

*AUS DER ABTEILUNG  
FÜR UNFALLCHIRURGIE  
LEITER: PROF. DR. MED. MICHAEL NERLICH  
DER MEDIZINISCHEN FAKULTÄT  
DER UNIVERSITÄT REGENSBURG*

*VISUELL RÄUMLICHES VORSTELLUNGSVERMÖGEN – EIN VERGLEICH ZWISCHEN  
CHIRURGEN UND INTERNISTEN*

Inaugural – Dissertation  
zur Erlangung des Doktorgrades  
*DER MEDIZIN*

der  
Medizinischen Fakultät  
der Universität Regensburg

vorgelegt von  
*CHRISTINA ELISABETH HILDEGARD FRIEMEL*

2013



*AUS DER ABTEILUNG  
FÜR UNFALLCHIRURGIE  
LEITER: PROF. DR. MED. MICHAEL NERLICH  
DER MEDIZINISCHEN FAKULTÄT  
DER UNIVERSITÄT REGENSBURG*

*VISUELL RÄUMLICHES VORSTELLUNGSVERMÖGEN – EIN VERGLEICH ZWISCHEN  
CHIRURGEN UND INTERNISTEN*

Inaugural – Dissertation  
zur Erlangung des Doktorgrades  
*der Medizin*

der  
Medizinischen Fakultät  
der Universität Regensburg

vorgelegt von  
*CHRISTINA ELISABETH HILDEGARD FRIEMEL*

2013

Dekan: *Prof. Dr. Dr. Torsten E. Reichert*

1. Berichterstatter: *Prof. Dr. med Bernd Kinner*

2. Berichterstatter: *Prof. Dr. Petra Jansen*

Tag der mündlichen Prüfung: *15.07.2013*

# INHALTSVERZEICHNIS:

Inhaltsverzeichnis:.....	1
1. Einleitung .....	3
1.1. Visuell räumliches Vorstellungsvermögen.....	3
1.2. Bedeutung für den medizinischen Kontext .....	5
1.2.1. Räumliche Kompetenz im Klinikalltag.....	5
1.2.2. Ausbildung und Training .....	6
1.2.2.1 VSP und chirurgische Kompetenz .....	6
1.2.2.2. Erlernen komplexer medizinischer Verfahren .....	9
1.3. Individualspezifische Faktoren und VSP .....	13
1.3.1. 3-D-Computerspiele .....	13
1.3.2. Musik und kognitive Leistungen.....	14
1.3.3. Sport in der kognitiven Psychologie .....	18
1.4. Männer und Frauen.....	19
1.4.1. Geschlechtsdifferenzen und VSP .....	19
1.4.2. Männer und Frauen in der Medizin.....	25
1.5. Intelligenz .....	26
1.5.1. Intelligenz und Raumvorstellung .....	29
1.6. Fragestellung und Hypothesen .....	30
2. Methode.....	31
2.1. Stichprobe.....	31
2.2. Versuchsmaterial .....	32
2.2.1. Zahlenverbindungstest (ZVT) .....	33
2.2.2. Mentaler Rotationstest (MRT) .....	34
2.3 Versuchsdurchführung .....	35
2.4. Versuchsdesign.....	35
3. Ergebnisse .....	36
3.1. Ergebnisse des Zahlenverbindungstests .....	36
3.2. Ergebnisse des Mentalen Rotationstests .....	37
3.3. Individuelle Faktoren .....	38

4. Diskussion .....	40
4.1. Einordnung der Ergebnisse .....	40
4.1.1. Bedeutung des Intelligenzquotienten im Kontext .....	40
4.1.2. MRT-Leistung als Prädiktor für eine erfolgreiche chirurgische Laufbahn.....	43
4.1.3. Spezielle Förderung für Chirurginnen.....	44
4.2. Kritik des methodischen Vorgehens und Ausblick .....	45
5. Zusammenfassung:.....	47
6. Abbildungsverzeichnis .....	48
7. Internetquellen:.....	48
8. Literaturverzeichnis:.....	48
9. Anhang: .....	55
10. Erklärung:.....	60

# 1. EINLEITUNG

## 1.1. VISUELL RÄUMLICHES VORSTELLUNGSVERMÖGEN

Kognitive Fähigkeiten wie beispielsweise Wahrnehmung, Aufmerksamkeit, Gedächtnis, Denken und Probleme lösen, sowie auch Intelligenz stehen sowohl im Zentrum des Interesses der Forschung als auch der Bevölkerung. Visuell räumliches Vorstellungsvermögen stellt ebenfalls einen wichtigen Bestandteil kognitiver Verarbeitungsprozesse dar. Häufig wird es definiert als die „kognitive Leistung, symbolische, nicht sprachliche Information zu repräsentieren, transformieren, zu generieren und abzurufen (Linn et al., 1985)“.

Eine etablierte Methode um „Raumvorstellung“ zu quantifizieren ist die mentale Rotation. Darunter versteht man die Fähigkeit ein Objekt gedanklich entlang seiner physikalischen Achse zu drehen. Shepard und Metzler beschrieben 1971 erstmals ein Messverfahren, das in zahlreichen Studien verwendet wird, mittlerweile Goldstandard ist, und wiederholt zu replizierbaren Ergebnissen führt. Die Testmatrizen sind dabei dreidimensionale Würfelfiguren, die dem Probanden in paarweiser Gegenüberstellung dargeboten werden. Dessen Aufgabe besteht darin, die Objekte trotz unterschiedlicher räumlicher Orientierung, sowohl in der Bildebene, als auch in der Tiefe als identisch oder inkongruent zu identifizieren. Nacheinander werden während des Tests die folgenden Verarbeitungsphasen durchlaufen. Zunächst werden die beiden Objekte encodiert (im Gedächtnis gespeichert), dann wird eines mental so gedreht, dass es die gleiche Position einnimmt wie das Vergleichsobjekt. Daraufhin wird das geistig gedrehte Objekt mit dem Versuchsobjekt verglichen. Dieser letzte Schritt führt zur Antwort der Versuchsperson die entweder „gleich“ oder „verschieden“ lautet. Der Schwierigkeitsgrad korreliert hierbei positiv mit den randomisierten Winkeldarstellungen von 0 bis 180 Grad in 20 Grad Schritten und spiegelt sich wieder in einer linear ansteigenden Reaktionszeit bei zunehmender Winkeldisparität (Shepard et al., 1971).

Mittlerweile ermöglichen moderne medizinische Bildgebungsverfahren wie fMRI-Aufnahmen und neuropsychologische Tests es, visuell räumliches Vorstellungsvermögen im Hinblick auf relevante zerebrale Strukturen und komplexe neuronale Vernetzungsprozesse immer spezifischer zu erschließen. Laut Podzebenko et al. spielt der interparietale Sulcus (IPS) eine wesentliche Rolle bei mentalen Rotationsaufgaben mit Shepard & Metzler Figuren und anderen Materialien wie alphanumerischen Objekten. Weiterhin stellten sie fest, dass „V5/mittlerer temporaler Kortex und der IPS unter sowohl realen als auch mentalen Rotationsbedingungen aktiviert werden“ (Podzebenko et al., 2005). Der superiore parietale Lappen (SPL) stellt das Vernetzungszentrum zwischen den IPS-Bereichen und dem visuellen Assoziationsbereichen dar und ist involviert in Prozesse, die „räumliche Repräsentationen über einen gewissen Zeitraum aktiv aufrechterhalten“ (Postle et al., 2006) und stellt hiermit einen Teil des Arbeitsgedächtnisses dar. Das Interesse der Forscher räumliches Vorstellungsvermögen noch genauer erfassen zu können, zu quantifizieren und Teilbereiche zu ergründen bleibt weiterhin präsent. Man nähert sich der Thematik von vielen Standpunkten aus.

So besteht beispielsweise das Interesse der kognitiven Psychologie hauptsächlich darin, zu verstehen wie Bilder im Gehirn repräsentiert und verarbeitet werden und genau dies zum Bestandteil psychologischer Leistungsdiagnostik und Intelligenztests zu machen. Im Fokus der psychologischen Forschung stehen somit Studien, die sich mit Entwicklungsneuropsychologie und kognitiven Defiziten bei Kindern beschäftigen. Rüsseler et al. bestätigten in ihrer Studie zur mentalen Rotation von Buchstaben, Bildern und dreidimensionalen Objekten, dass Zweitklässler mit Dyslexie schlechtere Ergebnisse bei sämtlichen verwendeten Stimulus-Matrizen erzielten als die gleichaltrige Vergleichsgruppe (Rüsseler et al., 2005). 2006 konnten Wiedenbauer et al. in ihrer Studie zeigen „dass Kinder mit Spina bifida im Vergleich zu einer hinsichtlich Alter, Geschlecht und Verbal-IQ gematchten Kontrollgruppe sowohl in den räumlich-kognitiven Faktoren räumliche Veranschaulichung, räumliche Orientierung und mentale Rotation als auch in einer räumlichen Gedächtnisaufgabe signifikant schlechter abschnitten (Wiedenbauer et al., 2006). Während die Psychologie sich schon lange mit visuell räumlichen Vorstellungsvermögen auseinandersetzt, ist die Relevanz dieser kognitiven Leistung in vielen anderen Bereichen wie beispielsweise der Architektur und Raumplanung, der Computerwissenschaft und der Medizin vergleichsweise wenig erforscht.



## **1.2. BEDEUTUNG FÜR DEN MEDIZINISCHEN KONTEXT**

### **1.2.1. RÄUMLICHE KOMPETENZ IM KLINIKALLTAG**

In vielen Fachbereichen der Medizin sind gewisse Fähigkeiten im Bereich Raumvorstellung und Orientierung notwendig. Dies betrifft sowohl die operativen Fächer als auch die konservativen Fachdisziplinen. Der Arzt muss in der Lage sein topographische Anatomie am Patienten anzuwenden. Das bedeutet, dass Lagebeziehungen von Organen und der Verlauf von Blutgefäßen und Nervenbahnen bei allen Interventionen, die am Patienten durchgeführt werden, beachtet werden müssen. Nur so können Verletzungen und Komplikationen vermieden werden. Bildgebende Verfahren wie zum Beispiel MRT-, CT-, oder Ultraschallbilder helfen den Ärzten zwar bei der Orientierung, dennoch ist es notwendig, dass diese zumeist zweidimensionalen Bilder auf den Situs des Patienten übertragen werden können. Auch dieser gedankliche Vorgang setzt ein hervorragendes räumliches Vorstellungsvermögen voraus. Insbesondere Chirurgen müssen im Operationssaal stets auf ihre Raumvorstellungsgabe vertrauen, um optimale Ergebnisse zu erzielen. In vielen Fachbereichen ergänzen zunehmend minimal invasive Operationsverfahren das Spektrum der konventionellen Chirurgie. Diese Eingriffe zeichnen sich durch eine kleinstmögliche Verletzung von Haut und Weichteilen aus, und werden nach Anlage mehrerer Trokare und Einführung eines Endoskops mittels speziellen Instrumentariums unter Sicht auf einem Monitor durchgeführt. Der Operateur muss den Eingriff also auch noch ohne direkte visuelle Kontrolle seiner Handgriffe durchführen. Im Klinikalltag werden Mediziner somit stetig damit konfrontiert, ihre räumliche Orientierung zu nutzen und weiter zu entwickeln.

.

### **1.2.2. AUSBILDUNG UND TRAINING**

Um Arzt zu werden ist es zunächst nötig die allgemeine Hochschulreife zu erlangen. Die anatomische Topographie erlernt man in Präparierkursen im vorklinischen Abschnitt. Dieses Basiswissen wird im klinischen Abschnitt des Studiums vertieft, wenn die Studenten bei Operationen assistieren und bei Untersuchungen hospitieren dürfen. In der Facharztausbildung geht es später darum, dieses Wissen zu spezifizieren und anzuwenden, also basierend auf der mentalen Repräsentation der bekannten anatomischer Strukturen CT-, MRT-, Röntgen-, und Ultraschallbilder auszuwerten und anhand dieser Operationen zu planen und durchzuführen.

Konsekutiv stellen sich nun einige Fragen. Besteht ein Zusammenhang zwischen visuell räumlichem Vorstellungsvermögen und chirurgischer Kompetenz? Inwiefern ist die räumliche Vorstellungskraft von Vorteil um die verschiedensten operativen Methoden zu erlernen? Und sollte man standardisierte Testverfahren entwickeln, um das Training zu intensivieren und unter den Auszubildenden zu selektieren? Im Folgenden soll der aktuelle Forschungsstand in Hinblick auf eben diese Aspekte beleuchtet werden.

#### **1.2.2.1 VSP und chirurgische Kompetenz**

Risucci befasste sich in einer umfassenden Studie mit der Thematik, ob visuell räumliche Fähigkeiten, und speziell welche ihrer Subdisziplinen, bei Chirurgen ausgeprägter sind als in der Normalbevölkerung. Getestet wurden 301 Chirurgen unterschiedlichen Ausbildungsstandes, die Vergleichsgruppe bildeten 251 Personen ohne medizinischen Hintergrund, die man ursprünglich für die Eichung der Testverfahren gewinnen konnte. Methode der Wahl waren Messverfahren der Cognitive Laterality Battery. Die einzelnen Subtests werden zunächst genauer beschrieben, um einen Eindruck zu gewinnen, wie breit gefächert einzelne Komponenten des visuell räumlichen Vorstellungsvermögen sind, und um zu verstehen, dass spezifische Versuche nötig sind, um sie adäquat erfassen und vergleichen zu können.

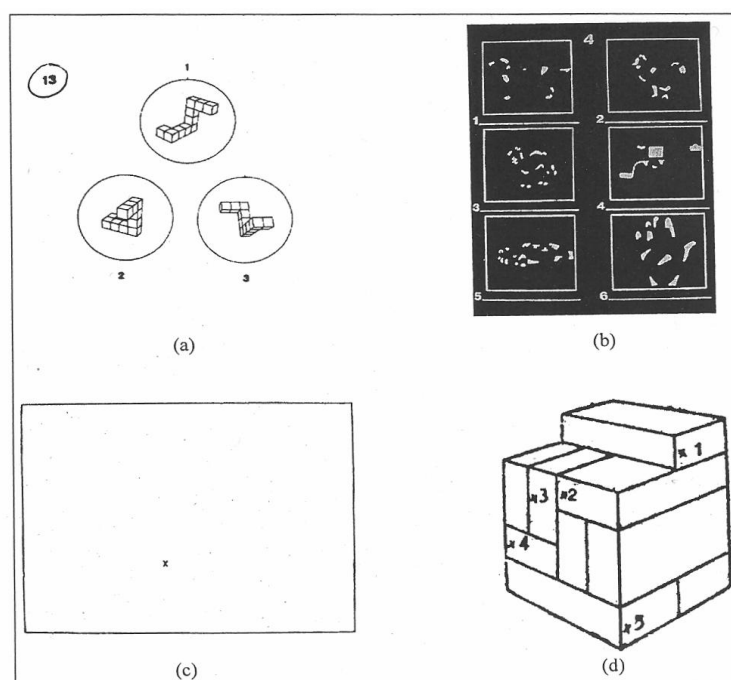


Abbildung 1: Subtests für visuell räumliche Wahrnehmung (Risucci, 2002)

Der erste Test (a) ist eine mentale Rotationsaufgabe (MRT). Der Proband muss bei insgesamt 24 derartigen Items innerhalb je 15 Sekunden die Orientierung der Blockfiguren visualisieren, sie in der gedanklichen Vorstellung drehen, und 2 aus 3 Testfiguren als kongruent identifizieren. Die richtige Lösung hier lautet 2 und 3 sind identisch. Die nächste Aufgabe (b) zeigt lückenhafte Darstellungen der Silhouetten verschiedener Objekte. Ziel ist es, die Formen gedanklich so zu vervollständigen, so dass man nacheinander Bilder erkennen kann. Hier wären das nacheinander: Hund, Hahn, Kamel, Pistole, Auto und Hand. Als nächstes (c) wird getestet wie exakt die Versuchspersonen ein vorgegebenes Symbol auf einem weiteren Blatt Papier relativ lokalisieren können, und die letzte Aufgabe (d) besteht darin, für jeden der nummerierten Blöcke die Anzahl aller direkt angrenzenden Quader zu ermitteln (Touching Block Test), was wiederum dreidimensionales Denken trotz zwei dimensionaler Darstellung erfordert. Der Proband muss sich die Tiefe der Matrize in Gedanken ausmalen. Die richtigen Antworten für dieses Beispiel lauten von 1 bis 5 (3, 4, 5, 5, 4).

Im MRT und dem „Touching Block Test“ zeigten sich signifikant höhere Durchschnittswerte ( $p < 0.01$ ) beim chirurgischen Kollektiv, allerdings lagen bei den anderen beiden Subtests die Mittelwerte dagegen deutlich unter denen der Vergleichsgruppe.

Risucci bewertet diese Ergebnisse differenziert. Schon in früheren Studien konnte er nachweisen, dass eine positive Korrelation zwischen bestimmten Testergebnissen und chirurgisch technischem Können besteht, und er betont, dass gerade mentale Rotation und dreidimensionales Denken in der Hierarchie operativer Kompetenz als besonders bedeutend zu betrachten sind. Er postuliert, dass insbesondere die Kernpunkte visuell räumlichen Denkens, die für eine erfolgreiche chirurgische Karriere erforderlich sind, in speziellen Förderprogrammen intensiviert werden sollten (Risucci, 2002).

In der Hoffnung, einen möglichen Ansatz zu finden, die Thematik der besonderen Raumkompetenz von Operateuren kausal zu begründen, widmete sich die Arbeitsgruppe um Boom-Saad der Fragestellung, ob die herausragenden psychomotorischen und mentalen Repräsentationsfähigkeiten von Chirurgen primär vorhanden sind und eine erfolgsversprechende Karriere erst ermöglichen, oder ob jahrelange Übung diese Fähigkeiten mit der Zeit verbessert. Ein weiterer Anspruch der Studie war es, zu untersuchen, ob die kognitiven Fähigkeiten, die manuelle Geschicklichkeit, die Aufmerksamkeit sowie die visuell räumliche Kompetenz und das Arbeitsgedächtnis von Chirurgen mit steigenden Alter zu-, oder abnehmen und wie das Ergebnis in Relation zu einer Vergleichsgruppe aus der Normalbevölkerung (mit IQ-Werten  $>120$ ) zu setzen ist. Frühere Studien lieferten diesbezüglich keine eindeutigen Ergebnisse. Während Powell et al. (Powell et al., 1994) sowohl eine signifikante Abnahme aller Variablen bei Chirurgen und der Normgruppe finden konnten als sie den MicroCog Test anwendeten, konnte Greenfield trotz des gleichen Testverfahrens keine replizierbaren Ergebnisse liefern (Greenfield, 2002).

Boom-Saad et al. wählten deswegen eine sensitivere Testbatterie, nämlich CANTAB (Cambridge Neuropsychological Test Automated Battery) und teilten ihr Studienkollektiv in Gruppe 1 (21 Medizinstudenten im 4. Jahr ihrer Ausbildung, die für ihre fachspezifische Ausbildung verschiedene chirurgische Subdisziplinen wählten, deren Training aber noch nicht begonnen hatte), Gruppe 2 (139 berufstätige Chirurgen im Alter von 45 bis 60), Gruppe 3 (169 berufstätige Chirurgen im Alter von 61 bis 75). Die Ergebnisse waren eindeutig. In allen Aufgabenbereichen, also nacheinander der Ermittlung der Reaktionszeit und Effizienz der ausgeführten Handlung mittels des Reaction Time Test, im Rapid Visual Information Processing Test zur Messung der visuellen Aufmerksamkeit, und insbesondere im Visual Paired Associates Learning Test, der dazu dient, das visuell räumliche Arbeitsgedächtnis zu erfassen und ein Index für schnelle Lernfähigkeit ist, erzielte die Gruppe der Studenten die besten Werte vor der Gruppe der jüngeren Chirurgen, die wiederum die Gruppe der älteren Chirurgen überragte.

Daher kamen die Forscher zu dem Schluss, dass die Basis für kognitive Verarbeitungsprozesse und Raumvorstellung bei Personen, die eine chirurgische Laufbahn einschlagen, von Grund auf besteht, aber selbst Training und Erfahrung nicht verhindern können, dass bei älteren Personen diese Fähigkeiten progredient abnehmen. Weiterhin stellte man fest, dass dennoch die Ärzte in allen Altersgruppe konstant besser abschnitten als die Vergleichsgruppe (Boom-Saad et al., 2008).

In Ergänzung dazu besagt beispielsweise eine Studie von Wanzel et al., dass ein gutes räumliches Vorstellungsvermögen das Erlernen komplexer chirurgischer Fähigkeiten erleichtert (Wanzel et al., 2002). Herrschten früher noch konträre Ansichten, so wuchs der Konsens diesbezüglich zunehmend, da potentielle Störfaktoren ausgeräumt werden konnten wie beispielsweise fehlendes theoretisches Wissen, um die einzelnen räumlichen Tests rechtfertigen zu können. Desweiteren konzipierte man unter anderem validere Testverfahren und objektivere Instrumente, und versuchte ein möglichst homogenes Versuchskollektiv zu konstruieren (Anastakis et al., 2000).

#### **1.2.2.2. Erlernen komplexer medizinischer Verfahren**

Da einige Universitäten auf die Relevanz räumlicher Fähigkeiten im Bereich Ausbildung und Lehre aufmerksam wurden, errichtete man zunehmend sogenannte „Surgical Skill Centers“ für Trainings-, und Forschungszwecke. In diesem Zusammenhang sind als besonders repräsentativ die Studienergebnisse der Arbeitsgruppe um Hedman zu nennen, die eine Experimentalgruppe von 54 Chirurgen in der Ausbildung rekrutieren konnte, deren visuell räumliche Fähigkeiten durch den MRT ermittelt wurde und deren generelle Intelligenz der BasIQ Test erfasste. Diese Variablen wurden mit den Testergebnissen für instrumentelle Navigation im ProCedicus KSA (Key Surgical Activities Programm), einem Simulator für endoskopische Chirurgie, dem Minimal invasiven Surgical Trainer (MIST) und einem Manipulate and Diathermy- Programm korreliert. Es zeigten sich signifikante Zusammenhänge zwischen räumlich kognitiver Kompetenz hohen Niveaus und dem Gesamtergebnis für die instrumentelle Handhabung bezüglich Zeit, ökonomischer Bewegung und Zielgenauigkeit (Hedman et al., 2006).

Hierbei bezieht man sich auf eine mittlerweile in der Literatur etablierte Hierarchie räumlich visuellen Talentes, die drei Kategorien beinhaltet: Die erste Stufe beinhaltet die Wahrnehmung von Objekten und Situationen. Der nächste Schritt ist die bildliche Darstellung und Rekonstruktion von Objekten inklusive zweidimensionaler Repräsentation. Die höchste Kompetenz stellt die bildliche Darstellung von 2-D-, und 3-D-Objekten, deren mentale Rotation und deren Transfer dar. Während Low-Level Visualisierungsprozesse für alle chirurgischen Tätigkeiten erforderlich sind, bedürfen hochspezifisch operative Aufgaben entsprechend auch räumlicher Kompetenz höheren Niveaus (Anastakis et al., 2000). Die Aussagekraft thematisch verwandter Studien muss sich also daran messen lassen, inwiefern Testverfahren gewählt werden, die den Schwierigkeitsgrad beider Variablen vergleichbar machen, also ganz spezifisch das Level an räumlichen Vorstellungsvermögen messen, das für die jeweilige operative oder endoskopische Aufgabe benötigt wird.

Gut gelungen ist dies in einer Studie, in der 37 chirurgische Anfänger an 6 Testverfahren zur visuellen Orientierung im Raum mit steigender Aufgabenkomplexität teilnahmen. Die Ergebnisse setzte man in Relation dazu, wie gut es den Probanden gelingt, die chirurgisch anspruchsvolle Methode einer Z-Plastik auszuführen. (Erstmalig nach Videoinstruktion, zum zweiten Mal nach einer 10 minütigen Übungseinheit mit Feedback und schließlich eine Transferaufgabe im Sinne einer erweiterten Plastik nach entsprechender Illustration). Man stellte zusammenfassend fest, dass Korrelationen zwischen den beiden Variablen umso höher sind je größer die Komplexität des räumlichen Tests und die Schwierigkeit der praktisch chirurgischen Aufgabe ist. Bezüglich des Trainingseffekts fand man heraus, dass Versuchspersonen, die initial schlechter abschnitten durch Übung vergleichbare Level chirurgischer Kompetenz erreichen konnten (Wanzel et al., 2002).

Einige Forschungsgruppen beschäftigen sich mit der Thematik, ob Simulator-Training mittels Übungen in einer virtuellen Realität zukünftig konventionelle Lehreinheiten ergänzen oder ersetzen könnte. Eine virtuelle Realität wird hierbei definiert als eine computerbasierte, graphisch animierte Welt, die die reale Welt dreidimensional repräsentiert. Der Nutzer kann mittels einer entsprechenden technischen Ausrüstung mit dieser Welt interagieren, wie er es auch in der realen tätete.

Dabei soll beim Benutzer das Gefühl entstehen, dass diese virtuelle Realität mehr oder weniger der tatsächlichen entspricht und seine Sinne so arbeiten wie in seiner natürlichen Umwelt. Die gezielte Sinnestäuschung betrifft somit Seh-, Hör-, und Tastsinn (Schwarzbauer, 2005 „unter“ <http://dma.ufg.ac.at>).

Simulator-Programme, die für medizinische Ausbildungszwecke genutzt werden, ermöglichen es dem Nutzer in einer virtuellen Realität anatomische Strukturen und deren Lagebeziehungen zu studieren, verschiedene pathologische Bedingungen zu erproben, den Operationsablauf und grundlegende aber auch spezielle „Handgriffe“ zu üben und zu verinnerlichen, bevor er sie am Patienten durchführt. Manchmal sind die simulierten Operationen mit haptischen Feedback ausgestattet und bieten flexible Schwierigkeitsgrade an. Aufgrund des hohen Kostenfaktors dieser Programme ist es wichtig, dass ein Benefit dieser Lehrmethoden belegt wird, um die Relation zwischen Kosten und Nutzen darzulegen. Eindeutige Vorteile einer computergesteuerten Ausbildung sind beispielsweise das Einsparen von Fachkräften und Material sowie die Möglichkeit einer standardisierten Ausbildung einer selektiven Zielgruppe. Desweiteren zu nennen sind die optimale Anpassung der Lernziele an individuelle Lerngeschwindigkeit, objektive Zertifizierungsmöglichkeiten und eine flexible Zeiteinteilung. Der Auszubildende erhält sehr präzise Messergebnisse. Zusammenfassend spricht also viel dafür, dass Simulationsprogramme in der Aus-, und Weiterbildung zum Arzt zukünftig eine bedeutendere Rolle spielen könnten und in den Curricula als fester Bestandteil etabliert werden könnten (Grantcharov, 2008).

Hassan et al. führten ein Experiment mit dem Laparoskopiesimulator (LapSim) durch. So wurde im Rahmen einer simulierten Operation die Leistung der Probanden anhand der folgenden Parameter quantifiziert: Bearbeitungszeit, Dehnungsschaden, Blutverlust, Instrumentenausschlag, die Anzahl schlecht platzierter Clips, die Anzahl inkomplett erreichter Segmente, die Tiefe der Gewebekompression durch Arbeitsinstrumente, und das Abdriften der Kameraführung. Als besonders geeignet erschien den Untersuchern dieses Programm, da es zahlreiche Validierungsstudien erfolgreich bestanden hatte, und bestätigt werden konnte, dass LapSim in der Lage ist, vorhandene und erworbene laparoskopische Fähigkeiten objektiv einzuschätzen und man somit zwischen Experten und Anfängern differenzieren kann.

Die vierjährige Studie trug maßgeblich zum aktuellen Forschungsstand und auch zur Diskussion über Reformierung und Verbesserung in der Ausbildung zum Chirurgen bei, da sie interessante Ergebnisse lieferte. So fanden die Forscher heraus, dass insbesondere Anfänger in der laparoskopischen Chirurgie die Zielgruppe virtuellen Trainings sind. Bei ihnen konnte eine besonders hohe Effektivität der simulierten Übungen verzeichnet werden. Allerdings ist für einen optimalen Lernerfolg wohl doch eine gewisse operative bzw. klinische Vorerfahrung erforderlich. Die idealen Auszubildenden sind deswegen Personen, die bereits mehr als 10 minimal invasive Eingriffe selbstständig durchgeführt haben. Sind Grundkenntnisse vorhanden, lässt sich eine unmittelbare Verbesserung laparoskopischer Fähigkeiten schon nach einem wenige Tage dauernden Kurs am Simulator feststellen. Weiterhin beobachteten die Forscher, dass die Lernkurve der Probanden umso länger ist, je komplexer die zu erlernende Aufgabenstellung ist. Im besonderen Interesse der Studienleiter stand desweiteren, welchen Einfluss sogenannte „soft skills“, also Faktoren wie beispielsweise individuelle Stressverarbeitung, Entscheidungsfindung und Problemlösung, Teamfähigkeit und Kommunikation, Delegation sowie Kooperation und räumliche Orientierung auf die Lernfähigkeit der Experimentalgruppe hatten. Die signifikant positive Korrelationen fand man zwischen Lernerfolg und guter visueller Vorstellungskraft, am negativsten beeinflusst wurde der Lerneffekt durch schlechte habituelle Stressverarbeitungsstrategien (Hassan et al. 2008).

Ob ein Transfer der am Simulator trainierten Fähigkeiten auf den realen Operationssitus möglich ist, eruierten erstmals Seymour et al. und stellten fest, dass 8 Chirurgen, die 4 Jahre lang Übungen mit dem MIST-VR (Minimal invasive Simulator Training in einer virtuellen Realität) absolvierten, im Gegensatz zur Kontrollgruppe aus ebenfalls 8 Chirurgen eine laparoskopische Cholezystektomie in signifikant kürzerer Zeit und mit weniger Fehlern durchführen konnten (Seymour et al., 2002).



Weitere klinisch orientierte Erkenntnisse lieferte die Arbeitsgruppe um Larsen, die in einer randomisiert kontrollierten Studie die operativen Fähigkeiten von Ärzten in der Fachausbildung zum Gynäkologen und Geburtshelfer untersuchte. Dies erfolgte mittels einer validierten Skala, die sowohl Basiskenntnisse als auch fachspezifische operative Aufgaben erfassen konnte und ins Verhältnis zu Testscores aus dem virtuell laparoskopischen Salpingektomie-Training gesetzt wurde. Die Gruppe mit Simulator-Ausbildung erreichte eine mittlere Gesamtpunktzahl von 33, was einer chirurgischen Erfahrung von etwa 20 bis 50 Laparoskopien gleichzusetzen ist. Die Vergleichsgruppe hingegen erhielt im Median nur 23 Punkte äquivalent zu Operationsroutine nach weniger als 5 minimal invasiven Baucheingriffen. Außerdem benötigte die Kontrollgruppe mit durchschnittlich 24 Minuten exakt doppelt so viel Zeit wie die vorgebildeten Kollegen (Larsen et al., 2009).

### **1.3. INDIVIDUALSPEZIFISCHE FAKTOREN UND VSP**

#### **1.3.1. 3-D-COMPUTERSPIELE**

Eine Studie von Enochsson et al. wies darauf hin, dass Medizinstudenten, die Erfahrung mit dreidimensionalen Computerspielen hatten, signifikant bessere Ergebnisse in einer virtuell simulierten Gastroskopie-Aufgabe erzielen konnten als die Vergleichsgruppe (Enochsson et al., 2004). Diese und andere Experimente gaben Schlickum et al. den Denkanstoß systematische Effekte des Trainings mit Videospielen zu erfassen. In einer prospektiv randomisierten Untersuchung testeten die Forscher 30 Chirurgen am Anfang ihrer Ausbildung. Ein Teil übte 5 Wochen lang mit einem Programm namens „Half Life“, das gute visuell räumliche Fähigkeiten erfordert und Ähnlichkeit zu Endoskopie-Simulatoren aufweist, während der andere Teil sich in der gleichen Zeit mit dem Videospiel „Chessmaster“ auseinandersetzte, das vor allem logisch schlussfolgerndes Denken und ebenfalls ein geringes Maß an Raumvorstellung voraussetzt. Die Kontrollgruppe übte nicht

Daraufhin wurden zwei Testdurchläufe mit den Simulatoren (MIST-VR und GI Mentor II) durchgeführt, wobei die „Half Life“ Gruppe in beiden virtuellen Endoskopie-Programmen die besten Ergebnisse erzielte. Die „Chessmaster“-Spieler konnten Trainingseffekte nur beim MIST-VR Programm anwenden und in der Kontrollgruppe fehlten sie vollkommen (Schlickum et al., 2009). In Anlehnung an die Thesen im vorherigen Kapitel könnte man vermuten, dass indirekt ein positiver Einfluss von Training mit Videospielen auch die operativen Fähigkeiten von Ärzten beeinflusst. Studien diesbezüglich liegen bis jetzt allerdings noch nicht vor.

### **1.3.2. MUSIK UND KOGNITIVE LEISTUNGEN**

Als wohl einer der einflussreichsten Faktoren auf kognitive Fähigkeiten gilt die musikalische Erziehung. Jäncke setzt sich mit der Thematik auseinander, ob das Erlernen theoretischer Grundlagen wie beispielsweise Noten lesen, vom Blatt spielen, improvisieren und komponieren sich auf räumliches Vorstellungsvermögen auswirkt. Die praktische Umsetzung, also das Musizieren mit verschiedensten Instrumenten, das eine Vielfalt an komplex motorischen Bewegungsabläufen voraussetzt, wird ebenfalls als möglicher Einflussfaktor auf die Raumvorstellungsgabe diskutiert. Dabei greift Jäncke auch den in den 1970ern an Bedeutung gewinnenden Themenkomplex zur Untersuchung funktioneller Hemisphärenasymmetrien auf. Da ebenso wie räumliche Verarbeitungsfunktionen auch Musikwahrnehmungs- und Assoziationsprozesse rechtsseitig temporoparietal lokalisiert sind, stellte man Vermutungen an, ob überlappende Hirnareale für beide kognitiven Funktionen genutzt werden. Weitere Überlegungen waren dahingehend, ob eventuell professionelle Musiker und musikalisch Vorgebildete deswegen Vorteile bei Tests zur Erfassung der Raumvorstellung haben (Jäncke, 2008).

In diesem Zusammenhang verweist Jäncke unter anderen auf die Studien von Hassler et al. Die drei Versuchsgruppen deren Experiments bestanden aus jeweils 40 Kindern mit unterschiedlicher musikalischer Vorbildung und verschiedenem Talent. Dabei zeigten sich überlegene Leistungen in den Bereichen verbale Sprachflüssigkeit und Raumkompetenz bei Kindern, die musikalisch begabt sind gegenüber Kindern die keine musikalische Kenntnisse haben (Hassler et al., 1984).

In Nachuntersuchungen konnten diese Ergebnisse repliziert werden und um den Faktor räumliche Analysefunktion ergänzt werden, der sich äquivalent wie die beiden anderen getesteten psychischen Funktionsbereiche in den Versuchsgruppen repräsentierte (Jäncke, 2008).

Auch das Postulat, dass überlappende zerebrale Verarbeitungs- und Assoziationsgebiete für diesen Effekt verantwortlich sein könnten, erhielt durch die Arbeitsgruppe Auftrieb. 1986 führten die Forscher wiederum mit Kindern unterschiedlichen musikalischen Ausbildungsniveaus in einer Longitudinalstudie Witelson's dihaphtischen Stimulationstest durch. Die Aufgabe besteht bei diesem Test darin, mit der rechten oder linken Hand in einen geschlossenen Holzkasten zu fassen, und darin verborgene Objekte, nachdem sie zehn Sekunden lang ertastet wurden, im Anschluss in Form von Bildern wieder zu erkennen. Dabei fiel nicht nur auf, dass die musikalischen Versuchspersonen viel besser abschnitten als die Kontrollgruppe, sondern auch, dass die taktilen Informationen am besten verarbeitet wurden, wenn die Kinder linkshändig tasteten (Hassler et al., 1986 zitiert nach Jäncke, 2008). Da die sensiblen kortikalen Felder und Assoziationszentren rechtshemisphärisch gelegen sind, ergab sich die Interpretation „dass das Musiktraining den rechtsseitigen Parietallappen quasi „geformt“ und die dort lokalisierten räumlichen Analysefunktionen verbessert hat, so dass sie auch für andere nicht musikbezogene Inhaltsbereiche (hier Objekterkennung) herangezogen werden können“ (Jäncke, 2008). Diese Erkenntnisse sind zwar wegweisend und nachvollziehbar, allerdings nur bedingt wissenschaftlich verwertbar, da der Beweis eines kausalen Zusammenhangs bis heute nicht erbracht werden konnte.

Anschaulicher sind fMRI- Studien, wie zum Beispiel eine Untersuchung von Stewart, die strukturmorphologische Korrelate im rechten oberen parietalen Cortex bei Versuchspersonen finden konnte, nachdem diese Notenlesen und Keyboard spielen gelernt hatten, die in Voraufnahmen noch nicht so ausgeprägt vorhanden waren (Stewart et al., 2003). Doch fehlende empirische Evidenz über tatsächlich kausale Zusammenhänge ist bei weitem nicht der einzige Kritikpunkt an thematisch verwandten Studien. In der Literatur wird vermehrt auch auf die problematischen Aspekte bezüglich der Methodik verwiesen und es stellt sich die Frage, ob sich die positive Korrelation zwischen Musik und Raumvorstellung vielleicht noch viel signifikanter darstellen würde, wüsste man genau welcher Teilbereich der räumlichen Fähigkeiten (also Rotationsfähigkeit, Orientierung, räumliche Veranschaulichung und Konstruktion sowie auch Arbeitsgedächtnis) besonders mit musikalischem Talent korreliert, so dass spezifischere Testmethoden verwendet werden könnten.

Unklar ist auch, inwiefern Störeffekte bei der Auswahl der Probanden ins Gewicht fallen könnten. Musikunterricht hat im Prinzip jedes Kind, nur das Ausmaß und die Intensität variieren. Weitere potentielle Einflussfaktoren auf die kognitive Leistungsfähigkeit und speziell die räumlich visuelle Vorstellungsgabe, die individuell verschieden sein können, wie beispielsweise Sport, Spiele, Computererfahrung und möglicherweise viele weitere bis jetzt unbekannte Variablen machen das „Matchen“ der Experimentalgruppen zudem schwer, manchmal sogar unmöglich.

Deswegen sei im Besonderen auf die Studie von Sluming et al. verwiesen. Die Forschungsgruppe untersuchte ganz spezifisch die mentale Rotationfähigkeit mit Shepard & Metzler Figuren (MRT) bei zehn männlichen Profimusikern des Royal Liverpool Philharmonic Orchestra. Simultan wurde eine fMRI-Untersuchung durchgeführt. Die Kontrollgruppe, die bezüglich Geschlecht, Alter und Intelligenz (speed and capacity of language processing test) „gematched“ wurde, unterlag den Musikern in der Geschwindigkeit, die dreidimensionale Rotationsaufgabe zu lösen. Desweiteren wurden in der Vergleichsgruppe mehr Fehler gemacht. Dies stützte die Hypothese der Forscher, dass im Gehirn der Orchestermitglieder bereits neuronale Strukturen bestünden, die visuell räumliche Verarbeitungsvorgänge erleichtern, und die in der Vergleichsgruppe erst nach entsprechenden Übungsphasen ausgebildet werden müssen, um zu kürzeren Reaktionszeiten zu führen. Zur genaueren Lokalisation dieser Strukturen dienten bildgebende Prozesse, die eine erhöhte Durchblutung vor allem im Broca- Areal zeigten. Die Masse der grauen Substanz im Broca-Areal nimmt korrelativ zu den Jahren an Orchestererfahrung zu, um visuell räumliche Analysen und die Koordination von schnellen motorischen Handlungsabläufen zu unterstützen. Diese Ergebnisse führten zu dem Schluss, dass die These, musikalische Fähigkeiten, insbesondere Noten vom Blatt abzulesen und gleichzeitig in Töne umzusetzen, würde dazu beitragen, neuronale Netzwerke zu modifizieren und einen Transfer in nichtmusikalische visuell räumliche Prozesse ermöglichen, anhand dieser Studie bestätigt werden kann (Sluming, 2007).

Mit Vorsicht hingegen müssen Thesen betrachtet werden, die besagen, dass Musik hören, die Intelligenz steigert. Populär wurde diese Thematik erstmals 1993 durch die Studie von Rauscher et al. die zum Anlass genommen wurde, den Begriff „Mozarteffekt“ zu prägen. Dieser besagt dass, das Hören von Musikstücken Mozarts die Intelligenz und ganz besonders die räumlich visuellen kognitive Teilgebiete positiv beeinflusse.

Zwar konnten die Forscher signifikant bessere Ergebnisse im Stanford-Binet-Intelligenztest, der auch räumlich-intellektuelle Leistungen misst, bei Versuchspersonen erkennen, die vor dem Test die Sonate in D-Dur gehört hatten anstatt Entspannungsinstruktionen oder einfach gar nichts, allerdings war dieser Effekt nur temporär (Rauscher et al., 1993).

Oftmals wurden Replikationsversuche angestellt, insbesondere da ein populärwissenschaftliches Interesse an dem Phänomen entstand und viele Diskussionen entfacht wurden. Zunächst kam man daraufhin zu dem Schluss, dass der „Mozart-Effekt“ keinesfalls generalisiert werden darf und ein kausaler Zusammenhang bisher noch nicht bewiesen werden konnte. Die aktuellsten Daten zum Thema „Mozart- Effekt“ liefern Forscher aus Wien. Sie verfassten eine umfassende Metaanalyse aus 40 vorliegenden Studien und kamen zu dem Schluss, dass Probanden, die das „Allegro con spirito“ aus Mozarts Sonate für zwei Pianos in D-Dur hörten visuell räumliche Aufgabenstellungen besser beherrschten als Versuchspersonen, die einem nicht-musikalischen Stimulus oder gar keinem Reiz ausgesetzt waren. Der Effekt ist wissenschaftlich belegt, allerdings variiert die Effektgröße in Abhängigkeit des Untersuchers (Pietschnig et. al, 2010).

Auf der Suche nach kausalen Zusammenhängen für den „Mozart- Effekt“ favorisierte man in der Literatur zunehmend die Erklärung, dass Musik das subjektive Erregungsniveau steigert und dadurch kognitive Leistungen verbessere. Dabei stelle sich allenfalls ein spezifisches Hirnaktivierungsmuster ein, dass eine optimale Basis für zerebrale Verarbeitungsprozesse biete, so dass man vor einem übermäßigen Transfer in weitere Funktionsdomänen eher Abstand nehmen sollte (Jäncke, 2009). Zusammenfassend geht man davon aus, dass Musik in Menschen positive Stimmung auslöst und ein gewisses vegetatives Erregungsniveau dazu führt, dass kognitive Leistungen schneller und effizienter vollbracht werden können und auch die Kreativität gesteigert wird.

Erwähnenswert in diesem Zusammenhang sind auch die Studien von Lesuik. Die Forscherin beobachtete fünf Wochen lang das Arbeitsverhalten von 56 Computerspezialisten in ihrem gewohnten Umfeld. Die Qualität und Aufgabenlösegeschwindigkeit beim software design fiel besonders hoch aus, nachdem die Teilnehmer nach einer Karenzphase während der vierten Woche des Experiments in der fünften Versuchswoche wieder Musik während der Arbeit hören durften. Die Lernkurve während der Bedingung „Musik“ stieg und war wohl Ausdruck einer besseren Stimmung der Versuchspersonen (Lesuik, 2005).

### 1.3.3. SPORT IN DER KOGNITIVEN PSYCHOLOGIE

Aerobic-Training wirkt sich positiv auf die kardiovaskuläre Fitness und Gesundheit aus. Doch ob die Übungen auch die kognitive Leistungsfähigkeit verbessern können, dazu gab es in den letzten Jahren konträre Meinungen. Die sogenannte „Kardiovaskuläre Fitness Hypothese“ besagt, dass eine regelmäßige Teilnahme an moderaten Sportübungen über eine verstärkte Sauerstoffaufnahme der Muskeln auch zu physiologischen Prozessen beiträgt, die den zerebralen Blutfluss, die Produktion neurotropher Faktoren (Zheng et al., 2005) und daher auch die Hirnstruktur (Colcombe et al., 2003) positiv beeinflussen, um somit die kognitiven Funktionen aufrechtzuerhalten und zu verbessern (Sohn et al., 2005).

Diese Annahme erhielt in der Vergangenheit Zuspruch von einigen Autoren, wurde aber auch Gegenstand kritischer Betrachtungen. 2006 verfassten beispielsweise Etnier et al. eine umfassende Metaregressionsanalyse. Zusammenfassende Statistiken von allen relevanten, und verwertbaren Studien von 1997 bis 2005 wurden einbezogen, wobei zwischen Querschnitts-Studien und Vorher/Nachher-Untersuchungen unterschieden wurde. Auch das Alter der Versuchspersonen wurde im Hinblick auf den zu beweisenden Effekt untersucht. Messungen des Fitnesslevels wurden auf den Goldstandard VO<sub>2</sub> max. geeicht und kognitive Testverfahren dienten der Messung von fluider und kristalliner Intelligenz, generellen Lernverhaltens und der Gedächtnisfunktion, sowie der visuellen und auditorischen Wahrnehmung, der Fähigkeit Inhalte wieder abzurufen, und der kognitive Verarbeitungsgeschwindigkeit. Die Ergebnisse waren überraschend. Zwischen den Effektgrößen für Fitness und Kognition gab es keine relevante lineare oder curvilineare Beziehung im Querschnittversuch. Im Vorher/Nachher-Vergleich konnte sogar eine signifikante negative Korrelation zwischen Fitnessgrad und Kognition festgestellt werden (Etnier et al., 2006).

Damit widersprachen die Autoren Forschungsergebnissen, die einen gegenteiligen Effekt belegten und zwar sowohl bei Kindern (Sibley et al., 2003), als auch Erwachsenen (Hillmann et al., 2008). Speziell ältere Personen profitieren laut Studienlage von Fitnesstraining, wenn es um die exekutive Kontrolle bei zeitlimitierten Aufgaben geht (Smiley-Oyen et al., 2008). In die Untersuchungen von Angevaren et al. wurden alle kontrollierten, randomisierten Publikationen einbezogen, die Versuchspersonen untersuchten, die älter als 55 Jahre waren. 8 von 11 Studien kamen zu dem Schluss, dass Aerobic die kardiorespiratorische Fitness steigere und dies auch mit einer Verbesserung der kognitiven Kapazität einherginge.

Dabei konnten die bedeutendsten Effektgrößen verzeichnet werden für Fähigkeiten wie motorische Funktion, auditorische Wahrnehmung und Langzeitgedächtnis. Moderate Korrelationen fanden sich für kognitive Verarbeitungsgeschwindigkeit und visuelle Aufmerksamkeit (Angevaren et al., 2008). Diskussionsbedarf sehen die Autoren dennoch, da unklar bleibt ob der Effekt temporär oder dauerhaft ist.

Es herrscht somit in der gegenwärtigen Literatur noch keine eindeutige Meinung über den Themenkomplex „Kardiovaskuläre Fitness Hypothese“ vor. Auch ein kausaler Zusammenhang konnte bisher nicht eindeutig nachgewiesen werden. Dafür benötigt man noch mehr Studien, die sich auch mit weiteren Variablen wie beispielsweise einer Dosis-Wirkungs-Beziehung auseinandersetzen könnten. Weiterhin bleibt beim aktuellen Forschungsstand unklar, wie sich verschiedene Sportarten auf die Kognition auswirken, und warum manche Teilbereiche kognitiver Leistungen von körperlicher Ertüchtigung unbeeinflusst bleiben. Daher existieren in der derzeitigen Literatur auch keinerlei Erfahrungsberichte darüber, ob und inwiefern räumliches Vorstellungsvermögen mit Sport in Beziehung zu setzen ist.

## **1.4. MÄNNER UND FRAUEN**

### **1.4.1. GESCHLECHTSDIFFERENZEN UND VSP**

In den letzten Jahren kristallisierten sich auf dem Gebiet der Forschung zu visuell räumlichen Fähigkeiten auffällig oft Unterschiede in der Leistung von Frauen und Männern heraus. Besonders ins Auge stechen Ergebnisse des mentalen Rotationstests. Hier zeigten sich besonders große Geschlechtsunterschiede (zwischen 0.9 bis 1,0 SD) (Masters et al., 1993), (Nordvik et al., 1998). Es gibt in der aktuellen Literatur verschiedene Ansatzpunkte und Strategien, um herauszufinden, worin dieser Effekt begründet liegen könnte. Halpern et al. fassten die wichtigsten Aspekte zusammen, worauf in der folgenden Darstellung der wichtigsten Gesichtspunkte Bezug genommen wird (Halpern et. al, 2005).

Einen möglichen Unterschied bezüglich der Verarbeitungsstrategien postulierten zum Beispiel Hugdahl et al., die zwar selbst keinen signifikanten Geschlechtsunterschied bei mentalen Rotationsaufgaben feststellten, aber über Bildgebung mittels fMRI unterschiedliche kortikale Aktivierungsgebiete identifizierten. Dies brachte sie zu dem Schluss, dass Frauen sich der Aufgabestellung mehr durch seriell kategorielles Denken nähern, während Männer eher zu Koordination fähig sind (Hugdahl et al., 2006). Diese Untersuchung bestärkte den Konsens der schon früher herrschte und von Clarkson-Smith et al. auf den Punkt gebracht wurde: „Ganzheitliche/räumliche Strategien sind bei der Ausführung mentaler Rotationsaufgaben effizienter als analytisch/verbale Strategien“ (Clarkson Smith et al., 1983).

Gegenstand des biologischen Erklärungsansatzes ist die Theorie der Hemisphärenlateralisation. Allgemein bekannt ist, dass man der linken Hirnhälfte Aufgabengebiete zuschreibt, die verbale Kommunikation beinhalten, während rechtshemisphärisch eher räumlich-visuelle Funktionsdomänen lokalisiert sind. Obwohl viele Kritikpunkte an seiner Theorie geäußert wurden, wird dennoch auf dem Gebiet der Lateralisationsforschung immer wieder das Postulat Levy's berücksichtigt, das besagt, dass bei Männern die Hemisphärenspezialisierung ausgeprägter ist als bei Frauen. Durch die Hypothese, dass Frauen Funktionsgebiete wie beispielsweise das Sprachzentrum bilateral ausbilden, sieht Levy den Grund dafür, dass Männer bessere räumliche Vorstellungskraft haben darin begründet, dass die optimale Entwicklung und Funktion dieses Zentrum durch Überlappung mit anderen kognitiven Gebieten gestört ist (Levy, 1971 )

Die evolutionsbiologische Sichtweise, dass Männer in ihrer damaligen Funktion als Jäger vermehrt neuronale Netzwerke ausbildeten, die Orientierungs- und Navigationsprozesse ermöglichen sollten, und Frauen als „Sammler“ eher zerebrale Korrelate für Lokalisation und Gedächtnis entwickelten, greift diese These ebenfalls wieder auf. Allerdings ist sie aufgrund der verschiedensten kulturellen und sozialen Einflussfaktoren als alleinige Begründung nicht aufrecht zu erhalten.

Auch auf molekularer Ebene beschäftigt man sich mit der Thematik und stellte Hypothesen auf, ob Geschlechtshormone direkten Einfluss auf die Ausbildung kognitiver Funktionen nehmen, oder ob zumindest indirekt durch Steroidhormone das Individuum Gefallen an bestimmten Tätigkeiten und Freizeitmöglichkeiten findet, die mehr oder weniger das räumlich visuelle Denken schulen (Halpern et al., 2005).



So wird die Problematik in den Raum gestellt, ob Genetik und Hormone, oder doch eher Umweltfaktoren und Lebenserfahrung den Menschen mehr prägen. Während ersteres schwierig nachzuweisen ist, da die Ethik Manipulation auf hormoneller Ebene verbietet und Parallelen in Tiermodellen nur begrenzt verwertbar sind, können Lerneffekte und auch speziellere Einflussfaktoren unter experimentellen Bedingungen genauestens erforscht werden.

Schon in der Prä- und Perinatalperiode ist die Sekretion von Steroidhormonen entscheidend für die Geschlechtsdetermination. Aber auch in der Pubertät spielen Hormone eine maßgebliche Rolle und zwar nicht nur bezüglich der Ausbildung sekundärer Geschlechtsmerkmale und Verhaltensweisen. Man weiß inzwischen, dass Östrogene die Ausbildung von Synapsen in gewissen Subregionen des Gehirns und auch die Level einiger Neurotransmitter beeinflussen (Mc Ewen et al., 1998), so dass ein Zusammenhang mit der Ausbildung kognitiver Leistungsfähigkeit und auch Raumvorstellung durchaus denkbar ist.

Eine Studie von Isgor et al. bestätigt mittels eines Versuches im Tiermodell, dass Modulation auf Hormonebene das visuell räumliche Vorstellungsvermögen und Arbeitsgedächtnis von Ratten verändern kann. Im vorgenommenen Experiment mussten die Nager in einem Wasserbasin schwimmen und eine rettende Plattform in der Mitte des Versuchsaufbaus erreichen. Wurden die Versuchstiere perinatal mit Testosteron oder dessen Metaboliten stimuliert, konnte die Anforderung wesentlich schneller bewältigt werden als unter Hormondeprivation weiblicher und antiandrogenetischer Behandlung männlicher Ratten. Desweiteren zeigten sich auch morphologische Korrelate im Hippocampus, die die Forscher auf die hormonell-stimulierte Entwicklung zurückführten (Isgor et al. 1998).

Ob Hormone auch beim Menschen als Einfluss auf die visuell räumliche Leistungsfähigkeit nehmen, damit beschäftigten sich Kimura et al. Der Menstruationszyklus der Frau liefert dabei interessante Details. So fanden die Forscher heraus, dass in Zyklusphasen, die mit einer hohen Östrogen, oder Östrogen- und Progesteron-Produktion einhergehen visuell räumliche Aufgabestellungen deutlich schlechter bearbeitet wurden als in Phasen mit niedrigem Hormonlevel. Bemerkenswerterweise verhielt es sich mit Tests, die manuelle Geschicklichkeit und verbale Wortgewandtheit untersuchten konträr (Kimura et al., 1994).

Unter diesem Aspekt erscheint auch eine Studie von Griksiene et al., die die Effekte hormoneller Kontrazeptiva auf die mentale Rotationsleistung und Eloquenz der Probanden beleuchtet. Unter der Einnahme von Ovulationshemmern waren die Hormonlevel für  $17\beta$ -Östradiol, Progesteron und Testosteron niedriger als bei der Vergleichsgruppe. Der Leistungsnachweis verbaler Flussgeschwindigkeit wurde von Frauen mit natürlichem Zyklus besser erbracht als von Frauen mit anti- androgentischen Ovulationshemmern, die wiederum die dritte Gruppe, die androgenetische Kontrazeptiva einnahmen überragten (Griksiene et al., 2011).

Um visuell räumliche Fähigkeiten unter Hormonexzess oder kompletter Abwesenheit von Geschlechtshormonen zu untersuchen, führte man Untersuchungen an Patienten mit kongenitaler Nebennierenhyperplasie (CAH) und Patienten mit idiopathischem hypogonadotropen Hypogonadismus (IHH) durch. Wie erwartet, schnitten Mädchen mit CAH, deren Androgenlevel prä- und perinatal vor entsprechender Behandlung fulminant höher sind als die gesunder Mädchen, bei unterschiedlichen Tests, die das Maß an räumlicher Vorstellungsgabe untersuchten (z.B. Card Rotation, MRT, und Hidden Patterns) besser ab als die Vergleichsgruppe. Dies spricht am ehesten für eine maskuline Transformation der entsprechenden Hirnareale. Bei männlichen CAH-Patienten stellte man allerdings eher schlechtere Testergebnisse fest (Resnick et al., 1986). Der Hypogonadismus (IHH) mit niedrigen Serumkonzentrationen an Geschlechtshormonen bewirkte bei männlichen Testpersonen Einbußen bei räumlichen Tests während Probanden mit der postpubertär erworbenen Form keine Defizite zeigten (Hier et al., 1982).

Während des Alterungsprozesses sinken bei postmenopausalen Frauen die Konzentrationen der Geschlechtshormone schlagartig, während bei Männern der Abfall eher stufenweise erfolgt. Interessant ist daher die Beobachtung, dass im Alter Aufgabenverarbeitungsgeschwindigkeit, Gedächtnisspannen und Lernprozesse bei Frauen schneller und stärker abfallen als bei Männern und räumlich visuelle Sektoren der drei kognitiven Teilgebiete stärker betroffen sind als verbale. Möglicherweise findet sich damit ein weiterer Hinweis auf die hormonbedingte Unterschiede der Raumkompetenz (Jenkins et al., 2000).

Halpern und Collaer fassten die Ergebnisse von Studien der letzten Jahrzehnte zusammen, um zu folgendem Konsens zu gelangen. „Visuell räumliche Fähigkeiten nehmen während der Kindheit zu, erreichen ihr Maximum im Jugendalter und nehmen dann im Alter wieder ab. Geschlechtsunterschiede zeigen sich in der frühen Kindheit (mit einiger Variation bezüglich der Beschaffenheit und der Größe der Differenzen während der frühkindlichen Phase), bleiben

dann annähernd gleich oder nehmen ein bisschen zu in der Adoleszenz oder bei jungen Erwachsenen und bleiben bis ins hohe Alter bestehen“ (Halpern et al. 2005).

Auch jüngste Studien, die sich mit der Thematik befassen, stützen diese These. Jansen et al. führten eine Untersuchung mit Probanden aus drei Versuchsgruppen verschiedenen Alters zu (20 bis 30-, 40 bis 50- und 60 bis 70-jährige). Die Studienteilnehmer wurden mittels eines Paper-pencil-MRT und einer Computeraufgabe, die den Vergleich zwischen Polygonen erforderte getestet. Die Forscher fanden heraus, dass die Leistung der Personen mit dem Alter abnahm und Geschlechtsdifferenzen während des Alters konstant zugunsten der Männer ausfielen. Zwar nahm der Effekt ab je älter die Experimentalgruppe war, doch vermutete man als Grund wohl eher einen floor effect (Jansen et al., 2010).

Die zu Grunde liegenden Prozesse für die maßgeblichen Unterschiede bezüglich räumlich visuellen Vorstellungsvermögens zwischen Männern und Frauen sind auch bis heute noch nicht zufriedenstellend geklärt. Jedoch werden durch intensive Forschung immer mehr Details bekannt, wie zum Beispiel, die Berücksichtigung von sogenannten „performance factors“. Darunter versteht man Variable, die unabhängig von der visuell räumlichen Fähigkeit des Individuums zu differierenden Testergebnissen führen können. Zu nennen wäre beispielsweise ein vorgegebenes Zeitlimit oder unterschiedliches Stimulusmaterial.

Neue Erkenntnisse zu dem Einfluss dieser Faktoren lieferte Peters, der drei groß angelegte Studien mit Shepard & Metzler Figuren als Stimulus-Material an 1765 Testpersonen durchführte. Das erste Experiment ergab, dass der Leistungsabfall von Frauen gegenüber Männern zunahm während sie die Items nacheinander bearbeiteten, sodass weniger weibliche Teilnehmer die letzten Problemsets überhaupt bearbeiteten. Dies stärkte die These, dass der Zeitfaktor eine Rolle spiele. Daraufhin wurden 212 Personen getestet, die den MRT einmal unter Standardbedingungen (T1) und einmal mit verdoppelter Bearbeitungszeit (T2) ausführten. Das erwartete Ergebnis von einer Minderung der Geschlechterdifferenzen konnte zwar nicht gezeigt werden, allerdings profitierten sowohl Männer als auch Frauen vom Übungseffekt und dem aufgehobenen Zeitlimit und verbesserten somit ihren Gesamtscore. Der letzte Testversuch, der untersuchen sollte, ob Frauen deshalb schlechter abschnitten weil sie die Aufgaben akkurater lösen wollten und deswegen mehr Zeit brauchten, erbrachte aufgrund der relativ kleinen Versuchsgruppe aus 20 Männern und 26 Frauen ebenfalls nicht die erwarteten Ergebnisse.

Der Versuchsleiter kam zu dem Schluss, dass „performance factors“ zwar eine Rolle bezüglich der Unterschiede zwischen den Geschlechtern spielen, aber sicher nicht die einzige Ursache sind und auch nicht generell auf alle Subtests angewendet werden können (Peters, 2005).

Goldstein et al. versuchten einen Ausgleich zwischen Geschwindigkeit und Genauigkeit bei der Aufgabenlösung zu finden, indem sie die Anzahl der Items, die korrekt gelöst wurden ins Verhältnis zu den insgesamt bearbeiteten Aufgaben setzte. Dies minderte die Geschlechtsdifferenz, da Frauen keinen Nachteil erhielten, wenn sie weniger Problemsets ausfüllten (Goldstein et al., 1990). Doch die Methode wurde zu Recht hart kritisiert, weil es ganz offensichtlich unlogisch erscheint, jemandem das gleiche Level an visuell räumlicher Kompetenz zu attestieren, der 9 von 10 Aufgaben richtig gelöst hat, wie jemandem der in der gleichen Zeit 89 von 100 richtig beantworten konnte. Außerdem gibt es mittlerweile auch Studien, wie die von Collaer et al., die beweisen, dass Männer Frauen sowohl bezüglich der Aufgabenlösegeschwindigkeit übertreffen als auch gleichzeitig weniger Fehler machen (Collaer et al., 2002). Auch in weiteren Studien konnten unter Aufhebung des Zeitlimits keine wesentlichen Veränderungen gefunden werden (Masters, 1998), (Peters, 2005)

Weitere zu berücksichtigende „performance factors“ sind z.B. die Dimensionalität und der Schwierigkeitsgrad der Aufgabe, wobei laut Peters et al. nur Letzteres positiv mit Geschlechtsdifferenzen korreliert (Peters et al., 1995). Das verwendete Stimulus-Material spielt ebenfalls eine Rolle. Collins et al. gingen davon aus, dass diese Komponente maßgeblichen Einfluss auf die Existenz oder zumindest die Effektgröße bei Geschlechtsunterschieden besitzt (Collins et al., 1997).

In der Studie von Jansen-Osmann et al. (2007) wurden 5 verschiedene Matrizen verwendet (Alphanumerische Stimuli, PMA Symbole, Tierbilder, Polygone und 3D-Würfelfiguren). Gemessen wurde die Geschwindigkeit der einzelnen Teilprozesse mentaler Rotation. Hiermit ergaben sich 3 abhängige Variable, also erstens die Zeit, die gebraucht wird, um zwei Matrizen miteinander zu vergleichen, zweitens der Rotations-Unsicherheitseffekt, der die Entscheidungsfindung, ob die dargebotenen Stimuli im Geiste gedreht werden müssen oder nicht, beschreibt, und drittens die letztendliche Schnelligkeit der mentalen Rotation. Dieses Experiment diente dazu, differenziert Geschlechtsunterschiede den einzelnen kognitiven Anforderungen zuordnen zu können. Bei der ersten abhängigen Variablen konnten Unterschiede bezüglich der Visualisierung der einzelnen Stimuli festgestellt werden. So waren Frauen bei Tierbildern und Männer bei Würfelfiguren besonders gut.

Statistische Signifikanz erreichte diese Messung nicht. Relevante Geschlechtsdifferenzen bei den anderen beiden Messgrößen fielen nur ins Gewicht wenn Polygone verwendet wurden (Jansen-Osmann et al., 2007). Hier wurde erneut deutlich, wie schwierig es ist, eine Kausalität für diesen Effekt zu finden, obwohl er sich oft genug manifestiert hat um empirische Evidenz zu erreichen.

### **1.4.2. MÄNNER UND FRAUEN IN DER MEDIZIN**

Im Fachbereich Medizin ist seit 1980 ein deutlich steigender Frauenanteil auf sämtlichen Qualifikationsebenen zu verzeichnen. 2002 waren 63,7% der Studienanfänger, 56% der Studenten in laufenden Semestern und 52,3% der Absolventen weiblich. Bei einer Erhebung des statistischen Bundesamtes 2003 zeigten sich kaum geschlechtsspezifische Differenzen bei der Verfassung medizinischer Doktorarbeiten. 46,2% aller abgeschlossenen Promotionen in der Humanmedizin wurden im Jahr 2002 von Frauen angefertigt. Im weiteren Qualifikationsverlauf junger Medizinerinnen ändern sich diese Verhältnisse aber sehr bald. So konnten 2002 Ärztinnen in der Anerkennung von Schwerpunktgebieten und Abschluss einer Facharztausbildung nur noch Prozentsätze von 38,9% erreichen. Signifikant weniger Führungspositionen, sei es in der Niederlassung, der Aufnahme einer hauptberuflich wissenschaftlichen Karriere oder einer Habilitation werden auch heute noch an Frauen vergeben. So lagen die Frauenanteile an den Habilitationen in der Humanmedizin im Jahr 2002 bei 15,5%, und die der Frauenquote für C3- Professuren bei 9,2%, sowie für C4- Professuren bei 4,8%. Sicherlich liegt die Begründung hierfür zu großen Teilen in der Familienplanung, individuell unterschiedlicher Karrieremotivation und auch mangelnder Flexibilität. Nicht zuletzt dadurch ist auch die Verteilung der Ärztinnen auf typische Fachgebiete zu erklären. So waren 2002 nur 12,7% aller berufstätigen Chirurgen, aber 49% aller berufstätigen Pädiater weiblich (BLK, 2005). Doch viele angehende Ärztinnen wollen gar nicht mehr diesem etablierten Rollenverständnis entsprechen.

Sicherlich ist die Studie von Babaria et al. mit einer extrem kleinen Versuchsgruppe nicht repräsentativ und auch sehr subjektiv geprägt, dennoch können sich bestimmt einige Berufsanfängerinnen in die Situation der 12 Medizinstudentinnen versetzen, die Kritik daran übten, dass sie im Vergleich zu männlichen Kollegen erschwerte Arbeitsbedingungen antreffen, im Umgang mit Vorgesetzten gegen Vorurteile ankämpfen müssen und ihre Position im Arbeitsumfeld sowie auch den Lerneffekt mit einem erheblichen Maß an Eigeninitiative verteidigen müssen (Babaria et al., 2009).

## 1.5. INTELLIGENZ

Wie schwierig es ist, die menschliche Intelligenz zu definieren und zu erfassen, wird deutlich wenn man auf die zahlreichen Intelligenztheorien der Vergangenheit zurückblickt. Die wichtigsten Ansatzpunkte und die fortschreitende Entwicklung fassten Funke et al. zusammen, worauf im Folgenden Bezug genommen wird. Der Faktor „Raumvorstellung“ hatte schon in vielen mittlerweile veralteten klassischen Ansätzen der Intelligenzforschung seinen Platz und behielt ihn bis heute. Von Charles Spearman wurde z.B. eine Zweifaktorentheorie postuliert. Das intellektuelle Niveau eines Individuums ist nach seiner These durch einen einflussreichen Generalfaktor  $g$  geprägt, ergänzend werden zusätzliche Spezialfaktoren  $s$  genannt. Diese sogenannten Gruppenfaktoren wie Sprachverständnis und räumliche Vorstellungsgabe liefern eine Erklärung für die Variabilität der individuellen Intelligenz, die durch  $g$  nicht hinreichend belegt werden kann. Cattell arbeitete diese Theorie weiter aus und postulierte zwei voneinander abhängige Faktoren  $G_f$  und  $G_c$ . „Während die fluide Intelligenz  $G_f$  eine vom individuellen Lernschicksal unabhängige Komponente darstellt, die auf der vererbten Funktionstüchtigkeit der hirnelementarologischen Prozesse basiert, ist die kristalline Intelligenz  $G_c$  als umweltbedingte Komponente charakterisiert, die im wesentlichen auf den Lernerfahrungen des Individuums beruht“ (zitiert nach Funke, 2009).

Hingegen voneinander unabhängige „Primärfaktoren“ fordert wiederum Thurstone. Durch das Fehlen eines generellen Intelligenzfaktors  $g$  war nach dessen Theorie außerdem eine differenziertere Beschreibung der individuellen Leistungsfähigkeit möglich und bezog sich unter anderem auf folgende Bereiche: verbales Verständnis, Wortflüssigkeit, schlussfolgerndes Denken, räumliches Vorstellungsvermögen, Merkfähigkeit, Rechenfähigkeit, Wahrnehmungs-, und Auffassungsgeschwindigkeit.

Im weiteren Verlauf näherte man sich der Erforschung des globalen Konstrukts „Intelligenz“ mittels des „Ansatz der Informationsverarbeitung“, in dessen Mittelpunkt der Umgang mit Gelerntem und Gedächtnisfunktionen steht. Weitere Forschungstraditionen stellen die Psychometrie, die statistische Testverfahren bemüht um Intelligenztests zu prüfen, und die Entwicklungspsychologie (Entwicklung der Kognition in Bezug auf das Lebensalter) dar.

Daraufhin etablierten sich in der Forschung neuere, umfassendere Modelle wie beispielsweise die Theorie der 6 Intelligenzen von Gardner. Hier werden neben den klassischen Faktoren Sprache, mathematische Logik, und Raumvorstellung auch die musikalische, motorische und personale Intelligenz erfasst (Gardner et al., 1985)

Modernere Theorien umfassen schließlich auch die emotionale Intelligenz. Zum Beispiel wird sozialer Kompetenz insbesondere in Eysenck's Modell Beachtung geschenkt (Eysenck, 1986).

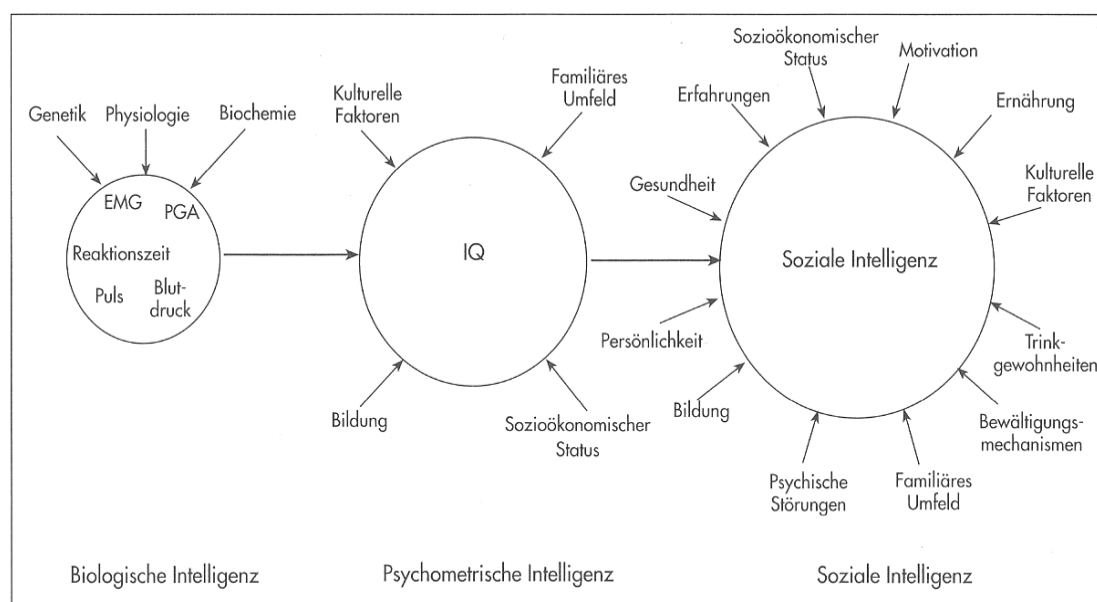


Abbildung 2: Beziehung zwischen biologischer, psychometrischer und sozialer Intelligenz (Eysenck, 1986)

Bei einem 1986 abgehaltenen Symposium mit der Fragestellung „Was ist Intelligenz“ waren die häufigsten Antworten der Experten „höherstufige Verarbeitungskomponenten (logisches Schlussfolgern, Vorstellen, Problemlösen, Urteilen), „was in einer Kultur als wesentlich eingeschätzt wird“, „elementare Verarbeitungsprozesse (Wahrnehmung, Empfindung, Aufmerksamkeit“, „Wissen“, „erfolgreiches Verhalten“ (Sternberg et al., 1986).

Es herrscht bis jetzt keine eindeutig gültige Theorie darüber, wie Intelligenz zu definieren ist. Da mit der Entwicklung immer neuerer Ansätze auch eine breit gefächerte Konstruktion verschiedener Test-, und Messverfahren einherging, blickt man heute auf ein großes Spektrum möglicher Methoden, Intelligenz in jeglicher Variation zu erfassen. Jedoch waren Versuche, „Intelligenz“ quantifizierbar zu machen, bisher zum Scheitern verurteilt. Gründe dafür gibt es viele, wie zum Beispiel die fehlende Definition von „Intelligenz“. Weiterhin stellen sich unter anderen folgende Fragen: Sind alle Einzelfaktoren, die man misst überhaupt empirisch als Korrelat mit Intelligenz determiniert, relevant und gleichwertig? Wie soll man mit der Kulturgebundenheit vieler Testverfahren umgehen? Da man sich aber intensiv mit der Thematik befasste, gibt es heute schon hervorragende Lösungsstrategien und Testmethoden.

Die Messgröße der intellektuellen Leistung ist der IQ. Definiert in der noch heute gültigen Weise wurde er von David Wechsler folgendermaßen: „Die Leistung eines bestimmten Individuums wird auf die durchschnittliche Leistung seiner Altersgruppe bezogen, wobei der Abstand der individuellen Leistung vom Gruppendurchschnitt den Intelligenzwert ergibt. Für jede Altersgruppe wird der Durchschnitt mit 100 angesetzt und die Abweichung vom Durchschnitt wird mit Hilfe eines Streuungsmaßes berechnet, wodurch sich die Werte für verschiedene Individuen und Gruppen vergleichen lassen“ (zitiert nach Funke, 2009). Wendet man dieses Prinzip an, resultiert daraus eine normalverteilte Glockenkurve. Der gesellschaftlich durchschnittliche IQ liegt bei 100 Punkten mit einer Standardabweichung von 15 Punkten. Das bedeutet, dass Menschen mit einem IQ von 85 bis 115 durchschnittlich intelligent sind, und Extreme unterhalb oder oberhalb dieser Norm auf Beeinträchtigung kognitiver Fähigkeiten oder Hochbegabung hinweisen. Eines der bedeutendsten Konzepte den IQ zu ermitteln ist auch heute noch der Hamburg- Wechsler- Intelligenztest für Erwachsene (HAWIE). Anhand von 5 Skalen wird mittels verschiedener Aufgaben der Handlungs-IQ gemessen und weitere 6 Skalen erheben den Verbal-IQ. Dies macht die Erhebung eines Gesamt-IQs möglich.



Ebenso enthält die Testanweisung einen sogenannten „Abbauquotienten“, der die Entwicklung von Leistung und Kognition in Bezug auf das Lebensalter ermittelt. Um das Problem der kulturellen und sprachlichen Barriere zu lösen, wurden zunehmend Verfahren entwickelt, die Graphiken und Symbole verwenden. Die Testpersonen müssen lediglich Relationen erkennen und logische Schlussfolgerungen ziehen können. Dies macht die sprachfreie Ermittlung von Intelligenz universell gültig (Funke, 2009).

Ein Beispiel hierfür, ist unter anderen der Zahlenverbindungstest (ZVT). Korrelationsstatistische Untersuchungen bewiesen, dass mittlere bis hohe Korrelationen zu etablierten Intelligenztest wie z.B. dem Prüfsystem für Schul-, und Bildungsberatung nach Horn, das auf die Primärfaktorentheorie Thurstone's aufbaut, oder dem Intelligenz-Struktur-Test nach Amthauer bestehen. In positive Relation können auch der HAWIE (1964) oder der kulturunabhängige und sprachfreie Varianten Standard Progressive Matrices nach Raven, sowie der Grundintelligenztest CFT 3 gesetzt werden. Hierbei kovariieren unterdurchschnittliche Bearbeitungszeiten im ZVT mit überdurchschnittlichen Intelligenz-Rohwerten in den jeweiligen Bezugstests. Geringe bis mittlere korrelative Zusammenhänge entdeckte man zwischen dem ZVT und Schulnoten, aber auch Konzentrations- und Leistungstests. Positiv muss weiterhin vermerkt werden, dass die Ergebnisse beim Zahlen verbinden nicht bedeutsam mit Motivation oder Persönlichkeitsmerkmalen zusammenhängen (Oswald et al., 1975).

### **1.5.1. INTELLIGENZ UND RAUMVORSTELLUNG**

Neue Forschungsansätze liefern Grund zu der Annahme, dass ein gutes visuell räumliches Vorstellungsvermögen auch positiven Einfluss auf verwandte Funktionsbereiche wie z. B. Mathematik oder Orientierung hat. So konnten beispielsweise Kyttälä et al. in ihrer Studie nachweisen, dass ein deutlich positiver Zusammenhang zwischen nonverbaler fluider Intelligenz (Raven's Standard Matrizen Test), mentaler Rotation (MRT) und mathematischen Leistungen bei Schulkindern besteht (Kyttälä et al., 2008).

## 1.6. FRAGESTELLUNG UND HYPOTHESEN

Das Ziel dieser Studie ist es, zu untersuchen, ob Chirurgen bessere räumliche Vorstellungskraft besitzen als Internisten. Wie in Abschnitt 1.2.2 schon angedeutet, existieren bereits zahlreiche Untersuchungen, die den Faktor Raumvorstellung mit chirurgischer Kompetenz korrelieren, wobei Risucci et al. als Kontrollgruppe Probanden ohne medizinischen Hintergrund verwendeten. Boom-Saad et al. legten zwar Wert darauf, dass die Versuchspersonen der Vergleichsgruppe ähnlich hohe Intelligenzquotienten wie die Chirurgen aufwiesen, aber auch hier wurden Stichproben aus der Normalbevölkerung gewählt. Bei der hier durchgeführten Studie geht man davon aus, dass die IQ-Werte von Ärzten der beiden Fachdomänen Chirurgie und Innere Medizin ähnlich hoch sind und eine annähernd identische Ausbildung bis zum Staatsexamen ebenso dazu beiträgt, die Gruppen bezüglich ihres Ausbildungsstandes möglichst vergleichbar zu machen. Dies ist der wohl wichtigste Punkt, der die vorliegende Untersuchung im Vergleich zu Vorläuferstudien erweitert. Hiermit lautet die erste hypothetische Annahme: „Chirurgen haben ein besseres räumlich visuelles Vorstellungsvermögen als Internisten“.

In den letzten 25 Jahren erlangte die These, dass Männer Frauen in Bezug auf räumliche Kompetenz überragen empirische Evidenz. Während bezüglich der Kausalität dieses Phänomens noch kein zufriedenstellendes Ergebnis erbracht werden konnte, wird das Detailwissen bezüglich der „performance factors“ immer spezifischer und der Unterschied zwischen Mann und Frau manifestiert sich in immer mehr Studien. Die zweite Hypothese ist also, dass replizierbare Ergebnisse bezüglich des Geschlechtseffekts erbracht werden können. Die dritte Hypothese geht aus dem Postulat hervor, dass der Faktor Musik kognitive Leistungen und somit auch den Teilbereich mentale räumliche Repräsentationsfähigkeit positiv beeinflusst und lautet somit: „Ärzte, die regelmäßig musizieren, erzielen bessere Ergebnisse im MRT als ihre Kollegen“. Vielfach umstritten bleibt die Thematik, ob sich die „Kardiovaskuläre Fitness Hypothese“ verifizieren lässt, und wenn, welche kognitiven Leistungsbereiche davon, in welchem Maße profitieren können. In Anlehnung an die bis jetzt bestehende Literatur und aufgrund bisher fehlender Datenlage bezüglich eines korrelativen Zusammenhangs zwischen Sport und Raumvorstellung geht man bei dieser Studie primär davon aus, dass sportliche Aktivität eine positive Wirkung auf die erbrachte Leistung im MRT hat.

## 2. METHODE

Die Untersuchung fand an verschiedenen Lehrkrankenhäusern und Gemeinschaftspraxen der Stadt Regensburg statt. Getestet wurden Ärzte und Ärztinnen der Universitätsklinik, des Bezirksklinikums, der Krankenhäuser Barmherzige Brüder und St. Joseph, der Asklepios Klinik Bad Abbach, des Ärztehauses im Castra Regina Center und einige Niedergelassene im Einzugsgebiet Regensburgs.

### 2.1. STICHPROBE

Diese Studie schließt insgesamt 63 Probanden im Alter vom 25. bis zum 65. Lebensjahr ein, die im Rahmen von Famulaturen, Visitationen oder auf persönliche Anfrage rekrutiert werden konnten. Die Gruppe der Chirurgen (Gruppe 1) setzt sich zusammen aus 21 Männern und 10 Frauen, zum Teil Fachärzte der verschiedenen Teilbereiche (HNO, Gefäß-, Unfall-, Neuro- und Viszeralchirurgie), zum Teil Assistenzärzte in der Facharztausbildung mit unterschiedlichen Ausbildungsstand. Das Durchschnittsalter der Chirurginnen ist 28,5 Jahre, bei den Chirurgen liegt es dagegen bei 32,2 Jahren. Die Vergleichsgruppe (Gruppe 2) bilden Internisten des erweiterten Fachspektrums Kardiologie, Pneumologie, Hämato-Onkologie und Strahlentherapie. Es nahmen 22 männliche Personen (Durchschnittsalter 36,6 Jahre) und 10 weibliche Personen (Durchschnittsalter 34,2 Jahre) teil. Während bei den chirurgischen Ärzten mittels Fragebogen eine durchschnittliche Berufserfahrung von 5,3 J (m) und 2,8 J (w) evaluiert werden konnte, lag die gemittelte praktische Tätigkeit bei Internisten bei 8,0 und Internistinnen bei 8,8 Jahren. Nach Angaben der Chirurgen erhielt man bezüglich der Operationen pro Monat folgende Werte für das Gesamtkollektiv: Minimal invasive Eingriff 163 (m) und 82 (w) bzw. offene Operationen 476 (m), und 169 (w), wobei die Definition „minimal invasiv“ jeweils mit der entsprechenden Fachrichtung individuell vereinbart wurde, da Übergänge fließend waren. Gemittelt ergaben sich für jeden einzelnen Operateur etwa 7 minimal invasive und 22 offene Eingriffe pro Monat. Die Durchschnittswerte der Chirurginnen liegen hier bei 8 minimal invasiven und 17 Operationen am offenen Situs.

Weiterhin zu erwähnen, ist die Verteilung der individuell unterschiedlich verteilten Einzelfaktoren, die im Interesse der Studie standen. So gaben jeweils 50 % der Chirurgen als auch der Chirurginnen an, ein Musikinstrument zu spielen oder in der Vergangenheit Instrumentalunterricht genossen zu haben. Bei den internistischen Kollegen war der Prozentsatz bei den Männern mit 64 % etwas höher, bei den Frauen mit 20 % dagegen deutlich geringer. Von den Probanden wurden verschiedene Instrumente angegeben, wobei Klavier und Violine am häufigsten erwähnt wurden. In die Auswertung ging später allerdings nur ein, ob die Probanden jemals ein Instrument gespielt haben (Musik 1) und über wie viele Jahre und wie viele Stunden pro Woche (Musik 2) musiziert wurde.

Bezüglich des Faktors Sport ergab die Befragung, dass sowohl Chirurgen wie auch Internisten zu 86% regelmäßig sportlich aktiv sind, Chirurginnen sogar zu 90% und die internistischen Ärztinnen zu 70 %. Es bot sich ein breites Spektrum verschiedener Sportarten (Ball- und Ausdauersportarten, aber auch Skifahren, Tauchen, Reiten) Die Studie erfasste nur, ob der Proband sportlich aktiv ist oder nicht. Die Einzelfaktoren Computerspiele und virtuelles Lehrmaterial wurden zwar erhoben, konnten allerdings nicht verwertet werden, da die Datenlage sich als nicht repräsentativ darstellte. Lediglich drei Chirurgen bzw. Chirurginnen verwendeten virtuelles Lehrmaterial, wie z.B. den Pelvi-Trainer, einen OP-Simulator für das urologische und gynäkologische Fachgebiet. Nur fünf Probanden aus der Gruppe der Chirurgen spielten Computerspiele, bei den Vertretern der Inneren Medizin waren es lediglich zwei Ärzte.

## **2.2. VERSUCHSMATERIAL**

Der Versuch wurde im Zeitraum September bis Dezember 2009 an den jeweiligen Kliniken in den Räumlichkeiten des Arbeitsumfeldes durchgeführt. Zunächst erhielten die Probanden ein kurzes Informationsschreiben über die durchgeführte Studie. Daraufhin folgte ein Fragebogen zur Erfassung der personellen Details, der im Vorfeld von der Versuchsleiterin konzipiert wurde (siehe Anhang). Um die Anonymität der Daten zu gewährleisten, wurde als Verschlüsselungssystem eine individuelle PK-Nummer verwendet. Als Testverfahren zur Messung der kognitiven Verarbeitungsgeschwindigkeit wurde der Zahlenverbindungstest gewählt. Der mentale Rotationstest A als letzter Versuchsbestandteil diente dazu, das räumliche Vorstellungsvermögen zu erfassen.

### 2.2.1. ZAHLENVERBINDUNGSTEST (ZVT)

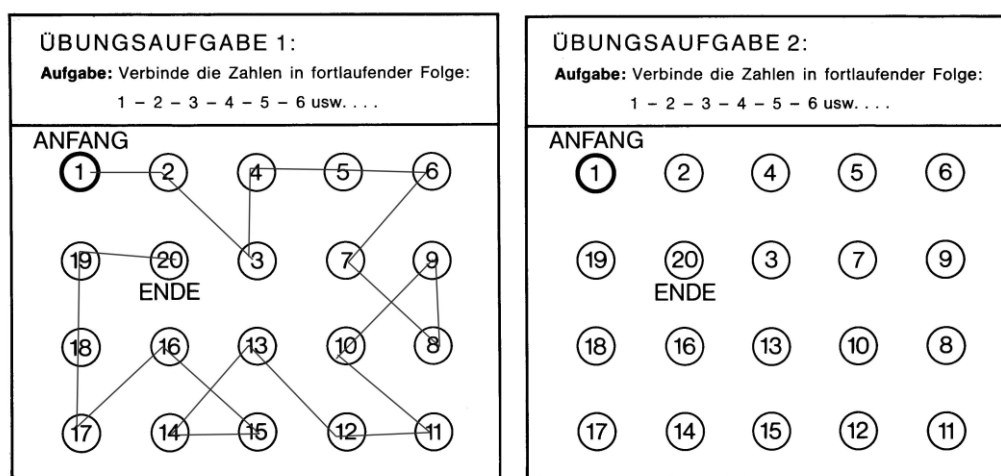


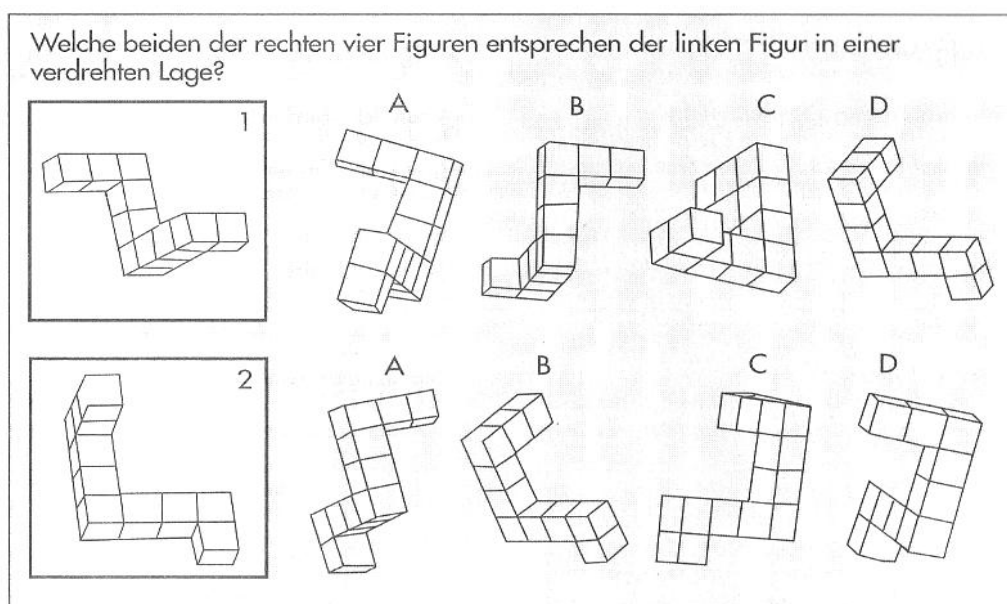
Abbildung 3: Der Zahlenverbindungstest (ZVT), Handanweisung (Oswald et al., 1978)

Das vorliegende Testverfahren entstand aus dem Anspruch, eine Methode zur Intelligenzmessung zu entwickeln, die stark von basal kognitiven Informationsverarbeitungsprozessen geprägt ist. Dadurch, dass keinerlei sprachliche Komponenten einfließen, bietet der ZVT eine größtmögliche Unabhängigkeit von soziokulturellen Rahmenbedingungen, Bildungsstatus und Motivationsniveau (Oswald et al., 1978). Bestehend aus 4 parallelisierten Zahlen-Matrizen, ist der Test, der dem Probanden auf Din-A-4 Blätter dargeboten wird, so konstruiert, dass ein Item aus je 90 Zahlen besteht, die möglichst schnell der Reihenfolge nach verbunden werden müssen. Die jeweils nächste aufzusuchende Ziffer liegt hierbei immer in unmittelbarer Nachbarschaft. Der Durchmesser der Ziffernkreise beträgt jeweils 10 mm, der Abstand der Kreismittelpunkte horizontal und vertikal liegt bei 22 mm. Die Wegstrecken, die bei vollständiger Bearbeitung zurückgelegt werden, bemessen sich auf 2398 mm bei Test A, bei Matrize B und D auf 2388 mm und bei C auf 2408 mm. Weitere Standards für die graphische Erstellung sind der Handanweisung zu entnehmen, ebenso wie Überlegungen zum „Informationsbetrag“ der Matrizen. Das Informationsmaß (H) dient der Vergleichbarkeit der einzelnen Items, wird codiert in der Einheit bit und errechnet sich wie folgt:  $H = \lg n$  ( $n$ = Anzahl der Reizalternativen).

Der hier verwendete Test fordert pro Matrize rund 136 bit, wobei bei Test A und C 305 und bei Test B und D 303 Wahlalternativen bearbeitet werden müssen. Abschließend ist zur Auswahl der Testbögen zu erwähnen, dass die Verteilung der Ziffern randomisiert aus Zufallsentwürfen entstand. Normierungstabellen des Manuals ermöglichen nach Errechnung der durchschnittlichen Bearbeitungszeit ein direktes Ablesen des altersentsprechenden IQ-Wertes.

### 2.2.2. MENTALER ROTATIONSTEST

Zur Erfassung des visuell räumlichen Vorstellungsvermögens diente der mentale Rotationstest Subtyp A (MRT-A), bestehend aus Figuren, die 1978 von Shepard und Metzler entwickelt wurden. Hier wurde eine Version des Vandenberg & Kuse MRT verwendet (Peters, 1995). Grundprinzip dieses Testverfahrens ist es, die präsentierten Würfelfiguren entsprechend der physikalischen Drehung entlang einer vertikalen Achse mental zu repräsentieren und zu rotieren. Daraufhin muss die Versuchsperson 2 aus 4 Items wählen, die der Vergleichsmatrize in rotierter Form und in unterschiedlicher Winkeldarstellung entsprechen. Bei der Auswertung vergibt der Versuchsleiter einen Punkt, wenn beide Bilder richtig erkannt wurden, so dass bei 24 Aufgaben maximal 24 Punkte erreicht werden können.



Antwort: Figur 1: B und C; Figur 2: A und C

Abbildung 4: Aufgabenbeispiel zur mentalen Rotation (Funke, 2009)

## 2.3 VERSUCHSDURCHFÜHRUNG

Die Probanden fanden sich jeweils zu Einzelsitzungen mit der Versuchsleiterin ein. Nachdem Fragen bezüglich der Studie im Vorfeld beantwortet und der Fragebogen ordnungsgemäß ausgefüllt wurde, folgte die Instruktion zum ZVT. Den Ärzten wurde erklärt, dass der limitierende Faktor beim Verbinden der Zahlen die benötigte Bearbeitungszeit sei. Desweiteren sollten Fehler, sobald sie bemerkt werden, ausgeglichen werden. Nach 2 identischen Übungsaufgaben mit je 20 Ziffern wurden unmittelbar nacheinander die 4 Testversionen A, B, C und D bearbeitet, so dass der Test zumeist nach 5 bis 8 Minuten abgeschlossen war. Hierauf folgte sogleich die Anleitung zum MRT. Dabei wurde den Probanden anhand von 5 Vergleichsfiguren das generelle Prinzip der schrittweisen mentalen Rotation und Winkeldarstellung näher gebracht und durch 2 inkongruente Figuren verdeutlicht. Der Testaufbau mit der Instruktion 2 aus 4 Items zu erkennen wurde mittels Übungsaufgabe 1 erklärt und ging zumeist einher mit Hilfestellungen und Tipps. Zur Verinnerlichung und Training mussten 3 weitere Aufgaben in maximal 5 Minuten gelöst werden. Dann begann der Test. Für die ersten 12 Items erhielten die Teilnehmer 3 Minuten Zeit, nach einer kurzen Pause für wiederum 12 Stimuli erneut 3 Minuten

## 2.4. VERSUCHSDESIGN

Es handelt sich um einen 2 x 2 faktoriellen quasiexperimentellen Versuchsplan mit den Zwischen- Subjekt Faktoren Fachdisziplin (UV 1 Ärzte der Fachrichtung Innere Medizin vs. Chirurgen (zweistufig)) und Geschlecht (UV 2 Männer vs. Frauen (zweistufig)). Als abhängige Variable wurden der Intelligenzquotient und die erreichte Punktzahl beim mentalen Rotationstest erfasst. Das zugrunde gelegte Fehlerniveau  $\alpha$ , zur Beurteilung statistischer Signifikanz, wurde für alle berichteten Analysen bei  $p < 0.05$  festgelegt.

### 3. ERGEBNISSE

In den folgenden Abschnitten werden die Ergebnisse der durchgeführten Gruppenvergleiche (Chirurgen vs. Internisten) bzw. (Männer vs. Frauen) aufgeführt. Die statistische Auswertung erfolgte mittels des Statistikprogramms SPSS. Die Daten wurden anhand einer univariaten Varianzanalyse ausgewertet. Bei allen Tests wurde mit den beiden Zwischensubjektfaktoren Fachdisziplin und Geschlecht gerechnet.

#### 3.1. ERGEBNISSE DES ZAHLENVERBINDUNGSTESTS

Männlichen Probanden erlangten einen Gesamtintelligenzquotienten von 109,5 (SD = 12,8) weibliche 112,6 (SD = 13,3). Der gemittelte IQ der Chirurgen betrug 106,3 (SD = 13,1) während die Chirurginnen Werte um 114,0 erzielten (SD = 8,6). Die Internisten schnitten mit den Ergebnissen 112,6 (SD = 112,1) bei den Männern und 111,4 (SD = 18,5) bei den Frauen in etwa vergleichbar ab. Der durchschnittliche IQ der Chirurgen war 108,6 (SD = 12,3), bei den Internisten lag er bei 112,2 (SD = 14,1). Statistisch signifikante Unterschiede bei einem festgelegten  $\alpha$ - Niveau von  $p < 0,05$  wurden für das Zwischen-Subjekt Fachdisziplin ( $p = 0,26$ , n.s.) ebenso wenig erreicht, wie für den Faktor Geschlecht ( $p = 0,46$ , n.s.)

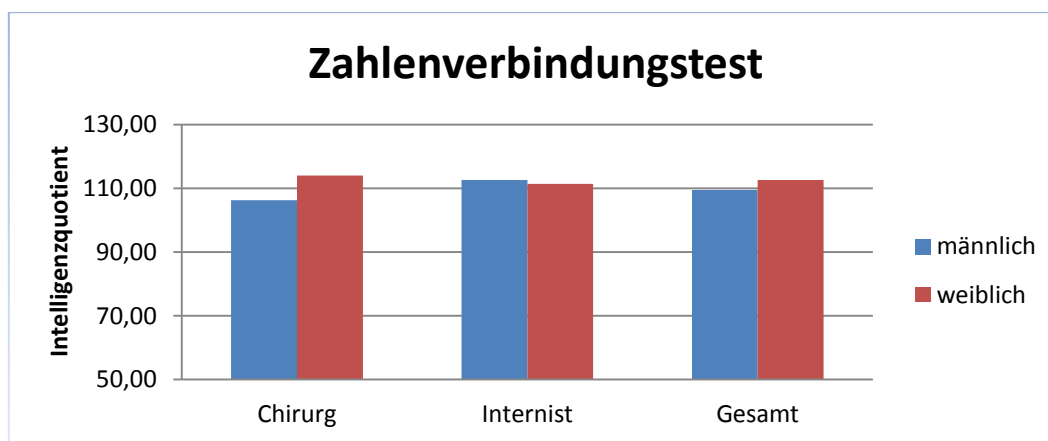


Abbildung 5: Übersicht auf die ermittelten Intelligenzquotienten der Versuchsgruppen



### 3.2. ERGEBNISSE DES MENTALEN ROTATIONSTESTS

Bei der mentalen Rotationsaufgabe schnitten die männlichen Probanden dieser Studie mit einem Mittelwert von 13,8 Punkten ( $SD = 4,8$ ) besser ab als die Frauen mit 9,4 ( $SD = 4,9$ ).

Chirurgen erzielten gemittelte Punktwerte von 14,3 ( $SD = 5,0$ ), Chirurginnen 9,9 ( $SD = 2,8$ ).

Männliche Internisten erreichten im Durchschnitt 13,3 Punkte ( $SD = 4,6$ ) und die Internistinnen 8,9 ( $SD = 4,7$ ). Der Haupteffekt des Zwischensubjekts Fachdisziplin ist nicht signifikant, ( $p = 0,41$ , n.s).

So kann die Hypothese, dass Chirurgen bessere räumliche Vorstellungskraft besitzen als Internisten nicht beibehalten werden. Allerdings zeigte sich ein deutlich signifikanter Unterschied bezüglich des Geschlechtsunterschieds zugunsten der männlichen Testpersonen ( $p = 0.001$ , s.)

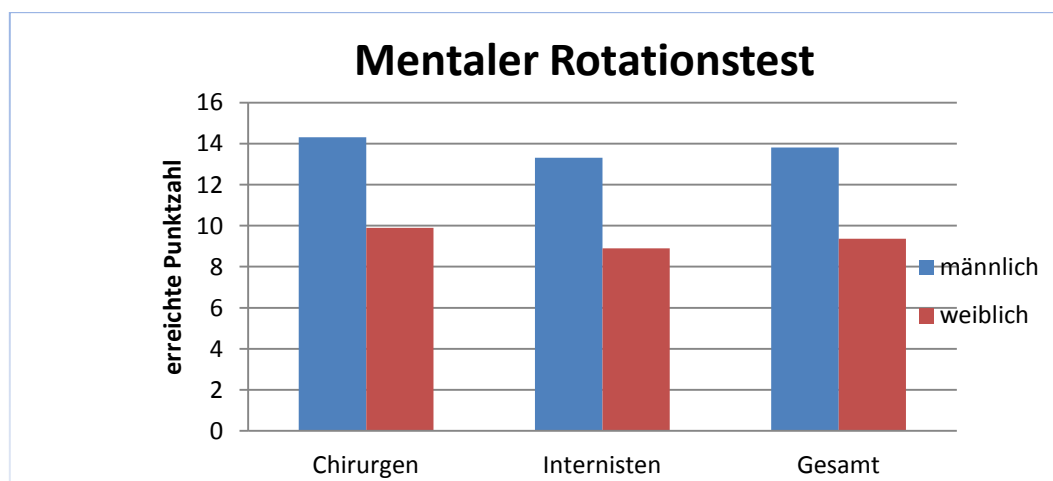


Abbildung 6: Vergleich des VSP der Versuchsgruppen anhand der erreichten Punktzahl im MRT

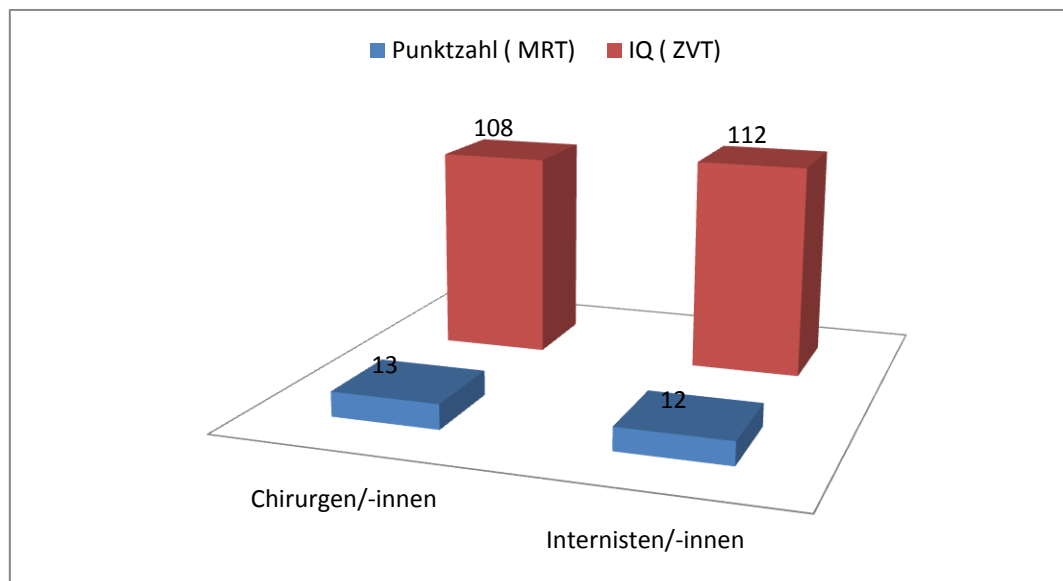


Abbildung 7: Berufsgruppenspezifische Übersicht über die Testergebnisse im ZVT und MRT

### 3.3. INDIVIDUELLE FAKTOREN

Die folgende Tabelle gibt die Ergebnisse der Auswertung individueller Einflussfaktoren auf das Abschneiden im MRT wieder.

		Disziplin	Geschlecht	Musik 1	Musik 2	Sport	MRT	IQ
Disziplin	Korrelation nach Pearson	1	,000	-,048	,029	,118	,106	-,144
	Signifikanz (2 seitig)		1,000	,706	,822	,355	,405	,260
	N	64	64	63	62	64	64	63
Geschlecht	Korrelation nach Pearson	,000	1	,142	,061	,111	,416	-,095
	Signifikanz (2 seitig)	1,000		,268	,637	,382	,001	,460
	N	64	64	63	62	64	64	63
Musik 1	Korrelation nach Pearson	-,048	,142	1	,933	,200	,131	-,048
	Signifikanz (2 seitig)	,706	,268		,000	,117	,307	,710
	N	63	63	63	62	63	63	62
Musik 2	Korrelation nach Pearson	,029	,061	,933	1	,091	,157	-,099
	Signifikanz (2 seitig)	,822	,637	,000		,484	,224	,447
	N	62	62	62	62	62	62	61
Sport	Korrelation nach Pearson	,118	,111	,200	,091	1	,062	-,153
	Signifikanz (2 seitig)	,355	,382	,117	,484		,627	,231
	N	64	64	63	62	64	64	63
MRT	Korrelation nach Pearson	,106	,416	,131	,157	,062	1	,122
	Signifikanz (2 seitig)	,405	,001	,307	,224	,627		,340
	N	64	64	63	62	64	64	63
IQ	Korrelation nach Pearson	-,144	-,095	-,048	-,099	-,153	,122	1
	Signifikanz (2 seitig)	,260	,460	,710	,447	,231	,340	
	N	63	63	62	61	63	63	64

Abbildung 8: Einfluss individueller Faktoren auf den MRT

Bei der statistischen Auswertung zeigte sich keine signifikante Korrelation der Faktoren Musik 1 ( $r = 0,13$ ), oder Musik 2 ( $r = 0,16$ ) mit der erreichten Punktzahl beim mentalen Rotationstest auf dem Niveau von 0,05. Auch sportliche Aktivität ( $r = 0,06$ ) sowie ein hoher Intelligenzquotient ( $r = 0,12$ ) stehen nach Pearson's Korrelation nicht signifikant in Zusammenhang mit Raumvorstellung im Sinne der mentalen Rotationsaufgabe. Die Bedingungen 3-D- Computerspiele und Simulator-Training wurden aufgrund der nicht repräsentativen Datenlage aus der Studie ausgeschlossen.

## **4. DISKUSSION**

In den nächsten Abschnitten werden die in Abschnitt 3 dargestellten Ergebnisse sowie auch das methodische Vorgehen der vorliegenden Studie diskutiert. Zunächst wird ein Vergleich der erbrachten Resultate mit bisherigen Studien angestellt und so der Stellenwert bezüglich des aktuellen Forschungsstands erörtert. Darauf folgt eine kritische Auseinandersetzung mit der Studie insbesondere im Hinblick auf Probleme beim methodischen Vorgehen. Abschließend wird ein Ausblick für mögliche Folgeuntersuchungen gegeben.

### **4.1. EINORDNUNG DER ERGEBNISSE**

#### **4.1.1. BEDEUTUNG DES INTELLIGENZQUOTIENTEN IM KONTEXT**

Wie angenommen, manifestierten sich keine relevanten Unterschiede bezüglich der gemessenen IQ-Werte zwischen den beiden Versuchsgruppen. Das bedeutet, dass Chirurgen und Internisten ein vergleichbares intellektuelles Ausgangsniveau aufwiesen, und die Bedingung „Intelligenz“ als Einflussfaktor auf die Testergebnisse des mentalen Rotationstests relativiert werden konnte. Hätten sich Intelligenzunterschiede zwischen Vertretern beider Fachdisziplinen gezeigt, hätte dies bedeutet, dass andere Einflussfaktoren, wie beispielsweise räumliche Kompetenz, die anhand praktischer Tätigkeit erworben wurde, sehr schwer zu objektivieren gewesen wären. Auch die Gewichtung individueller Einflussgrößen wie musikalisches Talent oder sportliche Aktivität hätte sich bedeutend verändert. So wäre es noch schwieriger geworden in einem ohnehin schon diffizilen Wechselspiel potentieller Einflussfaktoren Zusammenhänge zwischen Raumvorstellung und den zu testenden Bedingungen greifbar zu machen. Demzufolge ist es leichter und auch von größerer Wertigkeit eine klare Aussage darüber machen zu können, dass Chirurgen laut den hier vorliegenden MRT-Ergebnissen kein besseres räumlich visuelles Vorstellungsvermögen besitzen als ihre internistischen Kollegen. Ebenfalls zeigte sich kein erwähnenswerter IQ-Unterschied zwischen Männern und Frauen beider Gruppen.

In der aktuellen Forschung geht man davon aus, dass Männer bessere Leistungsnachweise bezüglich räumlich visuellen Fähigkeiten und mathematischen Schlussfolgerungen erzielen, während Frauen sich eher durch sprachliche Intelligenz und eine schnelle Wahrnehmungsgeschwindigkeit auszeichnen (Funke, 2009). Die hypothetische Annahme, dass Männer bessere Ergebnisse im mentalen Rotationstest erbringen, wurde auch in der vorliegenden Studie bestätigt. Ein Beitrag zur Kausalität dieser Unterschiede oder eine Analyse der einzelnen „performance factors“ konnte durch diese Untersuchung dabei nicht geleistet werden.

Weiterhin ist zu erwähnen, dass durchschnittliche IQ-Werte von 108,6 bei den Chirurgen und 112,2 bei den Internisten dem oberen Normwert der gesellschaftlichen Durchschnittsintelligenz (100 Punkte mit 15 Punkten Standardabweichung) entsprechen. Insofern ist im Vergleich zur Studie von Boom-Saad et al., deren Vergleichsgruppe sich aus Probanden aus der Normalbevölkerung zusammensetzte, die einen IQ- Wert größer als 120 aufwiesen (Boom-Saad et al., 2008) zu bestätigen, dass es natürlich von Bedeutung ist, das intellektuelle Niveau der Versuchspersonen möglichst aufeinander abzustimmen, um auftretende Effekte besser auswerten zu können. Dennoch ist es auch besonders wichtig, die Kontrollgruppe auch in Hinblick auf ihren Ausbildungsstatus und Vorkenntnisse zu räumlichen Aufgaben maximal vergleichbar zu wählen. Man muss sich nur vor Augen führen, wie schwer es fällt, die Raumkompetenz eines Chirurgen mit beispielsweise der eines Piloten, Architekten oder gar der eines Lehrers zu vergleichen. Es würde sich die Frage stellen: „Werden in der Ausbildung zum Piloten die gleichen visuell räumlichen Fähigkeiten benötigt und trainiert wie in der Laufbahn eines Chirurgen?“ Dies ist insofern schwierig zu beurteilen, weil allein schon auf dem Gebiet der Erforschung operationsspezifischer räumlicher Kompetenz noch zu viele Fragen offen sind, um einen Vergleich überhaupt zuzulassen. Piloten trainieren mit Flugsimulatoren, Ärzte mit Operationssimulatoren oder direkt am Patienten. Doch wie bilden beispielsweise Mathematiklehrer ihr räumliches Vorstellungsvermögen weiter aus? Ohnehin werden bei diesbezüglichen Vergleichen immer Lücken bestehen bleiben, weil auch das vielfältige Freizeitangebot und individuelle Interessen erschwerte Bedingungen schaffen.

Deshalb zeichnet sich die hier vorliegende Studie dadurch aus, dass alle Probanden dieselbe klinische Ausbildung genossen haben.

Natürlich muss man sich angesichts der hohen Punktwerte im Intelligenztest, die die Ärzte im Rahmen dieser Studie erreicht haben, auch damit auseinandersetzen, ob ein hoher IQ gewissermaßen ein Garant für beruflichen Erfolg sein könnte. Da Raumkognition in vielen Intelligenztheorien als wichtiger Teilfaktor postuliert wird, könnte man vermuten, dass sie einen Einfluss darauf hat, welche Personen überhaupt Ärzte werden. Dies vermuteten auch 2008 Boom-Saad et al. (Boom-Saad et al., 2008) und kamen bei ihrer Studie zu dem Schluss, dass ein primär vorhandenes gutes räumliches Vorstellungsvermögen Bewerber für eine chirurgische Laufbahn auszeichnet und eine erfolgsversprechende Karriere erst ermöglicht. Obwohl heute immer mehr Ärzte gebraucht werden, ist der Kampf um die beschränkte Studienplatzzahl immer noch hart. Der Selektionsprozess für mögliche Bewerber fängt schon in der Schule an, da die Hochschulzulassungen größtenteils anhand der Leistungsnachweise im Zeugnis vergeben werden. In diesem Zusammenhang stellt sich jedoch die Frage „Erzielen Schüler mit hohen Punktwerten bei Intelligenztests auch bessere Schulnoten?“ Laut Funke et al. korreliert die durchschnittliche Schulnote mit der Gesamtintelligenz meist um 0,40 oder 0,50. Dabei weisen die Autoren darauf hin, dass Schulleistungen und Lehrerurteil die wesentlichen Kriterien sind, an denen Intelligenztests validiert werden. Deswegen muss man beachten, dass die Testintelligenz und die „wahre Intelligenz“ divergieren können. Auch weitere Faktoren wie zum Beispiel der sozioökonomische Status eines Kindes kann dazu führen, dass seine Leistung unter- bzw. überschätzt werden, da das Urteil der Lehrer oftmals subjektiv geprägt und auch von Vorurteilen belastet sein kann. Ebenso wichtig sind neben der intrinsischen Motivation der Schüler auch kulturelle Einflussfaktoren. Manifeste Unterschiede in Schulleistungen amerikanischer im Vergleich zu asiatischen Kindern basieren beispielsweise nicht auf Intelligenzunterschieden, sondern darin, dass die konfuzianische Tradition großen Wert auf harte Arbeit und Disziplin legt. Auch der Pygmalion-Effekt kann Einfluss auf die Schulnoten ausüben. Er besagt, dass Kinder bessere Leistungen erzielen je höher die Erwartungen der Lehrer und Eltern an sie sind (Funke, 2009)

Es ist also mehr als schwierig zu beurteilen, ob tatsächlich die „intelligentesten“ Schüler konsekutiv auch die besten Schulnoten erzielen, und die begehrtesten Studienplätze erhalten. Doch auch diese Überlegungen erübrigen sich im Rahmen dieser Studie aufgrund der vergleichbaren IQ-Testwerte der beiden Versuchsgruppen.

#### **4.1.2. MRT-LEISTUNG ALS PRÄDIKTOR FÜR EINE ERFOLGREICHE CHIRURGISCHE LAUFBAHN**

In den einleitenden Kapiteln wurde bereits auf Studien verwiesen, die eindeutig belegen, dass herausragende räumlich kognitive Kompetenz positiv mit den Leistungen der Probanden an Operationssimulatoren korreliert. Moderne Untersuchungen wiesen auch darauf hin, dass sich Fähigkeiten, die über eben diese dreidimensionalen Programme erworben wurden, auch auf den realen Patienten im OP-Saal übertragen lassen, so dass dieser durchaus davon profitieren kann.

Immer häufiger wird deswegen ein regelmäßiges Simulator-Training für angehende Chirurgen befürwortet und eine feste Integration in die Curricula der Facharztausbildung gefordert. Doch was halten die Ärzte, die letztendlich davon betroffen sein werden von diesen Plänen?

In diesem Zusammenhang ist folgende Befragung interessant: Während des International Gastrointestinal Workshop 2006 bis 2008 in Davos nahmen 735 Chirurgen aus insgesamt 28 Ländern an einem VR-Training (Virtuelle Realität) teil. Anschließend wurde die Akzeptanz der neuen Lehrmethode anhand eines standardisierten Fragebogens ermittelt. Dabei wurde das Simulator-Training von 68% als exzellent, von 21% als nützlich, von 9% als annehmbar empfunden und nur 2% fanden es nutzlos. Wäre in der eigenen Klinik die Möglichkeit vorhanden zu trainieren würden dies 46% der Befragten zumindest eine Stunde wöchentlich nutzen, 42% zwei oder mehr Stunden und 12 % würden nicht teilnehmen wollen. Sogar eine Beschränkung, Patienten erst nach einem VR-Training operieren zu dürfen, finden 63% gerechtfertigt. 55% der Ärzte würden den Simulator als Beurteilungskriterium ihrer operativen Fähigkeiten akzeptieren (Rosenthal et al., 2008) Anhand dieser Zahlen ist ein neuer Trend zu erahnen. „Surgical skill centers“ und reformierte Curricula werden wohl immer mehr Teil der ärztlichen Ausbildung werden. Im Vordergrund steht hierbei natürlich die Sicherheit des Patienten, die nicht zuletzt durch eine gewisse Selektion chirurgischen Personals gewährleistet werden soll. Der Grundgedanke hinter diesen Plänen ist durchaus nachvollziehbar und gut zu heißen. Die breite Akzeptanz unter den Chirurgen spricht ebenfalls stark für diese Reformierung des Ausbildungsprozesses.

Ob allerdings eine derartige Selektion schon im Studium Sinn machen würde und eventuell räumliche Aufgabestellungen wie der mentale Rotationstest darüber entscheiden sollen, ob der Student potentiell ein fähiger Chirurg wird, muss man wohl eher kritisch betrachten. Zu viele Argumente sprechen dagegen. Gerade diese hier durchgeführte Studie belegt, dass bezüglich der visuell räumlichen Fähigkeiten keine Unterschiede zwischen Internisten und Chirurgen bestehen. Außerdem gibt es viele andere Faktoren, die mitentscheidend für eine erfolgreiche Karriere sind. Eine Auflistung der wichtigsten Garantien für beruflichen Erfolg, die sich auch gut auf medizinisches Personal anwenden lässt, stellte beispielsweise Gardner auf. Für ihn zählt einerseits Teamfähigkeit zu den wichtigsten Faktoren. Denn durch sie wird Produktivität und Qualität beeinflusst. Ebenfalls wichtig ist die „Praktische Intelligenz“, also die Fähigkeit alltägliche Probleme zu lösen, indem man die beste mögliche Lösungsstrategie wählt, um seine Ziele zu erreichen. Ein Chirurg, der eine hohe „Testintelligenz“ aufweist und die mentale Rotation in Sekundenschnelle vollziehen kann, kann möglicherweise aufgrund des Fehlens seiner „Praktischen Intelligenz“ dennoch Probleme während der laufenden Operation bekommen, wenn er nicht „mit gesunden Menschenverstand“ handelt, und vielleicht einfach zu kompliziert denkt. Wichtig für den beruflichen Erfolg sind natürlich auch der Arbeitsstil und die Motivation (Gardner, 1985).

#### **4.1.3. SPEZIELLE FÖRDERUNG FÜR CHIRURGINNEN**

Junge Ärztinnen, die sich für die Fachrichtung Chirurgie entscheiden, müssen sich bezüglich ihrer Arbeitseinstellung, Teamfähigkeit, Stressbewältigungsstrategien und ihrer handwerklichen Geschicklichkeit dem direkten Vergleich mit ihren männlichen Kollegen stellen. Nicht selten gelingt es aber gerade männlichen Berufsanfänger leichter ihre Ausbildung voran zu treiben und Aufstiegschancen schneller nutzen zu können. Da stellt sich die Frage, woran das liegen könnte. Fällt es Männern leichter Operationsmethoden zu erlernen? Welche Rolle spielt hierbei das visuell räumliche Vorstellungsvermögen? Haben Chirurginnen tatsächlich längere Lernkurven, machen mehr Fehler, oder brauchen länger für ihre Eingriffe? Oder wird es den weiblichen Operateuren zum Verhängnis, dass in der Gesellschaft verbreitete Thesen, die immer wieder bestätigen, dass Frauen eine bedeutend schlechtere räumliche Auffassungsgabe haben, zu Vorurteilen führen.



Es steht jedenfalls fest, dass Faktoren wie Schwangerschaften oder Halbtagsstellen sicherlich auch im Rahmen dieser Thematik erwähnt werden müssen, aber bestimmt nicht die einzigen Einflussgrößen darstellen. Deswegen könnte die Einführung von Trainingseinheiten am Simulator durchaus von Vorteil für Ärztinnen, insbesondere Chirurginnen sein. Zum einen würden explizit potentielle Defizite im Bereich Raumvorstellung aufgezeigt werden und eine gezielte, individuell angepasste Verbesserung könnte stattfinden. Andererseits könnte man objektive Vergleiche zu den männlichen Kollegen anstellen und somit die Chancengleichheit optimieren.

## **4.2. KRITIK DES METHODISCHEN VORGEHENS UND AUSBLICK**

Diese Studie zeichnet sich dadurch aus, dass sie im Gegensatz zu früheren Untersuchung Internisten als Vergleichsgruppe zu Chirurgen einschließt. Weiterhin wird eine Gegenüberstellung auf einem fast identischen intellektuellen Niveau und ähnlichen Vorbildungsstatus erreicht. Dennoch gibt es auch zahlreiche Kritikpunkte. Diese betreffen insbesondere das methodische Vorgehen. Da die Studie im Arbeitsumfeld der Testpersonen erhoben wurde, gab es einige Faktoren, die sich negativ auf die Testverfahren auswirkten. Oftmals standen die Ärzte unter Zeitdruck. Manchmal musste der Versuch unterbrochen werden. Dabei wurde allerdings darauf geachtet, dass eventuelle Pausen für beispielsweise ein kurzes Telefonat, zwischen den Tests stattfanden und nicht während der Erhebung der einzelnen Werte. War letzteres der Fall, wurde die Versuchsperson nicht in die Studie aufgenommen, um zu große Störfaktoren zu vermeiden. Weiterhin kritisch zu bemerken ist, dass einige Ärzte nach zehn Stunden Arbeit oder gar einem Nachtdienst den Versuch absolvierten, während andere zu Dienstbeginn oder außerhalb der Arbeitszeit getestet wurden. Dies lässt auf ein unterschiedliches Motivationsniveau und Stresslevel der Probanden schließen. Insbesondere der mentale Rotationstest erfordert ein hohes Maß an Konzentration und wäre vielleicht von einigen der Ärzte unter anderen Rahmenbedingungen eventuell besser bewältigt worden.

Außerdem zu bemängeln ist die kleine Stichprobenzahl. Insbesondere fehlen ältere, erfahrene Ärzte im dem Kollektiv der Versuchspersonen. Denn sie hätten eine weitaus differenziertere Auseinandersetzung mit der Thematik ermöglicht. Man hätte zum Beispiel beobachten können, ob sich der IQ im Alter verändert, ob altersabhängig Defizite bezüglich des räumlich visuellen Vorstellungsvermögens entstehen, und ob die Berufserfahrung eventuelle Defizite kompensieren könnte.

Ein weiterer Kritikpunkt der Studie ist die Tatsache, dass nur sehr wenige Ärzte regelmäßig am Operationssimulator trainierten. Auch die Bedingung „dreidimensionale Computerspiele“ konnte aufgrund zu geringer Stichprobenzahlen im Rahmen der vorliegenden Studie nicht berücksichtigt werden.

Nachfolgende Studien könnten vermehrt Probanden einschließen, die Erfahrung mit VR- Training haben. Es wäre, wenn man auf frühere Untersuchungen bezüglich räumlich visueller Vorstellungskraft und Simulator-Training zurückblickt, auf jeden Fall denkbar, dass dann eher Unterschiede zwischen Chirurgen und Internisten manifest werden könnten. Wenn Simulator-Übungen vermehrt Teil der Ausbildung der Chirurgen würden, wären dahingehende Untersuchungen auch problemlos durchführbar.

## 5. ZUSAMMENFASSUNG:

Einige Forschungsgruppen attestieren Chirurgen ein besonders gutes visuell räumliches Vorstellungsvermögen (Risucci, 2002), (Boom- Saad et al., 2008). Während sich einige Forscher für die einzelnen Teilbereiche der Raumvorstellung interessieren, die bei Operateuren besonders gut ausgeprägt zu sein scheinen, liegt das Interesse anderer vielmehr darin, zu testen, ob dreidimensionale Simulator-Programme von Chirurgen zur Entwicklung von Raumvorstellung genutzt und Leistungssteigerungen effektiv auf reale Operationen übertragen werden können.

Da alle bisherigen Studien Vergleichsgruppen aus Personen ohne medizinischen Hintergrund rekrutierten, stellt sich die Frage, ob Chirurgen oder Studenten, die eine operative Karriere anstreben, auch im Vergleich zu ihren internistischen Kollegen bei Tests zur Raumvorstellung deutlich besser abschneiden. Dies war der Kerngedanke der hier vorliegenden Studie. Zunächst wurde der Intelligenzquotient der Probanden mittels des Zahlenverbindungstest ermittelt, wobei hier zwischen den zu vergleichenden Gruppen keine Unterschiede manifest wurden. Da der Faktor Intelligenz als potentielle Einflussgröße relativiert werden konnte, war es möglich Unterschiede der räumlichen Vorstellungskraft zwischen den Versuchsgruppen besonders gut zu objektivieren. Der mentale Rotationstest diente zur Erfassung des visuell räumlichen Vorstellungsvermögens der Ärzte. Entgegen der Hypothese, dass Chirurgen bessere Ergebnisse erzielen würden als Internisten, zeigten sich vergleichbare Leistungsnachweise.

Bezüglich Geschlechtsdifferenzen wurden die Ergebnisse vieler bisheriger Untersuchungen repliziert. Männer haben demnach ein deutlich besseres räumliches Vorstellungsvermögen als Frauen.

Weiterhin war es Ziel der Studie, individualspezifische Einflussfaktoren in Bezug zu Raumkompetenz zu setzen. Für die Faktoren Musik und sportliche Betätigung konnten keine signifikanten Korrelationen mit räumlich visuellen Vorstellungsvermögen verzeichnet werden. Die Einzelfaktoren Computerspiele und virtuelles Lehrmaterial wurden zwar erhoben, konnten allerdings nicht verwertet werden, da die Datenlage sich als nicht repräsentativ darstellte.

## 6. ABBILDUNGSVERZEICHNIS:

Abb. 1: Risucci DA, (2002), *The American Journal of Surgery*, 184, 291-295.

Abb. 2: Eysenck, HJ (1986), *Intelligence: The new look*, Psychologische Beiträge, 28, 332-365.

zitiert nach Funke J, Vaterrodt B, (2009), *Was ist Intelligenz?*, München: C. H. Beck.,52

Abb. 3: Oswald WD, Roth E, (1978), *Der Zahlenverbindungstest (ZVT), Handanweisung*, Göttingen: Hogrefe 20-21

Abb. 4: Aufgabenbeispiel zur mentalen Rotation, Funke J, Vaterrodt B, (2009), *Was ist Intelligenz?*, München: C. H. Beck.,96

Abb. 5 : Übersicht auf die ermittelten Intelligenzquotienten der Versuchsgruppen

Abb. 6: Vergleich des VSP der Versuchsgruppen anhand der erreichten Punktzahl im MRT

Abb. 7: Berufsgruppenspezifische Übersicht über die Testergebnisse im ZVT und MRT

Abb. 8: Abbildung 8: Einfluss individueller Faktoren auf den MRT

## 7. INTERNETQUELLEN:

Bund-Länder-Kommission für Bildungsplanung und Forschungsförderung, (2005), *Frauen in der Medizin/ Ausbildung und berufliche Situation von Medizinerinnen*, Heft 117, S.11-15

„unter“[http://www.frauenbeauftragte.uni-muenchen.de/berichte/externe\\_berichte/blk\\_medizin.pdf](http://www.frauenbeauftragte.uni-muenchen.de/berichte/externe_berichte/blk_medizin.pdf)

(Stand 12.08.20120).

Schwarzbauer C, (2005)

„unter“<http://www.dma.ufg.ac.at/app/link/Grundlagen%3AAllgemeine/module/13975>

(Stand 12.08.2012).

## 8. LITERATURVERZEICHNIS:

Anastakis DJ, Hamstra SJ, Matsumoto ED, (2000), *Visual spatial abilities in surgical training*, *Am J Surg*, 179, 469-471.

Angevaren M, Aufdemkampe G, Verhaar HJ, Aleman A, Vanhees L,(2008) *Physical activity and enhanced fitness to improve cognitive function in older people without known cognitive impairment*, *Cochrane Database Syst Rev*,16, CD005381.

Babaria P, Abedin S, Nunez-Smith M, (2009), *The effect of gender on the clinical clerkship experiences of female medical students: results from a qualitative study*, Acad Med, 84, 859-866.

Boom-Saad Z, Langenecker SA, Bieliauskas LA, Graver CJ, O'Neill JR, Caveney AF, Greenfield LJ, Minter RM, (2008), *Surgeons outperform normative controls on neuropsychologic tests, but age-related decay of skills persists*, American Journal of Surgery, 195, 205-209.

Clarkson-Smith L, Halpern DF, (1983), *Can age-related deficits in spatial memory be attenuated through the use of verbal coding ?*, Exp Aging Res, 9, 179-184.

Colcombe S, Kramer AF, (2003), *Fitness effects on the cognitive function of older adult: a meta-analytic study*, Psychol Sci, 14, 125-130.

Collaer ML, Nelson JD, (2002), *Large visuospatial sex difference in line judgement: Possible role of attentional factors*, Brain and cognition, 49, 1-12.

Collins DW, Kimura D, (1997), *A large sex difference on a two-dimensional mental rotation task*, Behavioral Neuroscience, 111, 845-849.

Enochsson L, Isaksson B, Tour R, Kjellin A, Hedman L, Wredmark T, Tsai-Felländer L, (2004), *Visuospatial skills and computer game experience influence the performance of virtual endoscopy*, J Gastrointest Surg 8, 876-882.

Etnier JL, Nowell PM, Landers DM, Sibley BA, (2006), *A meta-regression to examine the relationship between aerobic fitness and cognitive performance*, Brain Res Rev, 52, 119-130.

Funke J, Vaterrodt B, (2009) *Was ist Intelligenz?*, München: C.H. Beck, 2009, S.21 ff., S.27 ff., S.41 ff., S.79 ff.

Gardner H, (1985), *Abschied vom IQ: Die Rahmentheorie der vielfachen Intelligenz*, Stuttgart: Klett-Cotta.

Gardner H, Kornhaber ML, Wake, WK (1996), *Intelligence: Multiple perspectives*. Cambridge: Harcourt Brace.

Goldstein D, Haldane D, Mitchell C, (1990), *Sex differences in visual-spatial ability: The role of performance factors*, Memory and cognition, 18, 546-550.

Grantcharov TP, (2008), *Is virtual reality simulation an effective training method in surgery?*, Nat Clin Pract Gastroenterol Hepatol, 5, 232-233.

Greenfield LJ, (2002), *Cognitive changes and retirement among senior surgeons*, Bull Am Coll Surg, 87, 19-21.

Griksiene R, Ruksenas O, (2011), *Effects of hormonal contraceptives on mental rotation and verbal fluency*, Psychoneuroendocrinology, 36, 1239-1248.

Halpern DF, Collaer ML, (2005), *Sex Difference in Visuospatial Abilities*, Cambridge Handbook of Visuospatial Thinking, Hrsg. Priti Shah, Akira Miyake, Cambridge University Press, S 180-181, 185-186, 186-187, 192-193, 200-201, 202.

Hassan I, Osei-Agyemang T, Radu G, Gerdes B, Rothmund M, Fernandez ED (2008) *Simulation of laparoscopic surgery – four year`s experience at the Department of Surgery of the University Hospital Marburg*, Wien Klin Wochenschr., 120, 70-76.

Hassler M, Birbaumer N, (1984), *Musical talent and spatial ability*, Arch Psychol (Frankfurt), 136, 235-248.

Hedman L, Ström P, Andersson P, Kjellin A, Wredmark T, Felländer-Tsai L, (2006), *High-level visual-spatial ability for novices correlates with performance in a visual-spatial complex surgical simulator task*, Surg Endoscop, 1275-1278.

Hier DB, Crowley WF Jr., (1982), *Spatial ability in androgen- deficient men.*, New England Journal of Medicine, 306, 1202-1205.

Hillman CH, Erickson KI, Kramer AF, (2008), *Be smart, exercise your heart: exercise effects on brain and cognition*, Nat Rev Neurosci, 9, 58-65.

Hugdahl K, Thomsen T, Ersland L, (2006), *Sex differences in visuo-spatial processing: an fMRI study of mental rotation*, Neurophysiologia, 44, 1575-1583.

Isgor C, Sengelaub DR, (1998), *Prenatal gonadal steroid affect adult spatial behaviour, CA 1 und CA 3 pyramidal cell morphology in rats*, Hormones and Behavior, 34, 183-198

Jansen P, Heil M, (2010), *Gender differences in mental rotation across adulthood*, Exp Aging Res, 36, 94-104.

Jansen-Osmann P, Heil M, (2007), *Suitable stimuli to obtain (no) gender differences in the speed of cognitive processes involved in mental rotation*, Brain and cognition, 64, 217-227.

Jenkins L, Myerson J, Joerding JA, Hale S (2000), *Converging evidence that visuospatial cognition is more age-sensitive than verbal cognition*, Psychology and Aging, 15, 157-175.

Jäncke L, (2008), *Macht Musik schlau?*, Bern: Huber Verlag, 2008, S. 113ff., S.115ff., S. 402ff.

Kimura D, Hampson E., (1994) *Cognitive pattern in men and women is influenced by fluctuations in sex hormones*, Current Directions in Psychological Science, 3, 57- 61.

Kyttälä M, Lehto JE, (2008), *Some factors underlying mathematical performance: The role of visuospatial working memory and non-verbal intelligence*, European Journal of Psychology of Education, 23, 77-94.

Larsen CR, Soerensen JL, Grantcharov TP, Dalsgaard T, Schouenborg L, Ottosen C, Schroeder TV, Ottesen BS, (2009) *Effect of virtual reality training on laparoscopic surgery: randomised controlled trial*, BMJ 338:b 1802.doi: 10.1136/bmj.b1802.

Levy J, (1971) *Lateral specialization of the human brain: Behavioral manifestations and possible evolutionary basis*, The biology of behavior, 159-180, Corvallis, OR: Oregon State University Press.

Linn MC, Petersen AC, (1985), *Emergence and characterization of sex differences in spatial ability: a meta-analysis*, Child. Dev., 56, 1479-1498.

Lesuik T, (2005), *The effect of music listening on a computer programming task*, Psychology of Music, 33, 173-191.

Masters MS, (1998), *The gender difference in Mental Rotations test is not due to performance factors*, Memory and Cognition, 26, 444-448.

Masters MS, Sanders B, (1993), *Is the gender difference in mental rotation disappearing?*, Behavior Genetics, 23, 337-341.

Mc Ewen BS, Alves SE., Bulloch K, Weiland NG, (1998), *Clinically relevant basic science studies of gender differences and sex hormone effects*, Psychopharmacology Bulletin, 34, 251-259

Nordvic H, Amponsah, B, (1998), *Gender differences in spatial abilities and spatial activity among university students in an egalitarian educational system*, Sex Roles, 38, 1009-1023.

Oswald WD, Roth E, (1978), *Der Zahlenverbindungstest (ZVT), Handanweisung*, Göttingen: Hogrefe, 20-21.

Peters M, (2005), *Sex differences and the factor of time in solving Vandenberg and Kuse mental rotation problems*, Brain and Cognition, 57, 176-84.

Peters M, Laeng B, Lahtam K, Jackson M, Zaiyouna R, Richardson R, (1995), *A redrawn Vandenberg & Kuse Mental Rotations Test: Different versions and factors that affect performance*, Brain and Cognition, 28, 39-58.

Pietschnig J, Voracek M, Formann AK, (2010), *Mozart effect- Shmozart effect: A metaanalysis*, Intelligence, 38, 314-323.

Podzebenko K, Egan GF, Watson JD, (2005), *Real and imaginary rotary motion processing: Functional parcellation of the human parietal lobe revealed by fMRI*, J Cogn. Neurosci., 17, 24-36.

Postle BR, (2006), *Working memory as an emergent property of the mind and brain*, Neuroscience , 139, 23-38.

Powell DH, Whitla D, (1994), *Profiles in Cognitive Aging*, Cambridge: Harvard University Press.



Rauscher FH, Shaw GI, Ky KN, (1993), *Music and spatial task performance*, Nature, 365, 611

Resnick SM, Berenbaum SA, Gottesman II, Bouchard TJ Jr., (1986), *Early hormonal influences on cognitive functioning in congenital adrenal hyperplasia*, Developmental Psychology, 22, 191-198.

Risucci DA, (2002), *Visual spatial perception and surgical competence*, American Journal of Surgery, 184, 291-295.

Rosenthal R, Gantert WA, Hamel C, Metzger J, Kocher T, Vogelbach P, Demartines N, Hahnloser D, (2008), *The future of patient safety: Surgical trainees accept virtual reality as a new training tool*, Patient Saf Surg, 2, 16.

Rüsseler J, Scholz J, Jordan K, Quaiser-Pohl C, (2005), *Mental rotation of letters, pictures and three-dimensional objects in german dyslexic children*, Child Neuropsychology, 11, 497-512.

Schlickum MK, Hedman L, Enochsson L, Kjellin A, Felländer-Tsai, L, (2009), *Systematic Video Game Training in Surgical Novices Improves Performance in Virtual Reality Endoscopic Surgical Simulators: A Prospective Randomized Study*, World Journal of Surgery, 33, 2360-2367.

Seymour NE, Gallagher AG, Roman SA, O'Brien MK, Bansal VK, Andersen DK, Satava RM, (2002), *Virtual reality training improves operating room performance-results of a randomized double-blinded study*, Ann Surg, 236, 458-463.

Shepard RN, Metzler J, (1971), *Mental rotation of three-dimensional objects*, Science, 171, 701-703.

Sibley BA, Etnier JL, (2003), *The relationship between physical activity and cognition in children: a meta-analysis*, Pediatr Exerc Sci, 15, 243-256.

Sluming V, Brooks J, Howard M, Downes JJ, Roberts N, (2007), *Broca's area supports enhanced visuospatial cognition in orchestral musicians*, J Neurosci, 27, 3799-3806.

Smiley-Oyen AL, Lowry KA, Francois SJ, Kohut ML, Ekkekakis P, (2008), *Exercise, fitness, and neurocognitive function in older adults: the "selective improvement" and "cardiovascular fitness" hypotheses*, Ann Behav Med, 36, 280-291.

Sohn JH, Chung SC, Jang EH, (2005), *30% oxygen inhalation enhances cognitive performance through robust activation in the brain*, J Physiol Anthropol Appl Hum Sci, 24, 51-53.

Sternberg RJ, Detterman DK, (1986), *What is intelligence? Contemporary viewpoints on its nature and definition*. Norwood, NJ, Ablex Publishing.

Stewart L, Henson R, Kampe K, Walsh V, Turner R, Frith U, (2003), *Becoming a pianist. An fMRI study of musical literacy acquisition*, Annales of the N Y Acad Sci, 999, 204-208.

Wanzel KR, Hamstra SJ, Anastakis DJ, Matsumoto ED, Cusimano MD, (2002), *Effect of visual-spatial ability on learning of spatially-complex surgical skills*, The Lancet, 359, 230-231.

Wiedenbauer G, Jansen-Osmann P, (2006) *Räumlich-kognitive Fähigkeiten von Kindern mit Spina bifida*, Zeitschrift für Neuropsychologie, 17, 149-154.

Zheng H, Liu J, Li W, Yang B, Chen D, Wang X, Jiang Z, Wang H, Wang Z, Cornelisson G, Halberg F, (2005), *Beneficial effects of exercise and its molecular mechanisms on depression in rats*, Behav. Brain Res, 168, 37-55.

## 9. ANHANG:



Universität Regensburg  
Institut für Sportwissenschaft/Sportzentrum, 93040 Regensburg

### Universität Regensburg

Prof. Dr. Petra Jansen  
Universitätsstraße 31  
93053 Regensburg  
Telefon (0941) 943-2518  
E-Mail: Petra.Jansen@psk.uni-regensburg.de

Regensburg, den 14.08.2009

Sehr geehrte Kollegen und Kolleginnen,

Seit geraumer Zeit beschäftigen wir uns mit den visuell-räumlichen Fähigkeiten bei Kindern und Erwachsenen. Es wird oft vermutet, dass gerade Chirurgen gute visuell-räumliche Fähigkeiten besitzen. Leider fehlt es hier an empirischer Evidenz. Aus diesem Grunde würden wir, Dr. Dr. Christina Roll, Abteilung für Unfallchirurgie, Universitätsklinikum Regensburg und ich, sehr gerne die visuell-räumlichen Fähigkeiten bei Chirurgen im Vergleich zu Internisten untersuchen. Wir hoffen uns hiermit einen Beitrag dazu leisten zu können, welche Eigenschaften junge Menschen für ihre Facharzt-ausbildung mitbringen müssen.

Wir würden uns sehr freuen, wenn Sie an der von uns geplanten Untersuchung, die ca. 20 Min dauert, teilnehmen. Christina Friemel, Medizindoktorandin, wird mit Ihnen einen Fragebogen und je einen Test zur Messung des räumlichen Vorstellungsvermögens und der kognitiven Verarbeitungsgeschwindigkeit durchführen. Natürlich werden die Daten anonymisiert.

Es wäre sehr nett, wenn Sie an dieser kleinen Untersuchung teilnehmen. Bitte zögern Sie nicht, mich zu kontaktieren, am besten per email, wenn Sie noch Fragen haben.

Vielen Dank!

Mit herzlichen Grüßen,

**Bedeutung der räumlich visuellen Komponente in der Ausbildung zum Chirurgen**

PK / \_ / \_ / \_ / \_ / \_ / \_ / \_ /

1. Alter (bitte genaues Alter in der betreffenden Zelle eingeben)

20-30 LJ	30-40 LJ	40-50 LJ	50-60 LJ

2. Geschlecht

Männlich	Weiblich

3. Praktizierender Chirurg/ Internist seit (Jahren, wenn möglich in der betreffenden Zelle die genaue Zahl eingeben )

< 5	5-10	10-15	15-20	20-25	25-30	30-35	> 35

4. Operationen im Monat durchschnittlich

Minimal-invasiv	Offen

5. Nutzung spezieller Computerprogramme/o.a. Lehrmaterial zur Verbesserung der räumlich visuellen Fähigkeit ?

Ja, dann welche?	Nein

## 6. Spielen Sie dreidimensionale Computerspiele?

Ja, dann welche? Wie häufig (h per week)?	Nein

## 7. Spielen Sie ein Musikinstrument?

Welches? Seit wann? Wie häufig (h per week)?	Nein

## 8. Treiben Sie Sport?

Welchen? Seit wann? Wie häufig (h per week)?	Nein

**KODIERUNG**

PK= 1.&2. Feld Geburtstag des Vater/ 3.& 4.Feld Geburtstag der Mutter/5. Feld erster Buchstabe Vorname des Vaters/6. Feld erster Buchstabe Vorname der Mutter

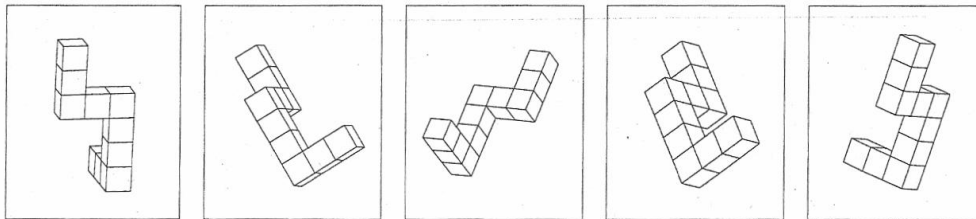
1

## MENTALER ROTATIONS TEST (MRT-A)

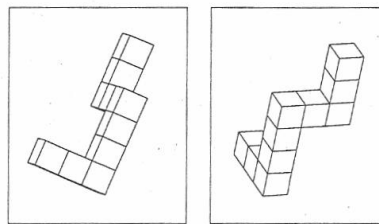
Dieser Test besteht aus Figuren, die von Shepard and Metzler (1978) entwickelt wurden. Es ist eine Version des Vandenberg & Kuse MRT Tests, der in Autocad gezeichnet wurde.

Michael Peters, PhD, July 1995

Bitte schauen Sie sich diese 5 Figuren an:



Alle diese Figuren sind Bilder des gleichen Objektes, welches in verschiedenen Winkel dargestellt ist. Versuchen Sie sich bitte die Bewegung des Objektes vorzustellen, indem Sie von einem Bild zum nächsten sehen.

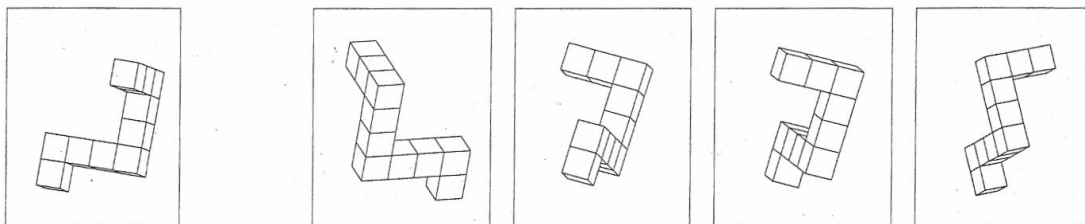


Hier sind zwei Bilder eines neuen Objekts dargestellt, welche sich von den oben dargestellten 5 Bildern unterscheiden. Überzeugen Sie sich davon, dass diese beiden Bilder ein anderes Objekt darstellen, und dass diese durch eine Rotation nicht in Übereinstimmung mit dem oben dargestellten Objekt gebracht werden können.

Schauen Sie nun auf dieses Objekt:

Zwei dieser vier Bilder zeigen das gleiche Objekt. Können Sie diese beiden Bilder finden? Markieren Sie diese mit einem großen „X“.

1.



Wenn Sie das Erste und Dritte Bild markiert haben, haben Sie die richtige Wahl getroffen.

Name	
Vorname	
Alter	
Geburtsdatum	
Schule	
Klasse	
Beruf	
Datum	

ÜBUNGSAUFGABE 1:

Aufgabe: Verbinde die Zahlen in fortlaufender Folge:  
1 – 2 – 3 – 4 – 5 – 6 usw. . . .

ANFANG

1

2

4

5

6

ENDE

19

20

3

7

9

18

16

13

10

8

17

14

15

12

11

AUSWERTUNGS-/ÜBUNGSBOGEN

ÜBUNGSAUFGABE 2:

Aufgabe: Verbinde die Zahlen in fortlaufender Folge:  
1 – 2 – 3 – 4 – 5 – 6 usw. . . .

ANFANG

1

2

4

5

6

ENDE

19

20

3

7

9

18

16

13

10

8

17

14

15

12

11

Bitte diesen Teil nicht ausfüllen!				ZVT
Einzelv.		A		Bemerk.:
Gruppenv.		B		
T		C		
PR		D		
C		Z		
IQ			: 4	
SW		RW		

Urheberrechtlich geschützt · Copyright by Verlag für Psychologie · Dr. C. J. Hogrefe / Göttingen · Toronto · Zürich

\*

## 10. ERKLÄRUNG:

### ERKLÄRUNG ZUM PROMOTIONSVERFAHREN

nach § 3 Abs. 3 und 4 der Promotionsordnung  
der Medizinischen Fakultät der Universität Regensburg

Name: Friemel  
Vorname: Christina  
geb. am: 15.11.1985  
in: Regensburg

Ich erkläre,

- dass ich den **Doktorgrad der Medizin** nicht schon an einer Hochschule der Bundesrepublik Deutschland erworben habe
- dass ich nicht an anderer Stelle zu einem Promotionsverfahren zum Erwerb des **medizinischen Doktorgrades** zugelassen bin
- dass ich die **medizinische Doktorprüfung** nicht schon an einer Hochschule der Bundesrepublik Deutschland endgültig nicht bestanden habe

Außerdem erkläre ich,

- dass mir keine Tatsachen bekannt sind, die mich zur Führung eines akademischen Grades im Sinne des Gesetzes über die Führung akademischer Grade unwürdig erscheinen lassen
- dass ich die Dissertation selbständig verfasst und keine anderen als die von mir angegebenen Hilfsmittel benutzt habe und dass ich die Dissertation nicht bereits an anderer Stelle zur Erlangung eines akademischen Grades eingereicht habe

Regensburg, den

\_\_\_\_\_  
( Ort, Datum )

\_\_\_\_\_  
( Unterschrift )



## **DANKSAGUNG:**

Ich möchte mich an dieser Stelle bei einigen Personen bedanken, die mich bei der Erstellung meiner Arbeit sehr unterstützt haben.

Mein großer Dank geht an Frau Dr. med. Dr. phil. Christina Roll, die mich während meiner gesamten Promotionsphase begleitet hat, mir immer mit Rat und Tat zur Seite gestanden hat und es geschafft hat, mir in den richtigen Momenten Mut zu machen. Vielen Dank!

Frau Prof. Dr. Jansen danke ich für die fachliche Betreuung und die Begutachtung meiner Arbeit. Sie ermöglichte es mir, das Thema meiner Dissertation frei zu gestalten, meine Ideen einzubringen und half mir mit thematischen oder methodischen Fragen immer weiter.

Zudem bedanke ich mich ganz herzlich bei Prof. Dr. med. Kinner. Seine Anregungen und kritischen Kommentare haben zum Gelingen dieser Arbeit einen großen Teil beigetragen. Außerdem möchte ich mich für die hilfreiche Unterstützung in allen organisatorischen und methodischen Angelegenheiten recht herzlich bedanken.

Sehr dankbar bin ich natürlich allen Ärzten und Ärztinnen, die sich die Zeit genommen haben bei meiner Dissertation mitzuwirken. Auch diesbezüglich nochmals ein großes Dankeschön an Prof. Dr. Kinner und Dr. Roll, deren ärztliche Kollegen einen großen Teil des Kollektivs stellen.

Vielen Dank für die herzliche und harmonische Zusammenarbeit.

Schließlich bedanke ich mich bei meiner ganzen Familie und meinem Freund für die aufmunternden Worte und die liebe Unterstützung.

Vielen Dank!

# **CURRICULUM VITAE**

## **PERSÖNLICHE ANGABEN**

- Name: Christina Elisabeth Hildegard Friemel
- Familienstand: Ledig
- Staatsangehörigkeit: Deutsch
- Geburtsdatum: 15.11.1985
- Geburtsort: Regensburg
- Eltern: Dr. med. Gerhard Friemel und Hildegard Friemel
- Konfession: Römisch-katholisch

## **ANLIEGEN**

**DISSERTATION ZUR ERLANGUNG DES DOKTORGRADES DER MEDIZIN**

## **AUSBILDUNG**

09/1992-08/1996: Grundschule Prüfening; Regensburg  
09/1996-06/2005: Albertus-Magnus-Gymnasium; Regensburg  
05/2005: Abitur: Biologie, Latein, Geographie, Deutsch (Note: 1,6)  
10/2005-08/2007: Studium der Humanmedizin, vorklinischer Abschnitt;  
Ludwig-Maximilians-Universität München  
08/2007: Erster Abschnitt der ärztlichen Prüfung (Note: 3,0)  
09/2007: Studium der Humanmedizin, klinischer Abschnitt;  
Universität Regensburg  
08/2010-07/2011: Praktisches Jahr  
10/2011-03/2012: Freisemester zur Fertigstellung der Doktorarbeit  
04/2012: Zweiter Abschnitt der ärztlichen Prüfung (Note: 1,5)  
10/2012: Assistenzärztin im Krankenhaus Barmherzige Brüder Regensburg  
in der Kardiologie

## **DOKTORARBEIT**

Seit 09/2009: Dissertation mit dem Thema „Visuell räumliche Fähigkeiten bei Chirurgen und Internisten“ in der Abteilung für Unfallchirurgie der Universitätsklinik Regensburg in Zusammenarbeit mit der Fakultät für Psychologie, Pädagogik und Sportwissenschaft der Universität Regensburg betreut durch Prof Dr. Petra Jansen und Dr. med. Dr. phil. Christina Roll

## **PFLEGEPRAKTIKA**

01.07.05-31.07.05: Hals-Nasen-Ohrenheilkunde; Universitätsklinik Regensburg  
01.09.05-30.09.05 und 14.08.06-12.09.06: Kinder- und Jugendmedizin; Klinik St. Hedwig Regensburg

## **FAMULATUREN**

18.02.08-18.03.08: Innere Medizin, Gastroenterologie; Krankenhaus Barmherzige Brüder Regensburg  
01.08.08-15.08.08: Gynäkologie und Geburtshilfe; Klinikum rechts der Isar München  
18.08.08-01.09.08: Gynäkologie und Geburtshilfe; Caritas-Krankenhaus St. Josef Regensburg  
07.09.09-21.09.09: Neurochirurgie; Universitätsklinik Regensburg  
21.03.09-19.04.09: Zentrale Notaufnahme; Krankenhaus Barmherzige Brüder Regensburg  
01.03.10-30.03.10: Orthopädie; Praxis Dr. Merkl Regensburg

## **PRAKTISCHES JAHR**

30.08.10-24.10.10: Unfallchirurgie; Royal North Shore Hospital Sydney  
25.10.10-19.12.10: Allgemein- und Viszeralchirurgie, Gefäßchirurgie, Unfallchirurgie, Thoraxchirurgie; Caritas-Krankenhaus St. Josef Regensburg  
20.12.10-10.04.11: Neurologie; Bezirksklinikum Regensburg  
11.04.11-31.07.11: Innere Medizin; Krankenhaus Barmherzige Brüder Regensburg

## **WAHLFÄCHER**

03/2009-04/2009: Wahlfach Herzchirurgie  
05/2009-07/2009: Ultraschallseminar Abdomen praktische Übungen

## **BESCHÄFTIGUNGEN**

11/2009-12/2009: Mitarbeit auf dem Weihnachtsmarkt auf Schloss Thurn und Taxis

Regensburg, 22.01.2013

Christina Friemel