ORT SV	.074	128	.082
d' ORT MV	.070	128	.200*
d' CAT SV	.072	128	.178
d' CAT MV	.037	128	.200*
Alter	.193	127	.000

Anmerkungen. *. Dies ist eine untere Grenze der echten Signifikanz; a. Signifikanzkorrektur nach Lilliefors;

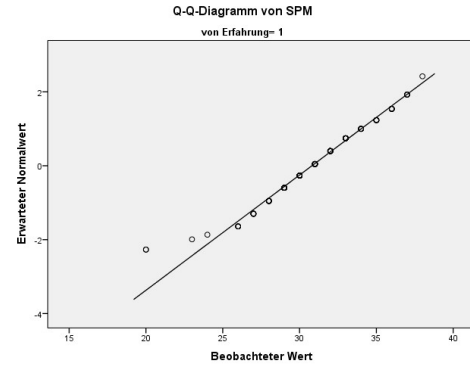
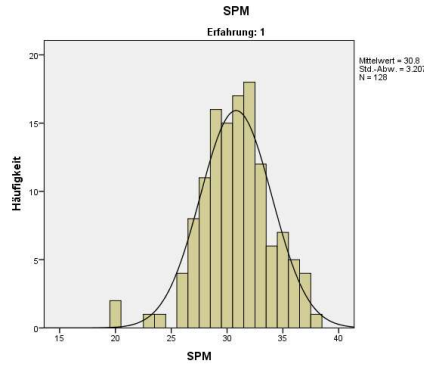
Tabelle 21
Kolmogorov-Smirnov Test X-Ray Screener

	Statistik	df	<i>p</i>
SPM	.203	116	.000
LPS 6	.087	117	.028
LPS 7	.147	117	.000
LPS 8	.116	117	.001
WSI-S	.132	117	.000
WSI-MR	.128	117	.000
WSI-A	.149	117	.000
TVPS-M	.160	117	.000
TVPS-FC	.162	117	.000
TVPS-FG	.134	117	.000
LPS 10	.082	111	.062
VCTB Total	.098	117	.008
d' ORT SV	.076	117	.089
d' ORT MV	.046	117	.200*
d' CAT SV	.061	117	.200*
d' CAT MV	.054	117	.200*
Alter	.125	115	.000

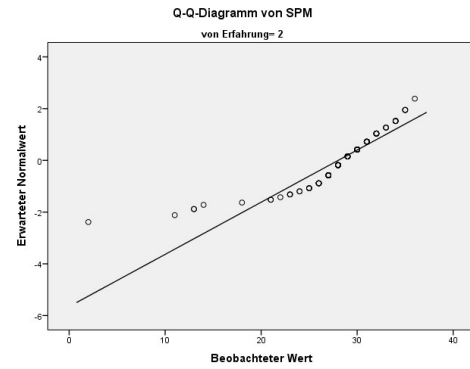
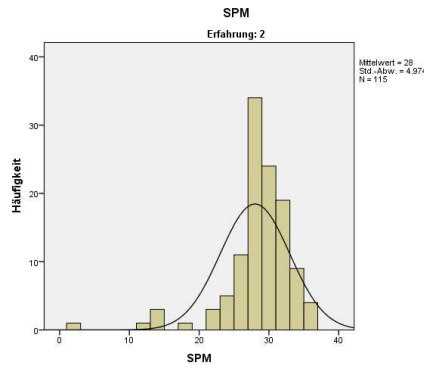
Anmerkungen. *. Dies ist eine untere Grenze der echten Signifikanz; a. Signifikanzkorrektur nach Lilliefors

SPM

Studierende

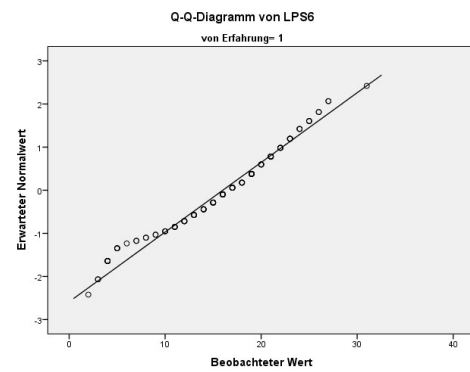
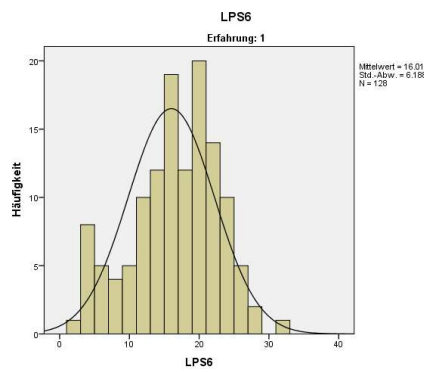


X-Ray Screener

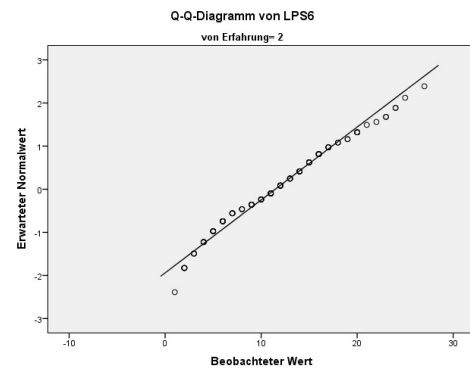
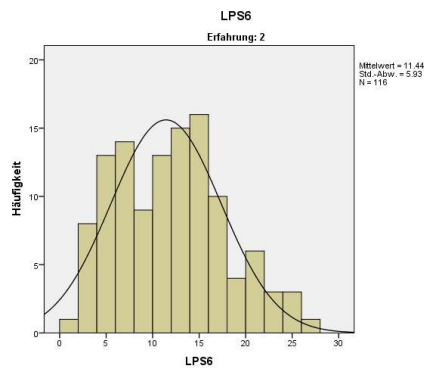


LPS 6

Studierende

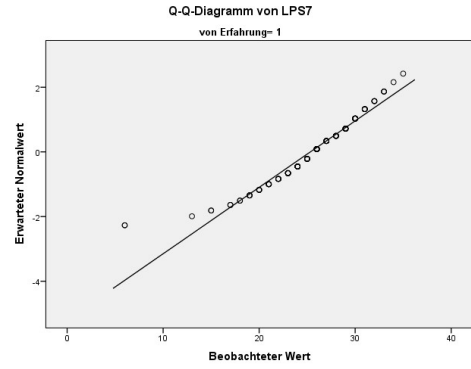
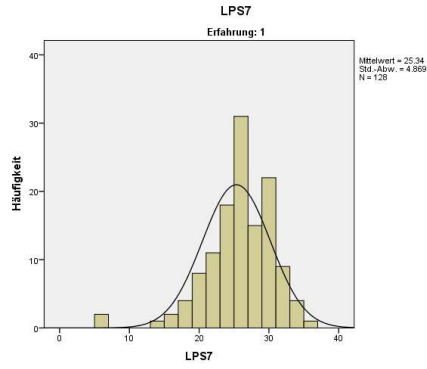


X-Ray Screener

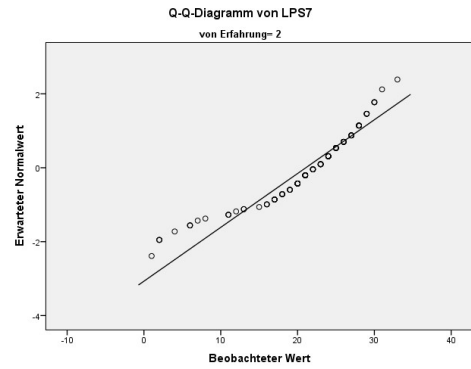
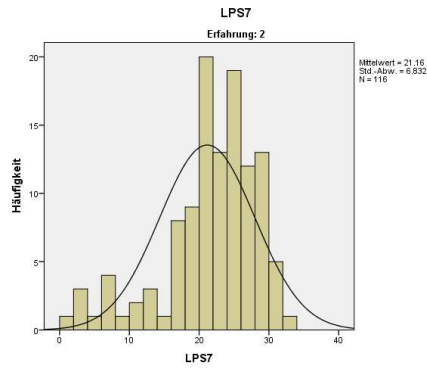


LPS 7

Studierende

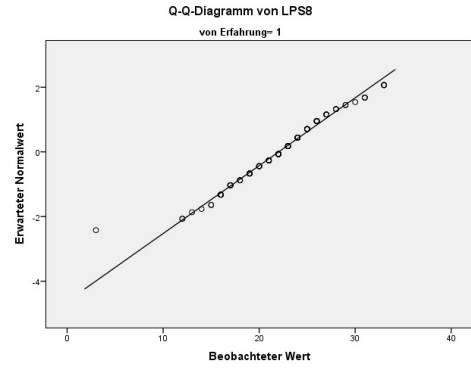
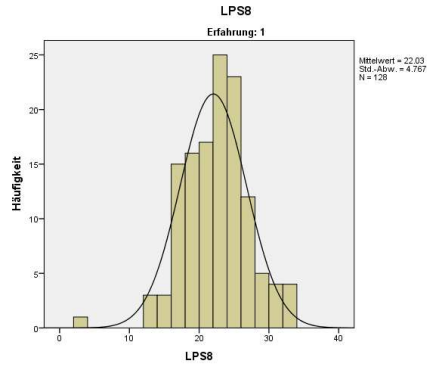


X-Ray Screener

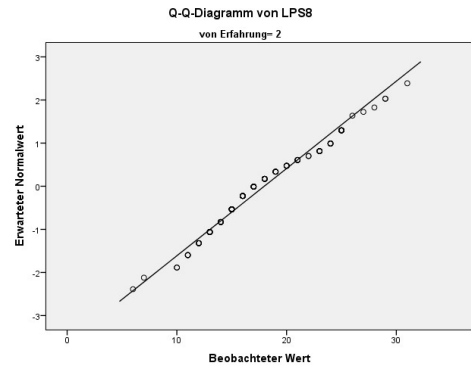
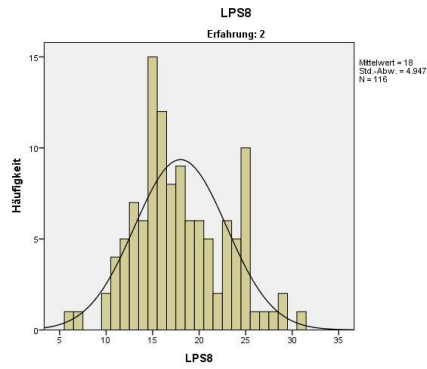


LPS 8

Studierende

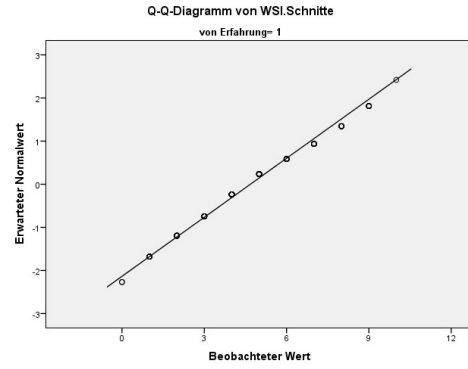
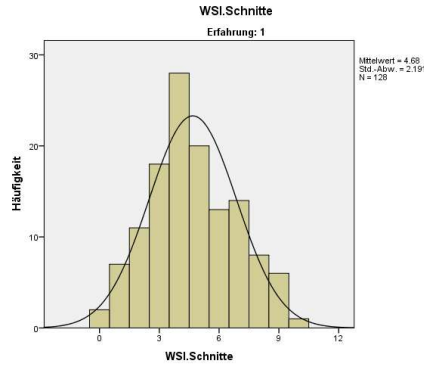


X-Ray Screener

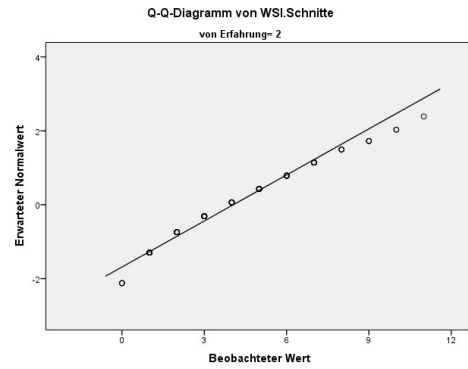
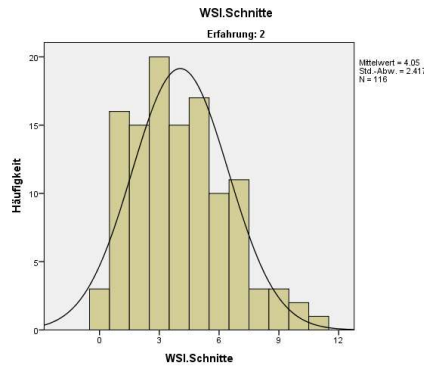


WSI-S

Studierende

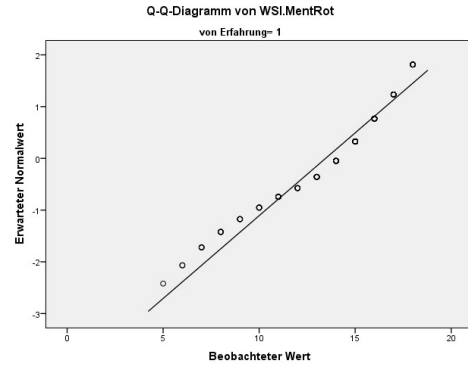
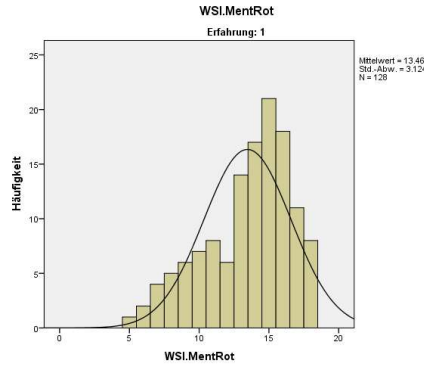


X-Ray Screener

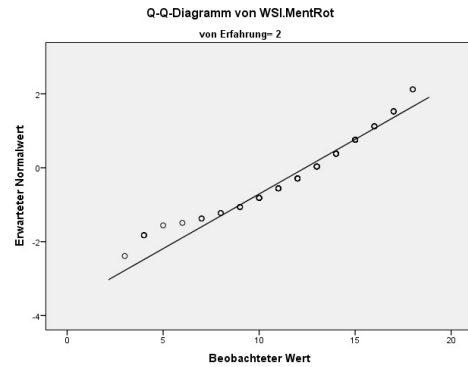
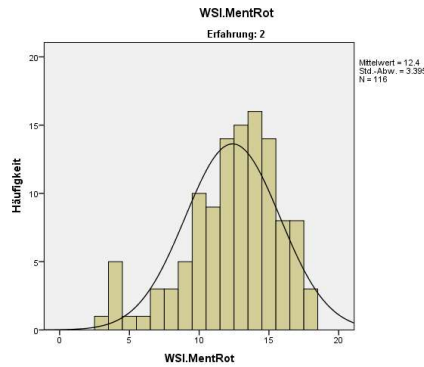


WSI-MR

Studierende

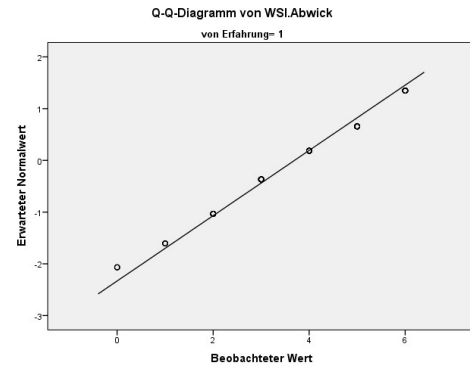
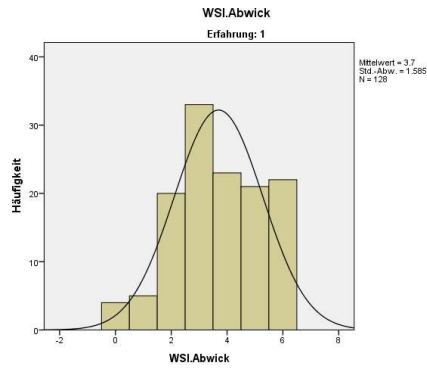


X-Ray Screener

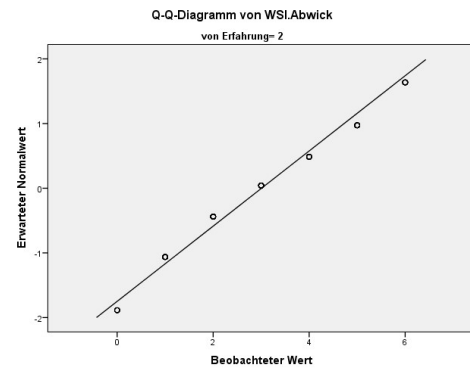
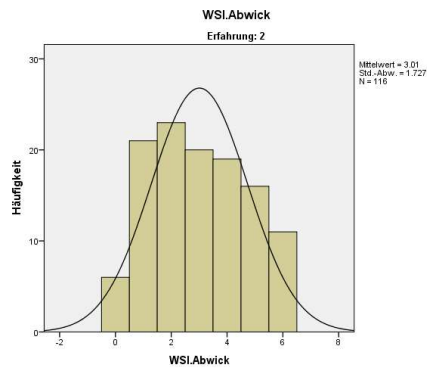


WSI-A

Studierende

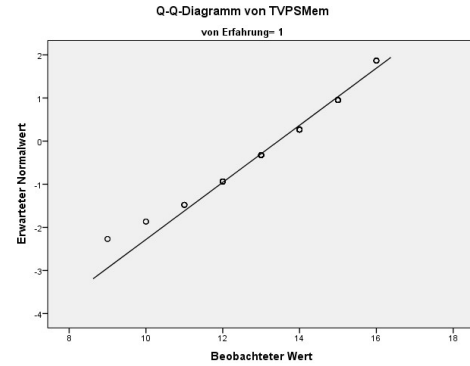
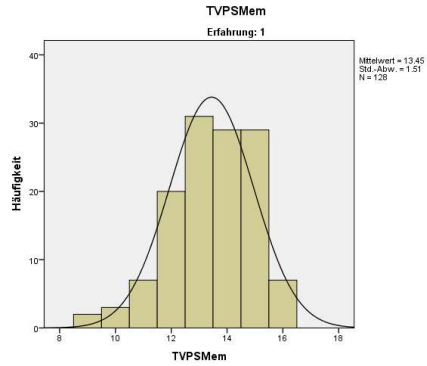


X-Ray Screener

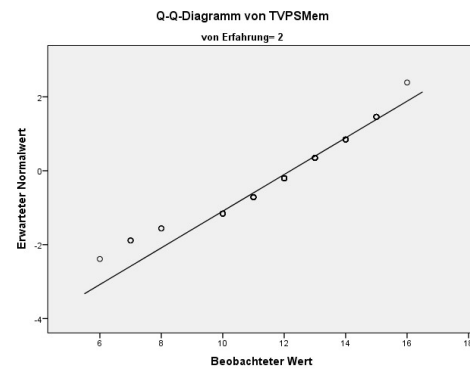
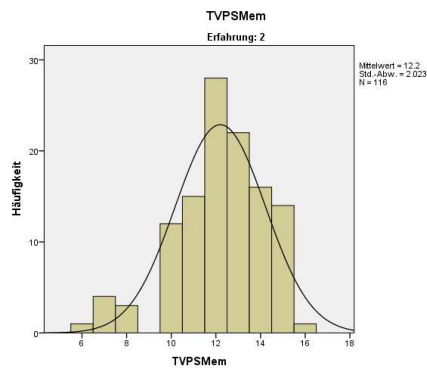


TVPS-M

Studierende

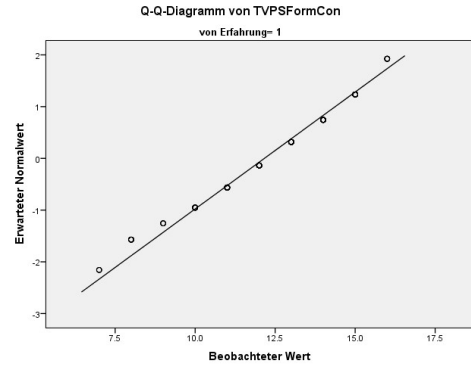
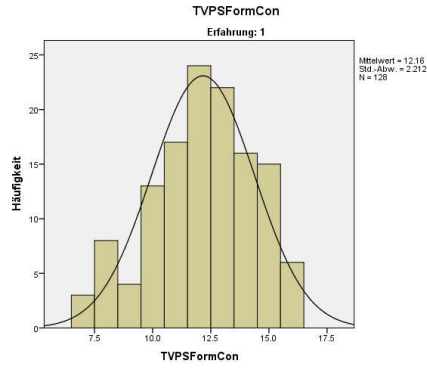


X-Ray Screener

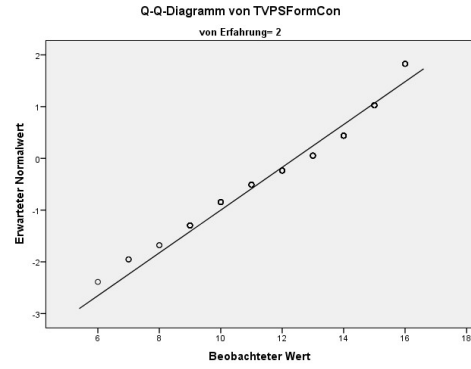
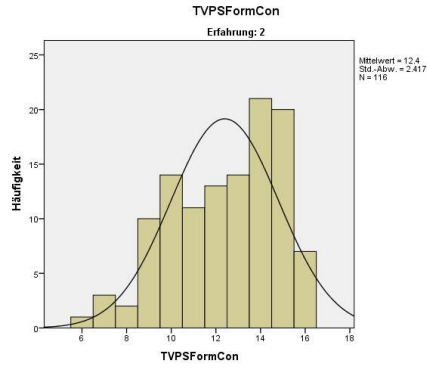


TVPS-FC

Studierende

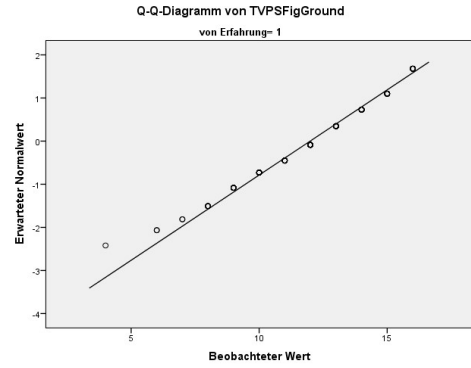
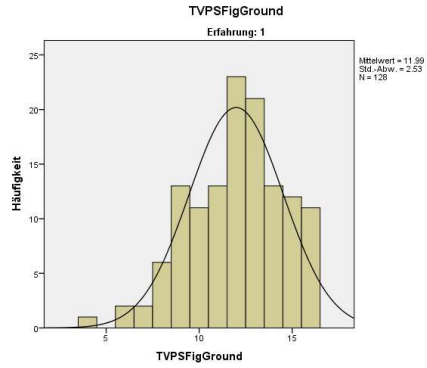


X-Ray Screener

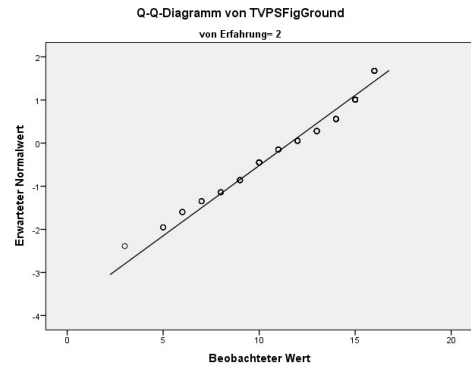
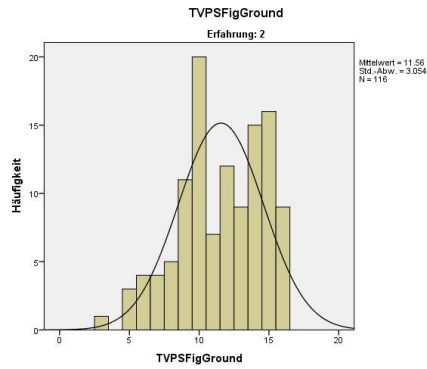


TVPS-FG

Studierende

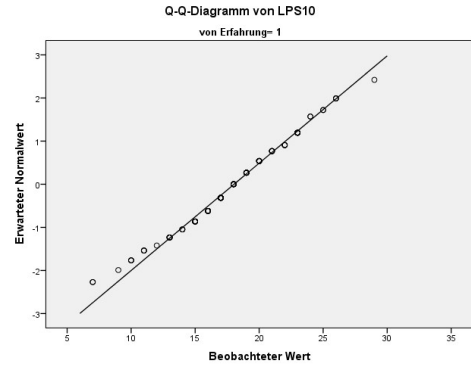
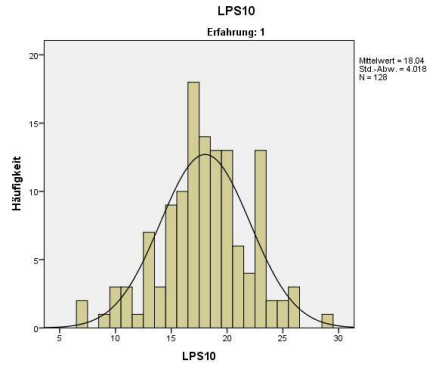


X-Ray Screener

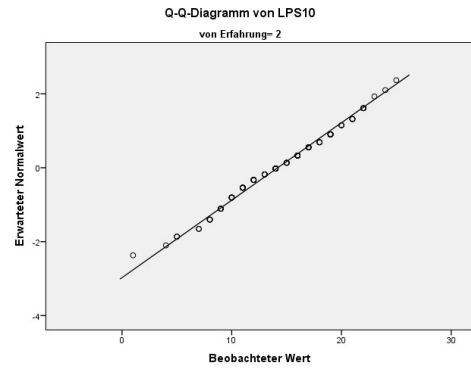
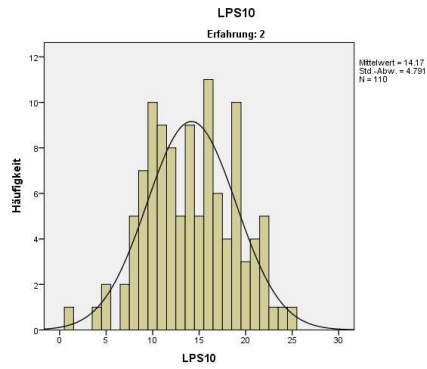


LPS 10

Studierende

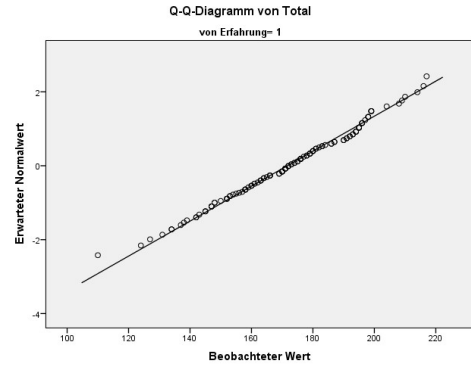
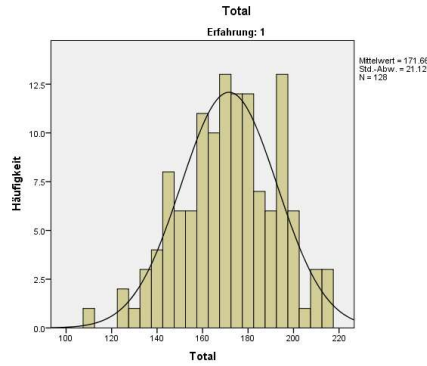


X-Ray Screener

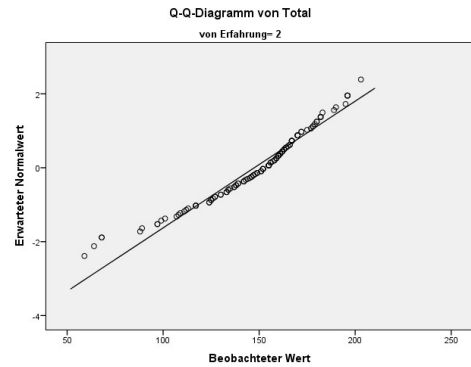
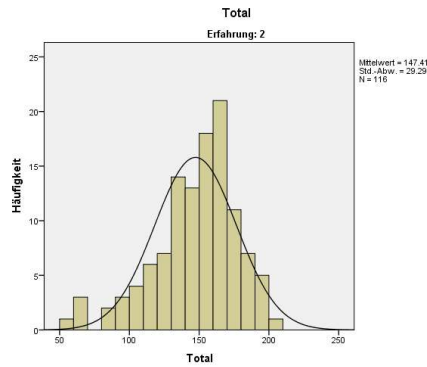


VCTB Total

Studierende

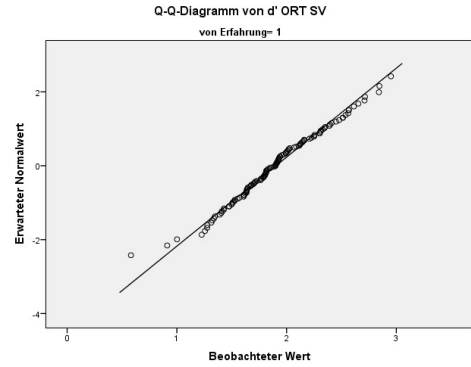
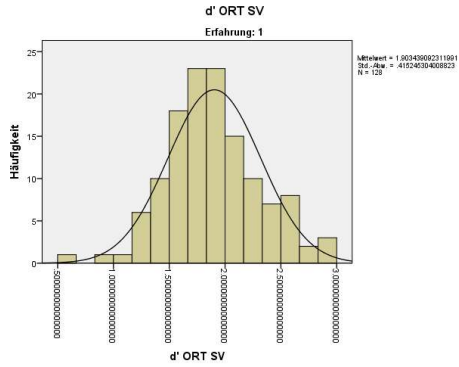


X-Ray Screener

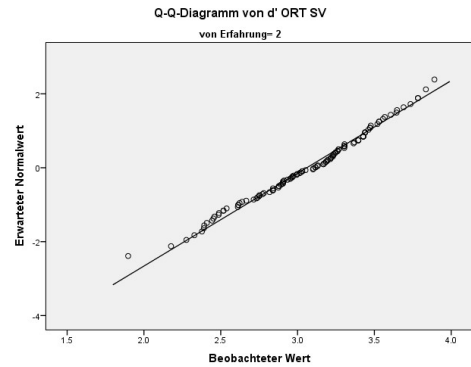
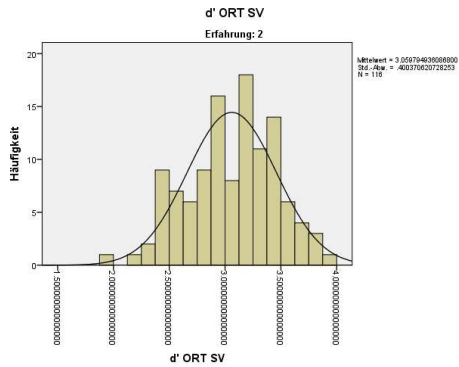


d' ORT SV

Studierende

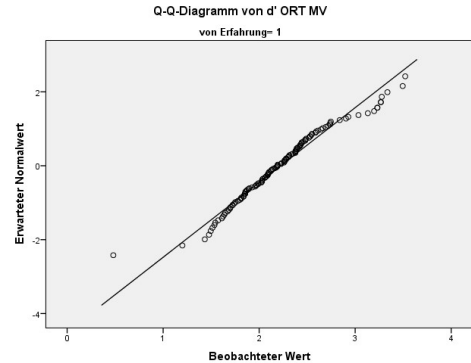
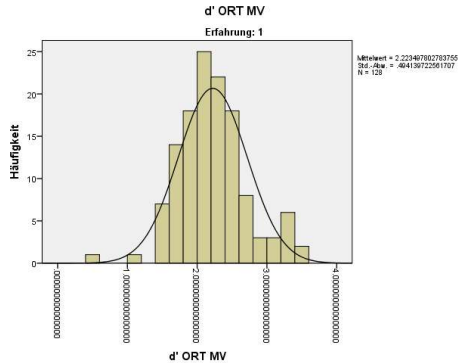


X-Ray Screener

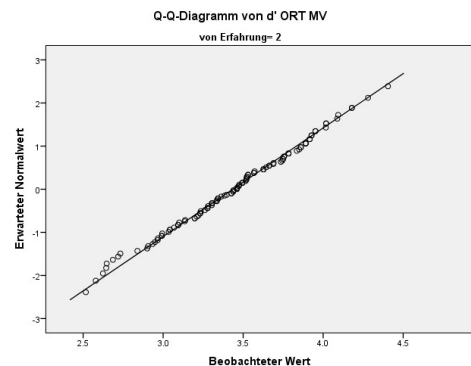
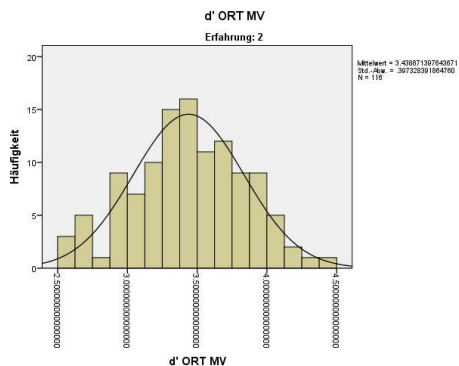


d' ORT MV

Studierende

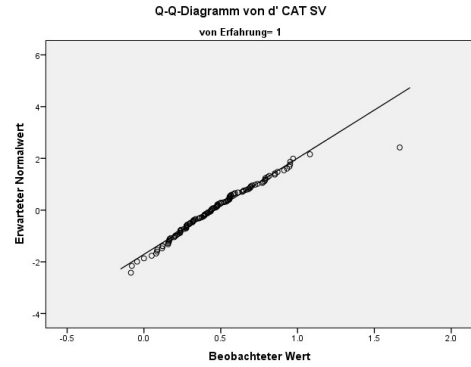
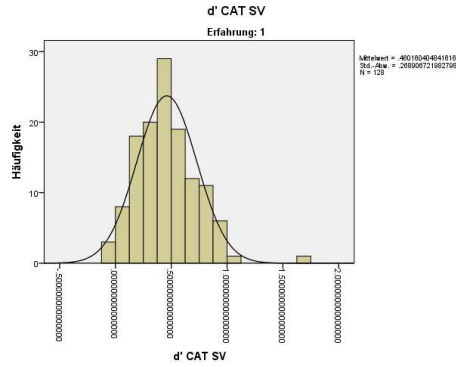


X-Ray Screener

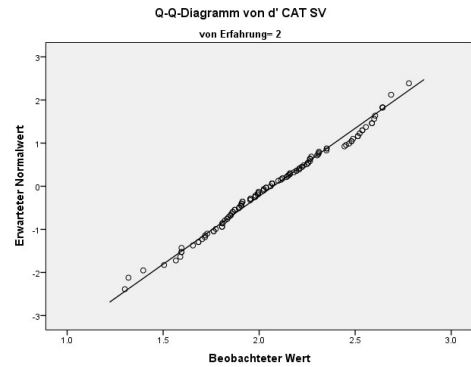
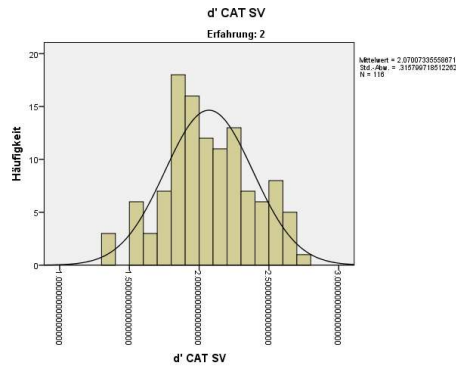


d'CAT SV

Studierende

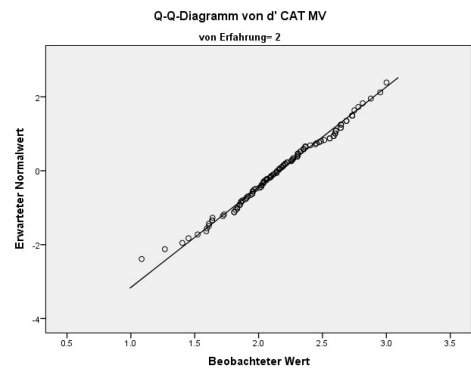
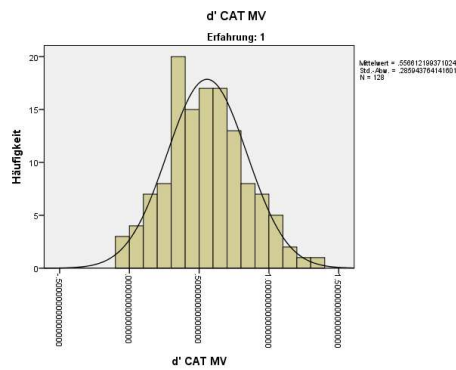


X-Ray Screener

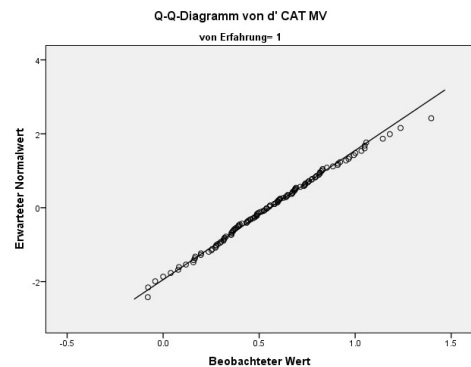
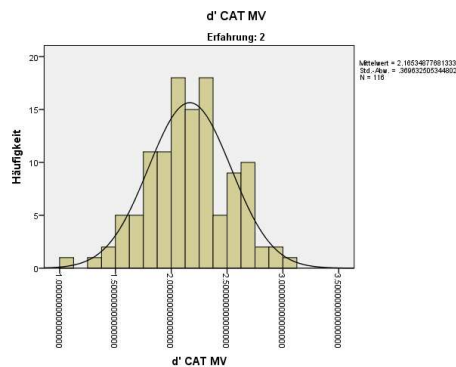


d'CAT MV

Studierende

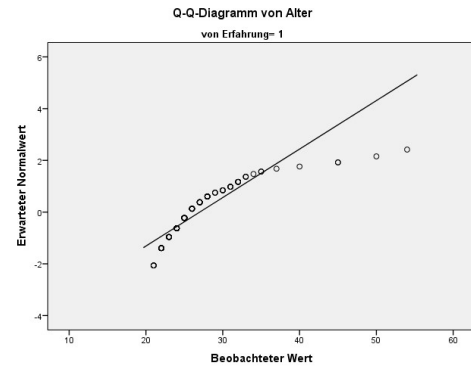
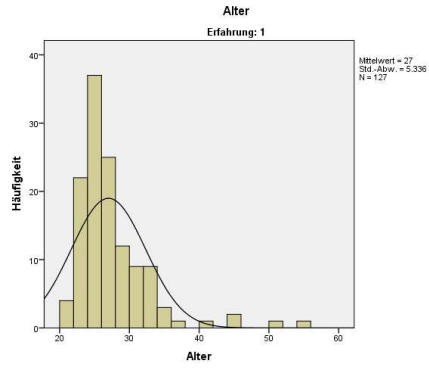


X-Ray Screener

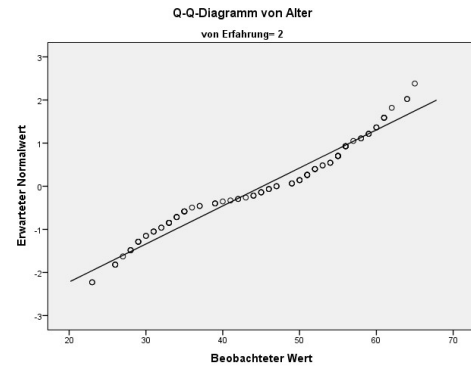
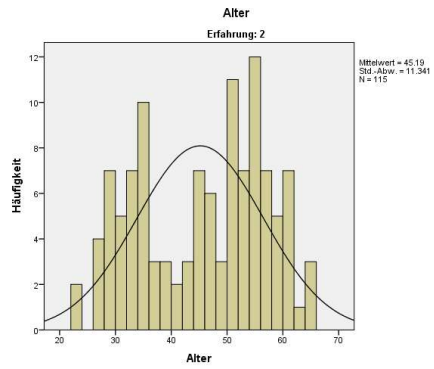


Alter

Studierende



X-Ray Screener



7.9 Test auf Varianzhomogenität

Tabelle 22
Prüfung auf Varianzhomogenität

		Levene-Statistik	df1	df2	<i>p</i>
SPM	Basiert auf dem Mittelwert	3.113	1	242	.079
	Basiert auf dem Median	3.253	1	242	.073
	Basierend auf dem Median und mit angepassten df	3.253	1	184.214	.073
	Basiert auf dem getrimmten Mittel	3.216	1	242	.074
LPS 6	Basiert auf dem Mittelwert	.053	1	243	.819
	Basiert auf dem Median	.056	1	243	.813
	Basierend auf dem Median und mit angepassten df	.056	1	241.238	.813
	Basiert auf dem getrimmten Mittel	.051	1	243	.821
LPS 7	Basiert auf dem Mittelwert	9.083	1	243	.003
	Basiert auf dem Median	8.132	1	243	.005
	Basierend auf dem Median und mit angepassten df	8.132	1	219.298	.005
	Basiert auf dem getrimmten Mittel	8.626	1	243	.004
LPS 8	Basiert auf dem Mittelwert	.972	1	243	.325
	Basiert auf dem Median	.649	1	243	.421
	Basierend auf dem Median und mit angepassten df	.649	1	242.979	.421
	Basiert auf dem getrimmten Mittel	.941	1	243	.333
WSI-S	Basiert auf dem Mittelwert	1.015	1	243	.315
	Basiert auf dem Median	.976	1	243	.324
	Basierend auf dem Median und mit angepassten df	.976	1	242.692	.324
	Basiert auf dem getrimmten Mittel	.938	1	243	.334
WSI-MR	Basiert auf dem Mittelwert	.137	1	243	.712
	Basiert auf dem Median	.189	1	243	.664
	Basierend auf dem Median und mit angepassten df	.189	1	239.327	.664
	Basiert auf dem getrimmten Mittel	.140	1	243	.708
WSI-A	Basiert auf dem Mittelwert	.745	1	243	.389
	Basiert auf dem Median	.801	1	243	.372
	Basierend auf dem Median und mit angepassten df	.801	1	242.780	.372
	Basiert auf dem getrimmten Mittel	.771	1	243	.381
TVPS-M	Basiert auf dem Mittelwert	4.686	1	243	.031
	Basiert auf dem Median	3.779	1	243	.053
	Basierend auf dem Median und mit angepassten df	3.779	1	229.047	.053
	Basiert auf dem getrimmten Mittel	5.036	1	243	.026
TVPS-FC	Basiert auf dem Mittelwert	3.138	1	243	.078
	Basiert auf dem Median	2.118	1	243	.147
	Basierend auf dem Median und mit angepassten df	2.118	1	241.754	.147
	Basiert auf dem getrimmten Mittel	2.883	1	243	.091
TVPS-FG	Basiert auf dem Mittelwert	8.881	1	243	.003
	Basiert auf dem Median	7.800	1	243	.006
	Basierend auf dem Median und mit angepassten df	7.800	1	240.841	.006

Studierende vs. X-Ray Screener

LPS 10	Basiert auf dem getrimmten Mittel	8.421	1	243	.004
	Basiert auf dem Mittelwert	6.668	1	237	.010
	Basiert auf dem Median	6.480	1	237	.012
	Basierend auf dem Median und mit angepaßten df	6.480	1	236.665	.012
Total	Basiert auf dem getrimmten Mittel	6.630	1	237	.011
	Basiert auf dem Mittelwert	7.769	1	243	.006
	Basiert auf dem Median	6.071	1	243	.014
	Basierend auf dem Median und mit angepaßten df	6.071	1	205.588	.015
d' ORT SV	Basiert auf dem getrimmten Mittel	7.083	1	243	.008
	Basiert auf dem Mittelwert	.041	1	243	.840
	Basiert auf dem Median	.020	1	243	.887
	Basierend auf dem Median und mit angepaßten df	.020	1	240.311	.887
d' ORT MV	Basiert auf dem getrimmten Mittel	.038	1	243	.845
	Basiert auf dem Mittelwert	2.754	1	243	.098
	Basiert auf dem Median	2.649	1	243	.105
	Basierend auf dem Median und mit angepaßten df	2.649	1	225.180	.105
d' CAT SV	Basiert auf dem getrimmten Mittel	2.728	1	243	.100
	Basiert auf dem Mittelwert	5.082	1	243	.025
	Basiert auf dem Median	5.052	1	243	.025
	Basierend auf dem Median und mit angepaßten df	5.052	1	242.017	.025
d' CAT MV	Basiert auf dem getrimmten Mittel	5.219	1	243	.023
	Basiert auf dem Mittelwert	6.102	1	243	.014
	Basiert auf dem Median	6.027	1	243	.015
	Basierend auf dem Median und mit angepaßten df	6.027	1	226.911	.015
Alter	Basiert auf dem getrimmten Mittel	6.172	1	243	.014
	Basiert auf dem Mittelwert	108.046	1	240	.000
	Basiert auf dem Median	96.260	1	240	.000
	Basierend auf dem Median und mit angepaßten df	96.260	1	217.532	.000
	Basiert auf dem getrimmten Mittel	108.373	1	240	.000

Anmerkungen. p = Signifikanz

7.10 Prüfung der Voraussetzungen multiple Regressionsanalyse

Tabelle 23

Kollinearitätsdiagnostik Prädiktoren Studierende

	Toleranz	VIF
SPM	.607	1.648
LPS 6	.823	1.215
LPS 7	.583	1.716
LPS 8	.613	1.632
WSI-S	.688	1.453
WSI-MR	.572	1.749
WSI-A	.659	1.516
TVPS-M	.827	1.209
TVPS-FC	.475	2.104
TVPS-FG	.462	2.164
LPS 10	.824	1.213

Tabelle 24

Kollinearitätsdiagnostik Prädiktoren X-Ray Sceener

	Toleranz	VIF
SPM	.369	2.709
LPS 6	.769	1.301
LPS 7	.513	1.948
LPS 8	.635	1.574
WSI-S	.640	1.562
WSI-MR	.737	1.358
WSI-A	.616	1.622
TVPS-M	.729	1.372
TVPS-FC	.436	2.293
TVPS-FG	.349	2.868
LPS 10	.614	1.630

Keine der Korrelationen ist über $r > .90$ (siehe *Tabelle 6* und *Tabelle 13*). Die VIF Werte sind kleiner als 10 und im Durchschnitt nicht substanziell über 1. Keiner der Toleranzwerte ist unter 0.2, was unproblematisch ist (Field, 2011). Es besteht keine Multikollinearität.

Erkennungsleistung d' ORT SV Studierende

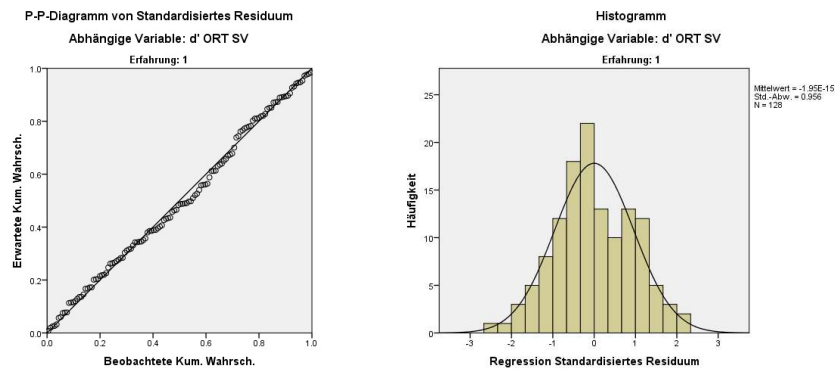
Tabelle 25
Residualstatistik für Erkennungsleistung d' ORT SV

	M	Min.	Max.
Mahalanobis Distance	10.91	3.16	35.40
Cook's Distance	.01	.00	.05
Centered Leverage Value	.09	.02	.28

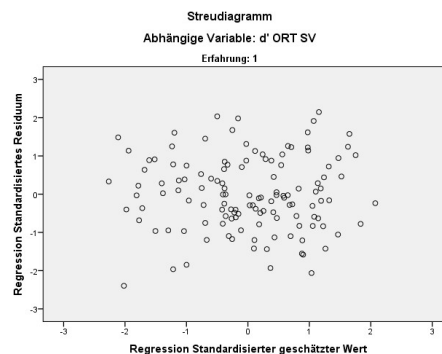
Anmerkungen. M = Mittelwert, Min. = Minimum, Max = Maximum

Mehrere Fälle weisen einen höheren absoluten Leverage-Wert als der durchschnittliche Leverage-Wert multipliziert Mal 3 (0.156) auf. Fälle. Auch haben mehrere Fälle eine höhere Mahalanobis Distanz als 15 (vgl. Field, 2011). Allerdings überschreitet keiner der Cook's distance: Werte den Wert 1, d.h. keiner der Fälle hat einen Einfluss auf das Modell (Field, 2011).

Normalverteilte Residuen: die Residuen sind annähernd normalverteilt.



Homoskedazität und Unabhängigkeit der Fehlerwerte: Die Verteilung der Punktwolke zeigt keine systematischen Varianzveränderungen. Es ist auch keine trichterförmige Form zu erkennen. Die Varianzen der Schätzfehler scheinen also unabhängig vom geschätzten Wert des Kriteriums zu sein und daher kann davon ausgegangen werden, dass die Voraussetzung der Homoskedastizität nicht verletzt wurde (Fidell & Tabachnick, 2007). Der Durbin-Watson Test (1.915) zeigt ausserdem, dass die Fehlerwerte unabhängig sind (Field, 2011).



Erkennungsleistung d' ORT MV Studierende

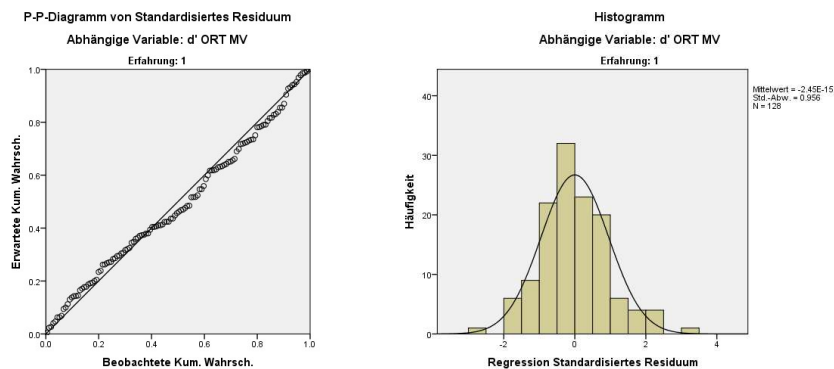
Tabelle 26
Residualstatistik für Erkennungsleistung d' ORT MV

	M	Min.	Max.
Mahalanobis Distance	10.91	3.16	35.40
Cook's Distance	.01	.00	.14
Centered Leverage Value	.09	.03	.28

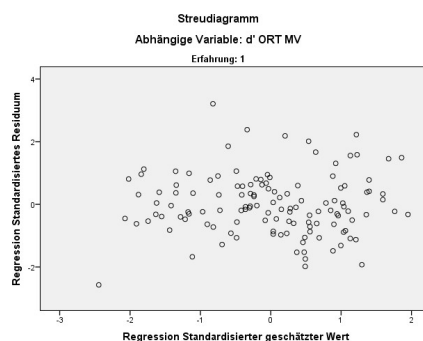
Anmerkungen. M = Mittelwert, Min. = Minimum, Max = Maximum

Mehrere Fälle weisen einen höheren absoluten Leverage-Wert als der durchschnittliche Leverage-Wert multipliziert Mal 3 (0.156) auf. Fälle. Auch haben mehrere Fälle eine höhere Mahalanobis Distanz als 15 (vgl. Field, 2011). Allerdings überschreitet keiner der Cook's distance: Werte den Wert 1, d.h. keiner der Fälle hat einen Einfluss auf das Modell (Field, 2011).

Normalverteilte Residuen: die Residuen sind annähernd normalverteilt.



Homoskedazität und Unabhängigkeit der Fehlerwerte: Die Verteilung der Punktwolke zeigt keine systematischen Varianzveränderungen. Es ist auch keine trichterförmige Form zu erkennen. Die Varianzen der Schätzfehler scheinen also unabhängig vom geschätzten Wert des Kriteriums zu sein und daher kann davon ausgegangen werden, dass die Voraussetzung der Homoskedazität nicht verletzt wurde (Fidell & Tabachnick, 2007). Der Durbin-Watson Test (1.978) zeigt ausserdem, dass die Fehlerwerte unabhängig sind (Field, 2011).



Erkennungsleistung d' CAT SV Studierende

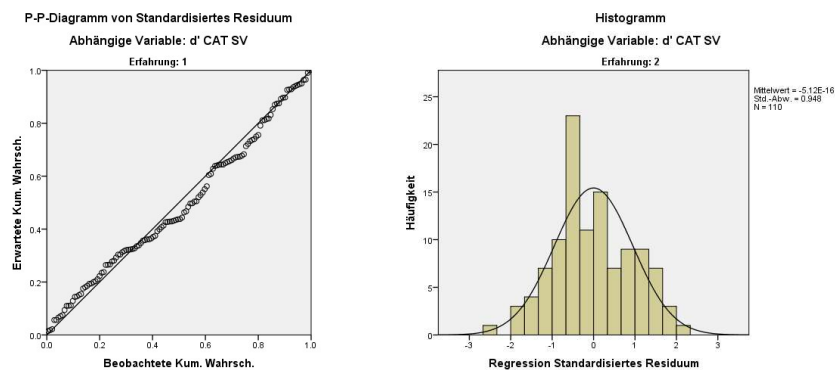
Tabelle 27
Residualstatistik für Erkennungsleistung d' CAT SV

	M	Min.	Max.
Mahalanobis Distance	10.91	3.16	35.40
Cook's Distance	.01	.00	.08
Centered Leverage Value	.09	.02	.28

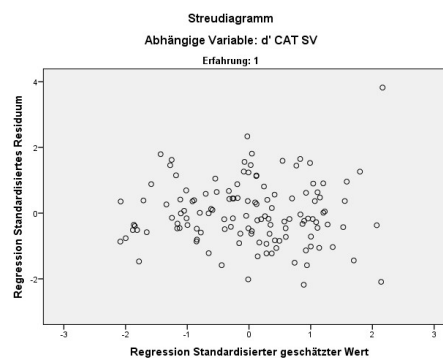
Anmerkungen. M = Mittelwert, Min. = Minimum, Max = Maximum

Mehrere Fälle weisen einen höheren absoluten Leverage-Wert als der durchschnittliche Leverage-Wert multipliziert Mal 3 (0.156) auf. Fälle. Auch haben mehrere Fälle eine höhere Mahalanobis Distanz als 15 (vgl. Field, 2011). Allerdings überschreitet keiner der Cook's distance: Werte den Wert 1, d.h. keiner der Fälle hat einen Einfluss auf das Modell (Field, 2011).

Normalverteilte Residuen: die Residuen sind annähernd normalverteilt.



Homoskedazität und Unabhängigkeit der Fehlerwerte: Die Verteilung der Punktwolke zeigt keine systematischen Varianzveränderungen. Es ist auch keine trichterförmige Form zu erkennen. Die Varianzen der Schätzfehler scheinen also unabhängig vom geschätzten Wert des Kriteriums zu sein und daher kann davon ausgegangen werden, dass die Voraussetzung der Homoskedastizität nicht verletzt wurde (Fidell & Tabachnick, 2007). Der Durbin-Watson Test (2.108) zeigt ausserdem, dass die Fehlerwerte unabhängig sind (Field, 2011).



Erkennungsleistung d' CAT MV Studierende

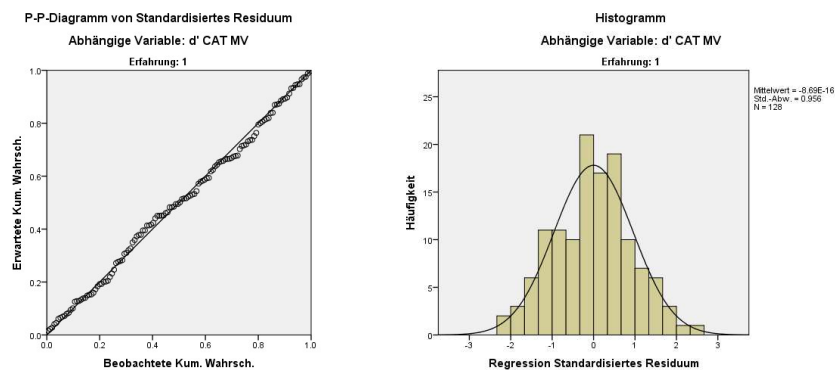
Tabelle 28
Residualstatistik für Erkennungsleistung d' CAT MV

	M	Min.	Max.
Mahalanobis Distance	10.91	3.16	35.40
Cook's Distance	.01	.00	.06
Centered Leverage Value	.09	.02	.28

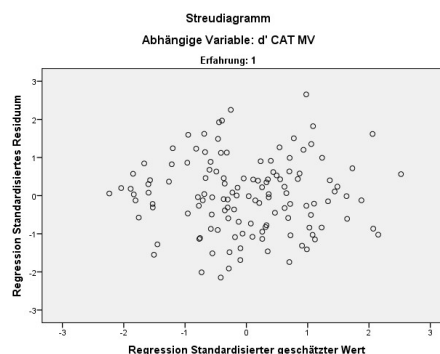
Anmerkungen. M = Mittelwert, Min. = Minimum, Max = Maximum

Mehrere Fälle weisen einen höheren absoluten Leverage-Wert als der durchschnittliche Leverage-Wert multipliziert Mal 3 (0.156) auf. Fälle. Auch haben mehrere Fälle eine höhere Mahalanobis Distanz als 15 (vgl. Field, 2011). Allerdings überschreitet keiner der Cook's distance: Werte den Wert 1, d.h. keiner der Fälle hat einen Einfluss auf das Modell (Field, 2011).

Normalverteilte Residuen: die Residuen sind annähernd normalverteilt.



Homoskedazität und Unabhängigkeit der Fehlerwerte: Die Verteilung der Punktwolke zeigt keine systematischen Varianzveränderungen. Es ist auch keine trichterförmige Form zu erkennen. Die Varianzen der Schätzfehler scheinen also unabhängig vom geschätzten Wert des Kriteriums zu sein und daher kann davon ausgegangen werden, dass die Voraussetzung der Homoskedastizität nicht verletzt wurde (Fidell & Tabachnick, 2007). Der Durbin-Watson Test (2.026) zeigt ausserdem, dass die Fehlerwerte unabhängig sind (Field, 2011).



Erkennungsleistung d' ORT SV X-Ray Screener

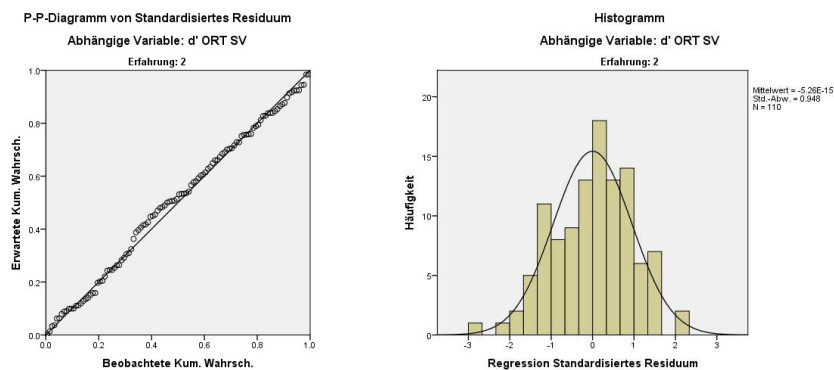
Tabelle 29
Residualstatistik für Erkennungsleistung d' ORT SV

	M	Min.	Max.
Mahalanobis Distance	10.90	3.06	42.60
Cook's Distance	.01	.00	.11
Centered Leverage Value	.10	.03	.39

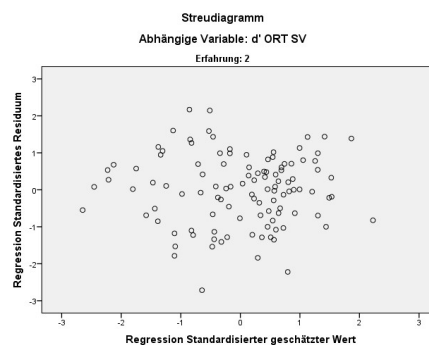
Anmerkungen. M = Mittelwert, Min. = Minimum, Max = Maximum

Mehrere Fälle weisen einen höheren absoluten Leverage-Wert als der durchschnittliche Leverage-Wert multipliziert Mal 3 (0.156) auf. Fälle. Auch haben mehrere Fälle eine höhere Mahalanobis Distanz als 15 (vgl. Field, 2011). Allerdings überschreitet keiner der Cook's distance: Werte den Wert 1, d.h. keiner der Fälle hat einen Einfluss auf das Modell (Field, 2011).

Normalverteilte Residuen: die Residuen sind annähernd normalverteilt.



Homoskedazität und Unabhängigkeit der Fehlerwerte: Die Verteilung der Punktwolke zeigt keine systematischen Varianzveränderungen. Es ist auch keine trichterförmige Form zu erkennen. Die Varianzen der Schätzfehler scheinen also unabhängig vom geschätzten Wert des Kriteriums zu sein und daher kann davon ausgegangen werden, dass die Voraussetzung der Homoskedastizität nicht verletzt wurde (Fidell & Tabachnick, 2007). Der Durbin-Watson Test (1.909) zeigt ausserdem, dass die Fehlerwerte unabhängig sind (Field, 2011).



Erkennungsleistung d' ORT MV X-Ray Screener

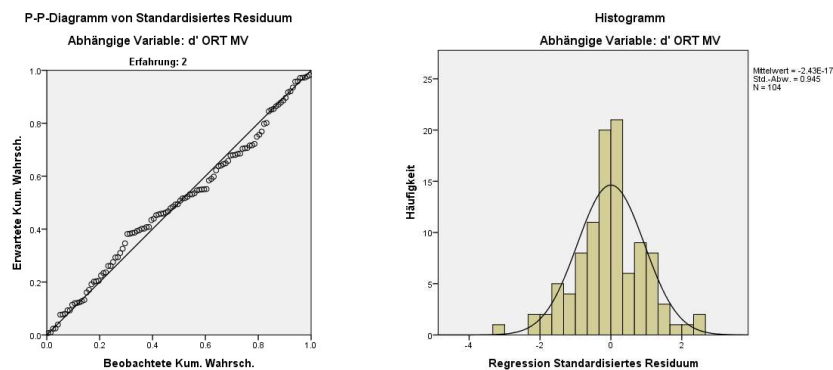
Tabelle 30
Residualstatistik für Erkennungsleistung d' ORT MV

	M	Min.	Max.
Mahalanobis Distance	10.90	3.06	42.60
Cook's Distance	.01	.00	.08
Centered Leverage Value	.10	.03	.39

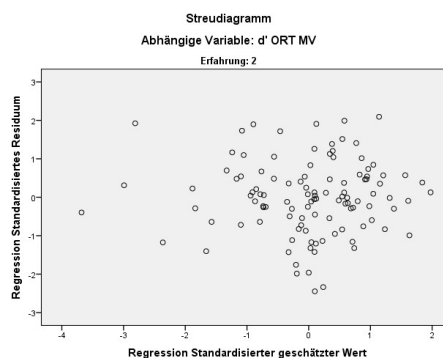
Anmerkungen. M = Mittelwert, Min. = Minimum, Max = Maximum

Mehrere Fälle weisen einen höheren absoluten Leverage-Wert als der durchschnittliche Leverage-Wert multipliziert Mal 3 (0.156) auf. Fälle. Auch haben mehrere Fälle eine höhere Mahalanobis Distanz als 15 (vgl. Field, 2011). Allerdings überschreitet keiner der Cook's distance: Werte den Wert 1, d.h. keiner der Fälle hat einen Einfluss auf das Modell (Field, 2011).

Normalverteilte Residuen: die Residuen sind annähernd normalverteilt.



Homoskedazität und Unabhängigkeit der Fehlerwerte: Die Verteilung der Punktwolke zeigt keine systematischen Varianzveränderungen. Es ist auch keine trichterförmige Form zu erkennen. Die Varianzen der Schätzfehler scheinen also unabhängig vom geschätzten Wert des Kriteriums zu sein und daher kann davon ausgegangen werden, dass die Voraussetzung der Homoskedastizität nicht verletzt wurde (Fidell & Tabachnick, 2007). Der Durbin-Watson Test (1.860) zeigt ausserdem, dass die Fehlerwerte unabhängig sind (Field, 2011).



Erkennungsleistung d' CAT SV X-Ray Screener

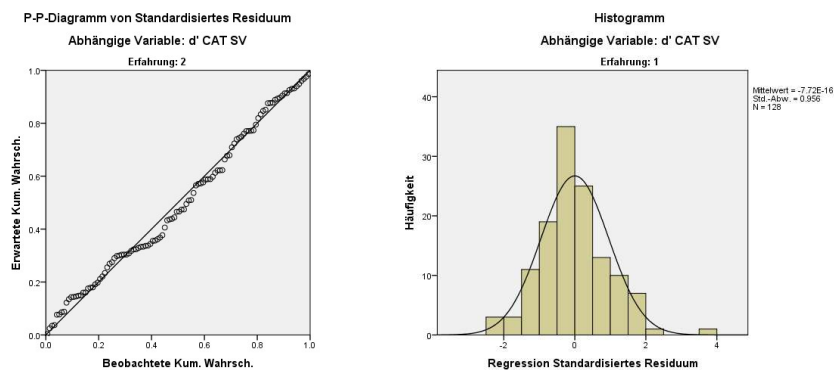
Tabelle 31
Residualstatistik für Erkennungsleistung d' CAT SV

	M	Min.	Max.
Mahalanobis Distance	10.90	3.06	42.60
Cook's Distance	.011	.00	.09
Centered Leverage Value	.10	.03	.39

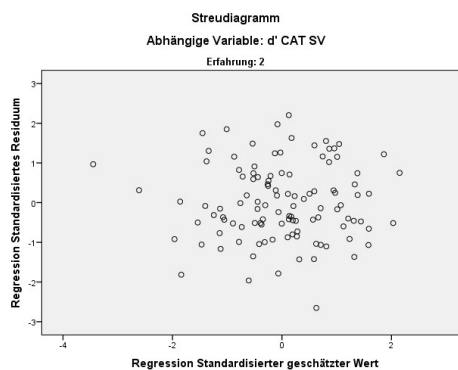
Anmerkungen. M = Mittelwert, Min. = Minimum, Max = Maximum

Mehrere Fälle weisen einen höheren absoluten Leverage-Wert als der durchschnittliche Leverage-Wert multipliziert Mal 3 (0.156) auf. Fälle. Auch haben mehrere Fälle eine höhere Mahalanobis Distanz als 15 (vgl. Field, 2011). Allerdings überschreitet keiner der Cook's distance: Werte den Wert 1, d.h. keiner der Fälle hat einen Einfluss auf das Modell (Field, 2011).

Normalverteilte Residuen: die Residuen sind annähernd normalverteilt.



Homoskedazität und Unabhängigkeit der Fehlerwerte: Die Verteilung der Punktwolke zeigt keine systematischen Varianzveränderungen. Es ist auch keine trichterförmige Form zu erkennen. Die Varianzen der Schätzfehler scheinen also unabhängig vom geschätzten Wert des Kriteriums zu sein und daher kann davon ausgegangen werden, dass die Voraussetzung der Homoskedastizität nicht verletzt wurde (Fidell & Tabachnick, 2007). Der Durbin-Watson Test (1.981) zeigt ausserdem, dass die Fehlerwerte unabhängig sind (Field, 2011).



Erkennungsleistung d' CAT MV X-Ray Screener

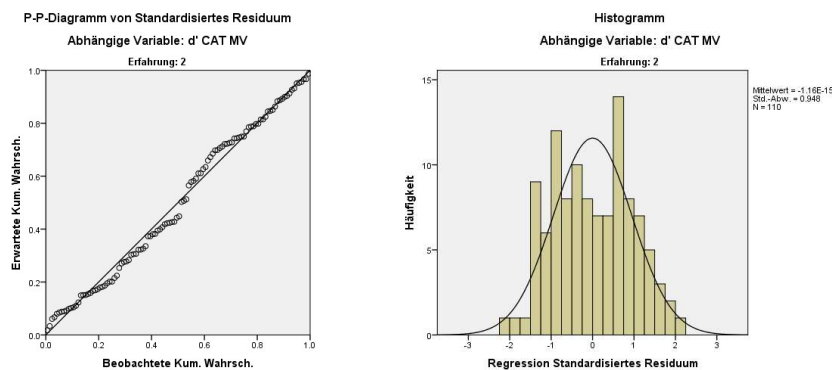
Tabelle 32
Residualstatistik für Erkennungsleistung d' CAT MV

	M	Min.	Max.
Mahalanobis Distance	10.90	3.06	42.60
Cook's Distance	.01	.00	.07
Centered Leverage Value	.10	.03	.39

Anmerkungen. M = Mittelwert, Min. = Minimum, Max = Maximum

Mehrere Fälle weisen einen höheren absoluten Leverage-Wert als der durchschnittliche Leverage-Wert multipliziert Mal 3 (0.156) auf. Fälle. Auch haben mehrere Fälle eine höhere Mahalanobis Distanz als 15 (vgl. Field, 2011). Allerdings überschreitet keiner der Cook's distance: Werte den Wert 1, d.h. keiner der Fälle hat einen Einfluss auf das Modell (Field, 2011).

Normalverteilte Residuen: die Residuen sind annähernd normalverteilt.



Homoskedazität und Unabhängigkeit der Fehlerwerte: Die Verteilung der Punktwolke zeigt keine systematischen Varianzveränderungen. Es ist auch keine trichterförmige Form zu erkennen. Die Varianzen der Schätzfehler scheinen also unabhängig vom geschätzten Wert des Kriteriums zu sein und daher kann davon ausgegangen werden, dass die Voraussetzung der Homoskedastizität nicht verletzt wurde (Fidell & Tabachnick, 2007). Der Durbin-Watson Test (1.881) zeigt ausserdem, dass die Fehlerwerte unabhängig sind (Field, 2011).

