

Berlin, den 01.06.2013

**Endbericht zum Förderpreis "Altern und Arbeit 2011" der Marie-Luise
und Ernst Becker Stiftung zum Forschungsthema:**



„Die neurobiologischen und psychosozialen Auswirkungen von
Ausdauertraining auf motiviertes Verhalten älterer Menschen: Das
Konzept des subjektiven Gesundheitshorizontes.“

Dr. Sandra Düzel
Max-Planck-Institut für Bildungsforschung
Lentzeallee 74, 14195 Berlin
Tel.: 030 82406 311
Fax: 030 82406 939
eMail: duzel@mpib-berlin.mpg.de

1. Überblick

Die moderne Arbeitswelt stellt hohe Anforderungen an Fähigkeiten, wie Multitasking, das schnelle Einstellen auf neue Arbeitsinhalte und an die ständige Bereitschaft, sich mit neuen Inhalten („Updates“) auseinanderzusetzen. Die kognitiven Fähigkeiten, die es ermöglichen, die Arbeitsanforderungen erfolgreich zu bewältigen, nehmen im Alter ab. Es besteht jedoch Hoffnung, dass spezielle körperliche und mentale Trainingsinterventionen hier entgegenwirken können. Im Hinblick auf die demographische Entwicklungen und die daraus resultierenden Herausforderungen für die Arbeitswelt, hat die Erforschung der neurobiologischen Grundlagen altersassoziierter Gedächtnisstörungen sowie der gesundheitsrelevanten psychosozialen und lebensstilabhängigen Faktoren, die die kognitive Leistungs- und Arbeitsfähigkeit im Alter modifizieren, besondere Aktualität gewonnen. Erkenntnisse aus der Tier- und Humanforschung zeigen, dass erfolgreiches Altern, das heißt den Erhalt der kognitiven Leistungsfähigkeit und Hirnplastizität, u.a. mit körperlicher Aktivität und dem Erkunden von Neuheit zusammenhängt. Dieser aktive Lebensstil geht mit hirnplastischen Veränderungen einher, die auch mit Lern- und Gedächtnisveränderungen assoziiert werden.

Wir nehmen an, dass hier die Motivation ein besonderes Problem für ältere Arbeitnehmer darstellt, trotz der wahrgenommenen Abnahmen der körperlichen und kognitiven Leistungsfähigkeit und der wahrgenommenen, sich verkürzenden Lebenszeit, sich auch im höheren Alter zukünftig auf Neues einzustellen und dauerhaft Leistungen (z.B. am Arbeitsplatz) zu erbringen. Warum lässt die Motivation, Neues zu erkunden und körperlich aktiv zu bleiben, im Alter nach, wenn doch Hirnplastizität und Lern- und Gedächtnisleistung maßgeblich durch diese Faktoren positiv beeinflusst werden?

Betrachtet man die neurobiologischen Veränderungen im Alter, haben es ältere Arbeitnehmer motivational „dreifach“ so schwer, ihre Arbeitsleistung zu steigern und sich neuen Lerninhalten zuzuwenden als jüngere:

1. Motivational Verhalten hängt von wichtigen Botenstoffsystemen (u.a. Dopamin) ab, die sich im Alter verändern und weniger gut funktionieren.
2. Motivational relevante Informationen (wie Neuheit und Belohnung) regen Hirnaktivität weniger an und werden deshalb nicht optimal verarbeitet und

gespeichert. Aus diesem Grund fällt es älteren Menschen schwerer, sich z.B. neue Informationen zu merken.

3. Hinzu kommen altersbedingte Veränderungen in der körperlichen Mobilität (z.B. hoher Body-Mass-Index; Gebrechlichkeit; Abbau der Muskulatur und der körperlichen Fitness), die die Bewegungsfreiheit und die allgemeine körperliche Aktivität beeinflussen.

Die aufgeführten strukturellen und funktionellen Veränderungen führen u.a. dazu, dass ältere Arbeitnehmer weniger gut in der Lage sind, sich selbst zu mehr körperlicher sowie mentaler Aktivität zu motivieren.

Das Forschungsvorhaben, das 2011 von der Marie Luise und Ernst Becker Stiftung gefördert wurden, verknüpft hierbei erstmals zwei Faktoren, die aufgrund ihrer Brückenbildung zwischen Neurobiologie und psychosozialen Faktoren relevant sind: Die Selbsteinschätzung der eigenen zukünftigen Gesundheitsperspektive und die Neurobiologie motivierten Handelns. Im Fokus der Betrachtung der Selbsteinschätzung der subjektiven Gesundheitsperspektive steht ein neu entwickeltes Konzept des subjektiven Gesundheitshorizontes („subjective health horizon“/ SHH). Es stellt eine Erweiterung entwicklungspsychologischer Modelle dar, die die Wichtigkeit der Wahrnehmung einer begrenzten, sich verkürzenden Lebenszeit im höheren Alter als Quelle der Motivation für die persönliche Zielsetzungen sowie eben auch der individuellen Leistungsbereitschaft unterstreichen. Der SHH stellt dabei einen dynamischen Parameter dar, der aus der Selbsteinschätzung der eigenen zukünftigen Gesundheitserwartung und Leistungsfähigkeit resultiert, d.h. den wahrgenommenen Zeitraum, in dem man noch gesund, aktiv und selbständig sein wird.

2. Fragestellung und Studiendesign

2.1. Fragestellung der Forschungsarbeit

Die Konzepte der Motivationspsychologie wurden in der vorliegenden Studie mit neurobiologischen Erkenntnisse zu motivationalen Handeln erweitert. Hierbei stehen aktuelle neurobiologische Erkenntnisse im Vordergrund, die sich auf den Neurotransmitter Dopamin und die Komponenten des episodischen Gedächtnisnetzwerkes beziehen (siehe Ausführungen im Projekt Exposé).

Von diesen Untersuchungen wird erwartet, dass neurokognitive Faktoren im Alter identifiziert werden, die eine langfristige Verbesserung des psychosozialen Lebensstils sowie der Arbeits- und Leistungsmotivation im Alter ermöglichen. Dies wäre sowohl für die Erhaltung der körperlichen und mentalen Fitness im Alter, als auch für die Prävention demenzieller Erkrankungen von maßgeblicher Bedeutung.

Hierbei wurden Hypothesen getestet, inwieweit körperliche Fitness sowohl die Selbsteinschätzung der eigenen Gesundheitsperspektive als auch die Hirnfunktionen, die motivationale Prozesse verarbeiten, positiv beeinflusst und ob dies zu einer langfristigen Verbesserung der kognitiven Leistungsfähigkeit führt. Dabei wird angenommen, dass die subjektive Selbsteinschätzung, wie lange man noch selbständig und gesund bleibt, einen maßgeblichen Einfluss auf die Motivation hat, sich auf Neues einzustellen und einen aktiven Lebensstil zu führen (Abbildung 1). Folgende Hypothesen wurden untersucht:

H1: Hat die subjektive Selbsteinschätzung, wie lange man noch selbständig und gesund bleiben wird, einen maßgeblichen Einfluss auf motiviertes exploratives Verhalten und dementsprechend auch auf einen aktiveren Lebensstil? Es wird erwartet, dass diese Art Motivation stärker vom SHH als von der wahrgenommenen Lebenserwartung beeinflusst wird.

H2: Führt eine Erhöhung des körperlichen Fitnessniveaus durch ein kardiovaskulär wirksames Fitnesstraining zu einer Erweiterung des SHH und erhöht sich demzufolge die Motivation, sich mit neuen Dingen zu beschäftigen, explorativ tätig zu sein und im Arbeitsprozess weiter aktiv teilzunehmen?

H3: Gehen die Veränderungen des SHH auch mit neurobiologischen Veränderungen im episodischen Gedächtnisnetzwerk (z.B. Hippokampus, retrospleniale Region) und im dopaminergen Mittelhirn einher?

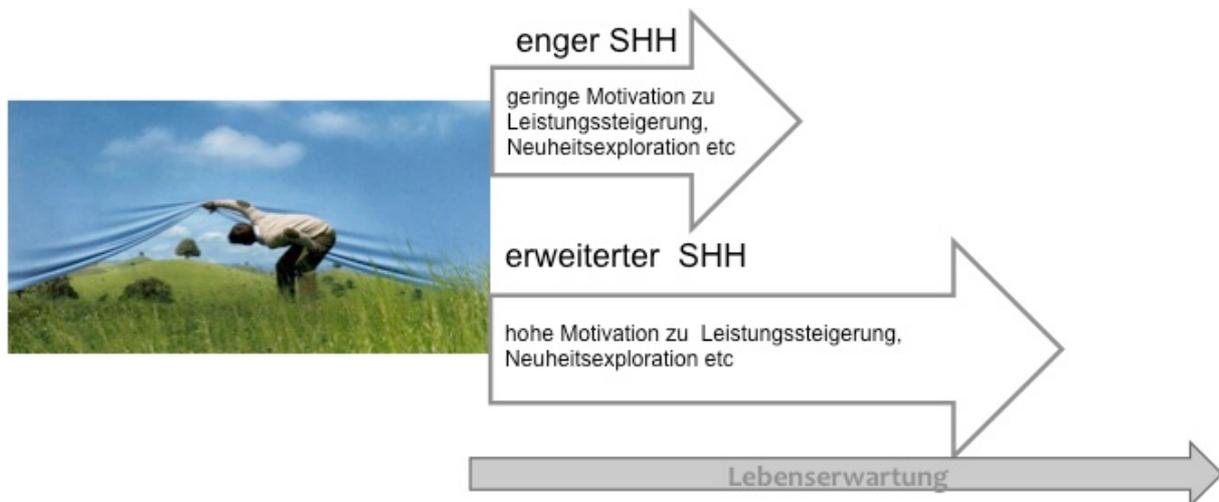


Abbildung 1: grafische Darstellung der Hypothesen zum subjektiven Gesundheitshorizont

2.2. Studiendesign

Die geförderte Studie wurde in eine im DZNE Magdeburg durchgeführten longitudinalen Fitness- Interventionsstudie implementiert. Das Studiendesign ist in der Abbildung 2 dargestellt. In der Trainingsgruppe trainierten 22 ältere Teilnehmer drei Mal pro Woche für ca. 60 Minuten über drei Monate auf einem Laufband (pulsgesteuert), mit dem Ziel, eine individuell berechnete Zielherzfrequenz zu erreichen (Fitnesszuwachs). Während des Fitnessstrainings wurden Gehgeschwindigkeit und Steigung automatisch auf die individuelle Zielbelastung angepasst. Während des Trainings wurden auf einer großen Leinwand Fotografien neuer Umgebungen präsentiert.

Die Teilnehmer der Kontrollgruppe nahmen im selben Zeitraum an einem Entspannungstraining teil, das inhaltlich variierte, um die Motivation der Probanden, am Training kontinuierlich teilzunehmen, aufrecht zu erhalten (progressive Muskelrelaxation). Vor und nach der Intervention wurden umfangreiche neuropsychologische, strukturelle und funktionelle sowie psychosoziale Parameter erhoben (siehe Abbildung 2).

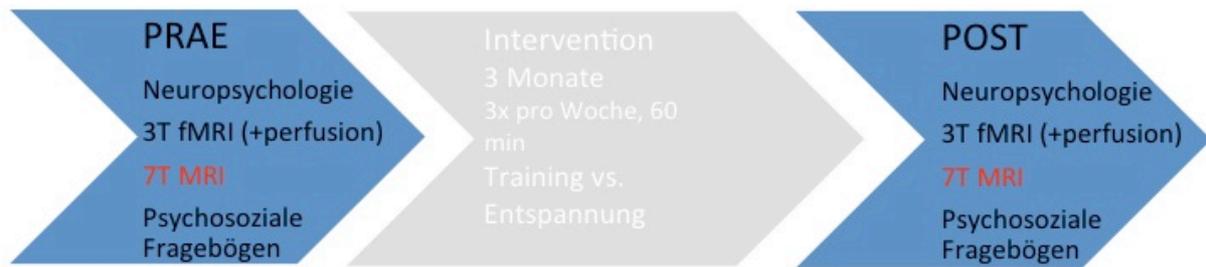


Abbildung 2: Studiendesign der Trainingsinterventionsstudie am DZNE Magdeburg (Foto links: Trainingsgruppe; Foto rechts: Kontrollgruppe)

Der SHH-Fragebogen wurde vor und nach der Fitnessintervention, zusammen mit anderen neuropsychologischen und psychosozialen Parametern, erhoben. Die bildgebenden Daten der Fitnessintervention wurden genutzt, um die zuvor genannten neurobiologischen Zusammenhänge zu untersuchen (siehe detaillierte Ausführung im Projekt Exposé).

Der Zeitplan orientiert sich am Ablauf der Interventionsstudie am DZNE Magdeburg. In Tabelle 1 werden die erhobenen Variablen detailliert dargestellt.

Interventionsgruppe (N=21; 65-75 Jahre)	Kontrollgruppe (N=19; 65-75 Jahre)
Kardiologische Eingangs- und Abschlussuntersuchung – Festlegung der Zielpulsfrequenz	Kardiologische Eingangs- und Abschlussuntersuchung
SHH Fragebogen, psychosoziale Parameter und Neuropsychologie vor und nach der Intervention	SHH, psychosoziale Parameter und Neuropsychologie vor und nach der Intervention
Spirometrie	Spirometrie
Strukturelles MRT (3 Tesla) vor und nach der Intervention / funktionelle Studien plus	Strukturelles MRT (3 Tesla) vor und nach der Intervention/ funktionelle Studien plus

Perfusionsmessung	Perfusionsmessung
3 mal wöchentlich je 1h Ausdauertraining auf dem Laufband für 3 Monate	2 mal wöchentlich je 1,5h progressive Muskelrelaxation für 3 Monate
Follow-up Untersuchung SHH 3 Monate nach Ende der Intervention	Follow-up Untersuchung SHH 3 Monate nach Ende der Intervention

Tabelle 1: angewandte Methoden in Interventions- und Kontrollgruppe

Bemerkung: Die Untersuchungen wurden durch eine notwendige Nachrekrutierung nicht wie geplant in einem Zeitraum von 12 Monaten abgeschlossen, sondern konnten erst nach 16 Monaten beendet werden (inklusive Analyse der Daten).

3. Angaben zur Datenerhebung

3.1. Der SHH-Fragebogen

Der SHH-Fragebogen (siehe Anlage 1) umfasst 33 Items zu Aussagen über "körperlicher", „leistungsbezogener“ Aktivität sowie Aussagen zur Zukunftsplanung und Neuheitsexploration. Diese Aussagen werden durch die Studienteilnehmer in Form von chronologisch geordneten, alters-adjustierten Zeitskalen bewertet. Die Bearbeitungsdauer liegt durchschnittlich zwischen 15-20 Minuten. Folgende Instruktionen werden zum Ausfüllen des Fragebogens gegeben:

„Dieser Fragebogen erfasst Ihre persönliche Einschätzung zu Ihrer zukünftigen körperlichen und geistigen Gesundheit und Leistungsfähigkeit. Zu jeder Frage werden Ihnen Zeitintervalle präsentiert, die chronologisch ab Ihrem jetzigen Alter zukünftige Jahresabschnitte abbildet.

Bitte lesen Sie jede Frage genau durch. Schätzen Sie sich selbst ein, bis wann Sie körperlich und mental in der Lage sind, die einzelnen Fragen in Ihrem Alltag umzusetzen (auch wenn Sie es tatsächlich nicht passieren wird). Markieren Sie das für Sie höchste angegebene Zeitintervall mit einem Kreuz, bis zu dem Sie sich vorstellen können, die gefragten Aktivitäten selbstständig ausführen zu können.“

Das Antwortformat erfolgt in Form von 11 Zeitskalen, wobei eine altersgruppenspezifische Anpassung der Skalen vorgenommen wurde. Es wurden die Antwortskalen auf das jeweilige Lebensalter und die durchschnittliche Lebenserwartung der jeweiligen Geburtsjahrgänge in Deutschland angepasst (siehe Abbildung 3).

60-65 Jahre:

14. Meine Fitness wird im folgenden Zeitraum spürbar abnehmen:										
ab jetzt	1-3 Jahre	6 Jahre	9 Jahre	12 Jahre	15 Jahre	18 Jahre	21 Jahre	24 Jahre	27 Jahre	>30 Jahre
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

66-70 Jahre:

14. Meine Fitness wird im folgenden Zeitraum spürbar abnehmen:										
ab jetzt	1-2 Jahre	4 Jahre	6 Jahre	8 Jahre	10 Jahre	12 Jahre	14 Jahre	16 Jahre	18 Jahre	>20 Jahre
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

71-75 Jahre:

14. Meine Fitness wird im folgenden Zeitraum spürbar abnehmen:										
ab jetzt	bald / in nächster Zeit	1,5 Jahre	3 Jahre	4,5 Jahre	6 Jahre	7,5 Jahre	9 Jahre	10,5 Jahre	12 Jahre	>13,5 Jahre
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

76-80 Jahre:

14. Meine Fitness wird im folgenden Zeitraum spürbar abnehmen:										
ab jetzt	bald / in nächster Zeit	1-2 Jahre	3 Jahre	4 Jahre	5 Jahre	6 Jahre	7 Jahre	8 Jahre	9 Jahre	>10 Jahre
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

81-85 Jahre:

14. Meine Fitness wird im folgenden Zeitraum spürbar abnehmen:										
ab jetzt	bald / in nächster Zeit	6 Monate	1 Jahr	1,5 Jahre	2 Jahre	2,5 Jahre	3 Jahre	3,5 Jahre	4 Jahre	4,5 - 5 Jahre
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

Abbildung 3: Beispielitem aus dem SHH mit 11 altersgruppenspezifischen Zeitskalen

3.2. Messzeitpunkte

Alle Parameter und Messungen sowie der SHH Fragebogen und Kontrollvariablen wurden an drei verschiedenen Zeitpunkten der Trainingsstudie erhoben:

1. vor dem ersten Training
2. nach dem letzten Training
3. 4 Wochen nach dem letzten Training

3.3. Neuropsychologie und Kontrollvariablen

Die Probanden führten vor und nach der Intervention neuropsychologische Testungen durch. Die einzelnen Aufgaben wurden entweder am Computer oder auf dem Papier bearbeitet. Zusätzlich wurden psychosozialer Parameter erhoben (siehe Tabelle 2). Innerhalb der psychosozialen Erhebung wurde der neu entwickelte SHH-Fragebogen eingesetzt. Zusätzlich wurden Kontrollvariablen, wie Zeitperspektiven, allgemeine Selbstwirksamkeitserwartungen, Optimismus und Lebenszufriedenheit, subjektive Kompetenz und Kontrollüberzeugungen und letztendlich spezifische Neugier-Inventare mit erhoben (siehe Tabelle 2).

Fragebogen	Bearbeitungszeit
Fragebogen zur Erfassung des Gesundheitsverhaltens (FEG; Dlugosch G.E., Krieger W.,	30-45 min
Fragebogen zum Gesundheitszustand (SF-12; Bullinger M., Kirchberger I.)	ca. 2 min
Life Orientation Test (LOT-deutsche Fassung; Wieland-Eckelmann & Carver, 1990)	ca. 5 min
Fragebogen zur Erfassung körperlichen Wohlbefindens (FEW 16; Kolip P., Schmidt B.)	ca. 5 min
Sense of coherence (SOC 29; Antonowsky A., 1993)	ca. 5-10 min
Fragebogen zu Kompetenz- und Kontrollüberzeugungen (FKK; Krampen G., 1991)	ca. 10 min
Eysenck Persönlichkeits Inventar (EPI; Eysenck H.J., 1964)	ca. 5-10 min
Temperament and Charakter Inventar (TCI; Cloninger R., 1994)	ca. 15-20 min

Tabelle 2: SHH-Kontrollvariablen

3.4. Strukturelles MRT

Zwei Messesequenzen erfolgten vor und nach der Trainingsphase mit folgenden Sequenzen, die für die Erforschung strukturellen Zusammenhänge relevant sind. Die Daten wurden am neuen 3 Tesla Siemens Scanner des DZNE Magdeburg erhoben.

3D-SPGR-Satz: 256*256 Pixel, 124 sagittale Schichten (0,97*0,97*1,5 mm Auflösung), Dauer: ca. 13 min.

MT/noMT-Sätze: MTratio wird als Maß für strukturelle Integrität der Hirnareale hinzugezogen, jeweils 256*256 Pixel in 48 transversalen Schichten (0,98*0,98*3 mm Auflösung), ein Satz mit magnetization transfer, der andere lediglich PD-gewichtet. SE-T1-Satz (Spin-Echo), 256*256 Pixel, 23 transversale Schichten (0,78*0,78*6 mm Auflösung)

Anmerkung: Durch nötige technische Anpassungen und Veränderungen in den Scannerprotokollen am neuen 3T Scanner konnten die MT-Messungen, die vor der Intervention akquiriert wurden, nicht ausgewertet werden. Es liegen die MT-Messungen nur für die Messungen nach der Intervention vor.

Perfusionsmessung am 3T: Das Perfusions-MRT ist ein modernes Untersuchungsverfahren, das quantitative Aussagen über die regionale Durchblutung des Hirngewebes gibt. Mit Hilfe der Perfusionsmessung können verschiedene Parameter der Hirndurchblutung nicht-invasiv gemessen werden, zum Beispiel das regional zerebrale Blutvolumen (rCBV), das regionale zerebrale Blutfluss (rCBF), sowie die mittlere Transitzeit eines Stoffes durch das Gehirn (MTT). In der vorliegenden Studie liegt der Fokus auf Änderungen der Durchblutung im Hippokampus. Aus diesem Grund wurden in den einzelnen Subfeldern des Hippokampus die prozentualen Veränderungen der Perfusion für rCBF, rCBV und MTT berechnet.

3.5. Spirometrie als Maß des Fitnesszuwachses

Die Spiroergometrie war Bestandteil der kardiologischen Vor- und Nachuntersuchungen. Hier werden während der sportlichen Betätigung die Atemgase (Sauerstoff, Kohlendioxyd) über eine Atemmaske gemessen. Die wichtigsten Messergebnisse sind die maximale Sauerstoffaufnahme, die ventilatorische Schwelle, die Herzfrequenz- und

Atemreserve, der Sauerstoffpuls, der respiratorische Quotient, die Leistung für spezifische Trainingsbereiche. Mittels einer Spiroergometrie kann die Leistungsfähigkeit und Belastbarkeit der Probanden beurteilt und Veränderungen der körperlichen Fitness vor- und nach dem Training detektiert werden. Die wichtigsten Messgrößen betreffen die Atmung, das Herz-Kreislaufsystem und den Energiestoffwechsel. Die nicht-invasive Bestimmung der "anaeroben Schwelle" kann durch die Spiroergometrie an der Zunahme der Kohlendioxid-Abgabe (VCO_2) in Relation zur Sauerstoffaufnahme (VO_2) bestimmt werden. Diese so genannte "ventilatorische Schwelle" bildet in unserer Studie das Maß des Fitnessgewinns durch Training. Dabei wurde die prozentuale Veränderung der "ventilatorischen Schwelle" berechnet.

4. Ergebnisse

4.1. Der SHH Fragebogen: Validierung und Item-Kennwerte

Alle Items aus der Vormessung wurden gruppenübergreifend der Prüfung auf Normalverteilung unterworfen. Es konnte gezeigt werden, dass eine Normalverteilung bei allen Items vorliegt. Der Kurvenverlauf der Normalverteilung ist symmetrisch und ist ein wichtiges Verteilungsmodell der Statistik. Die Normalverteilung der Daten ist eine wichtige Voraussetzung, um spezifische statistische Methoden anzuwenden, wie zum Beispiel Gruppenvergleiche. In Tabelle 3 sind die Mittelwerte, Standardabweichungen aller Items aufgeführt.

Die Teilnehmer sind in der Lage, für alle Items ihre subjektive Gesundheitsperspektive anzugeben. Die zeitlichen Perspektiven variieren über die einzelnen Items variieren (Tabelle 3). Eine "mittlere" Gesundheitsperspektive erhalten Fragen, die sich größtenteils auf körperliche Einschätzungen der Gesundheitsperspektive beziehen. Die Fragen, die im Bereich des erweiterten SHH (Item 20, 21) liegen, beziehen sich auf die allgemeine Zukunftsplanung. Fragen, die die zukünftige Implementierung von NEUEN Dingen in den Alltag erfassen, erhalten durchschnittlich eher einen engeren Gesundheitshorizont (rote Markierung).

Frage/Item	Anzahl der Antworten	Mittelwert	Standardabweichung	Minimum	Maximum
SHH1	27	6,44	1,92	3	10
SHH2	28	4,86	2,14	1	10
SHH3	28	4,54	1,79	1	8
SHH4	28	5,25	1,75	3	9
SHH5	28	5,36	2,12	2	10
SHH6	28	4,93	1,74	2	8
SHH7	28	4,83	1,54	3	9
SHH8	28	3,64	1,66	0	8
SHH9	28	4,89	1,52	2	8
SHH10	27	5,04	1,80	2	10
SHH11	28	3,29	1,63	1	6
SHH12	28	2,07	1,80	0	7
SHH13	28	2,04	1,77	0	7
SHH14	26	2,69	2,41	0	9
SHH15	28	2,57	1,97	0	8
SHH16	28	4,25	2,44	0	8
SHH17	27	3,70	1,79	0	10
SHH18	25	5,52	3,25	0	10
SHH19	28	6,32	2,91	1	10
SHH20	28	7,46	2,30	0	10
SHH21	27	7,48	2,26	0	7
SHH22	27	2,93	1,59	0	8
SHH23	27	2,78	2,08	0	10
SHH24	27	2,30	2,21	0	10
SHH25	28	3,93	2,64	0	7
SHH26	28	2,93	1,82	0	10
SHH27	28	3,61	2,25	0	10
SHH28	28	3,18	2,52	0	10
SHH29	28	4,61	3,15	0	10
SHH30	28	4,57	3,13	0	10

Tabelle 3: Ergebnisse der deskriptiven Statistik über die einzelnen Items (bitte beachten Sie, dass zum Zeitpunkt der Validierung noch nicht alle Studienteilnehmer sich im Training befanden)

Legende: Rot= enger SHH; Gelb=mittlerer SHH; Grün=erweiterter SHH

Anmerkung: Die Ratingskala bildet nicht direkt die Lebensjahre ab, sondern altersgruppenspezifisch angepasste Zeitskalen (Abbildung 4). Beispielsweise treffen im Alter von 60 bis 65 Jahren folgenden Kodierungen zu:

ab jetzt	1 -3 Jahre	6 Jahre	9 Jahre	12 Jahre	15 Jahre	18 Jahre	21 Jahre	24 Jahre	27 Jahre	>30 Jahre
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

enger SHH
mittlerer SHH
erweiterter SHH

Abbildung 4: altersgruppenspezifische Anpassung der Skalen und Identifizierung des SHH-Ausmaßes

Die altersgruppenspezifische Anpassung der Skalen ist nötig, um die Perspektiven unterschiedlicher Altersgruppen zu vergleichen. Mit Hilfe dieser Skalierung kann die allgemeine Lebenserwartung in Beziehung zum Antwortverhalten gesetzt werden. Das heißt, dass die Punktwerte nicht als Anzahl der Jahre interpretiert werden können, sondern als chronologisch zusammengefasste Zeitintervalle.

Dadurch ist es möglich, einen spezifischen Wert unabhängig von der Altersgruppe zu skalieren: Ein kleiner Punktwert (0-3) reflektiert einen engen Gesundheitshorizont, ein mittlerer Punktwert (4-6) reflektiert einen mittleren Gesundheitshorizont und ein Punktwert von 7 bis 10 reflektiert einen erweiterten Gesundheitshorizont.

Die Gruppen unterscheiden sich in Ihren Angaben zum subjektiven Gesundheitshorizont in den einzelnen Items vor der Trainingsintervention nicht voneinander.

4.2. Faktorenanalyse der SHH-Items

a) Faktorenanalyse

Um den Fragebogen zukünftig etablieren und validieren zu können, müssen in einer großen Population stimmige Faktorenanalysen durchgeführt werden, die u.a. die interne und Test-Retest Reliabilität untersuchen. Ich habe zusätzlich den Fragebogen in unterschiedlichen Studien bei insgesamt 80 Probanden (Siehe Abbildung 5) erhoben.

Au diesem Grund konnte an dieser Stelle mit Hilfe einer Faktorenanalyse die Validität des Fragebogens geprüft werden.

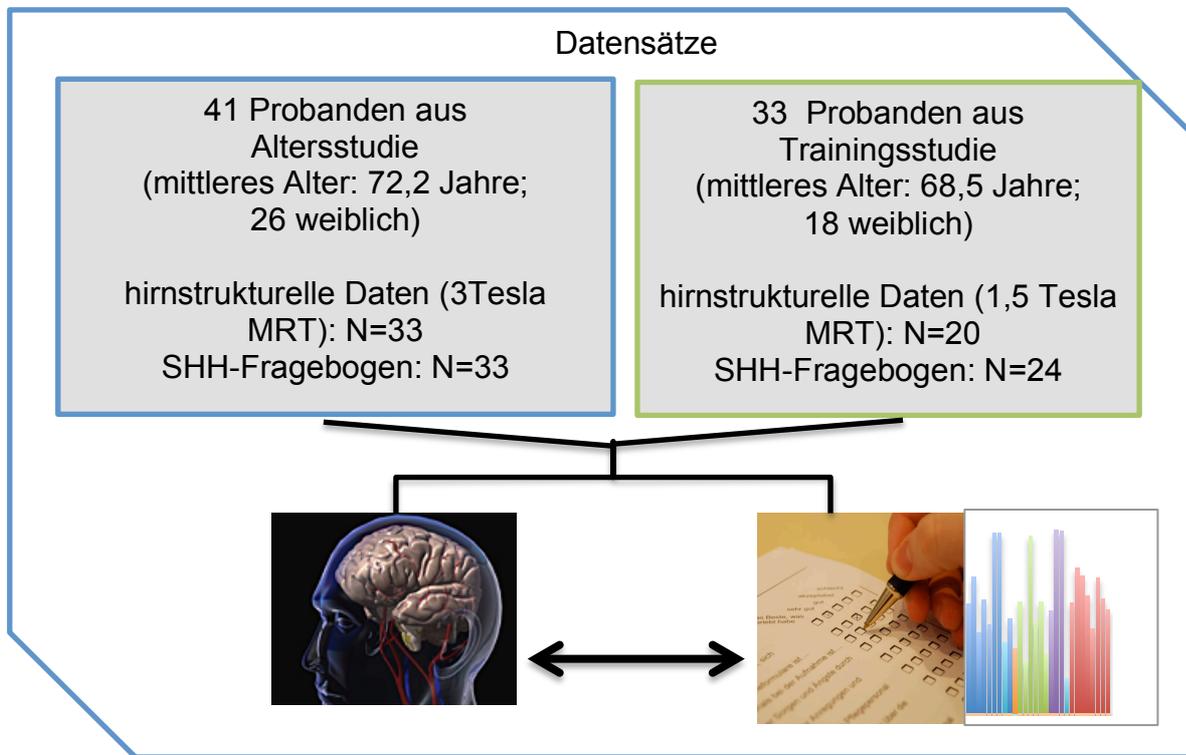


Abbildung 5: Beschreibung der Datensätze, die für Validitäts- und Hirnstrukturanalysen genutzt wurden

Die Faktorenanalyse stellt dar, inwieweit vordefinierte Subskalen auch statistisch miteinander in Beziehung stehen. Zur Überprüfung der Konstruktvalidität des SHH-Fragebogens wurde eine exploratorische Faktorenanalyse (Hauptkomponentenanalyse mit Varimax-Rotation) durchgeführt. Die Ergebnisse dieser Analyse sind in Abbildung 6 dargestellt.

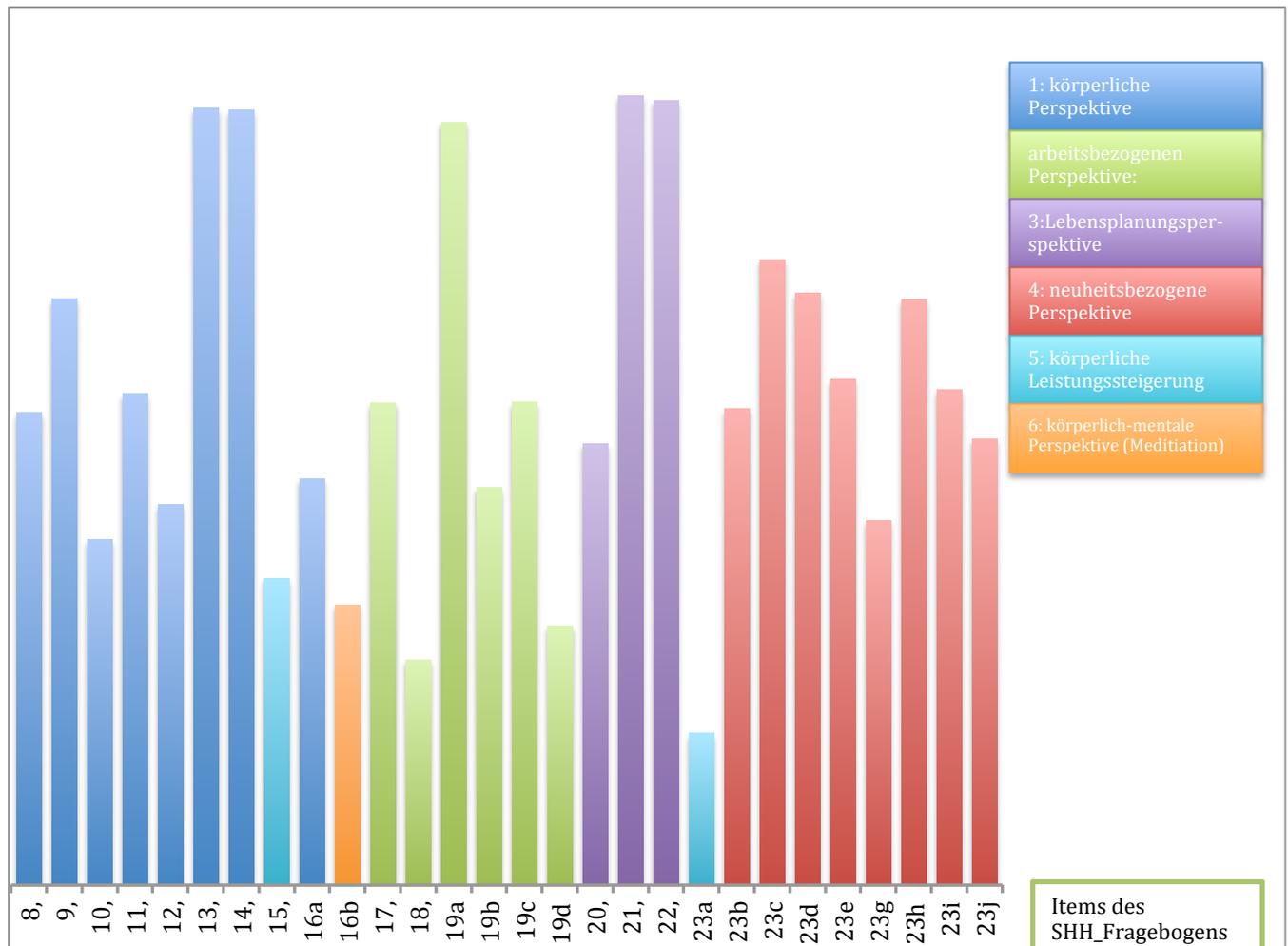


Abbildung 6: Faktorladungen der einzelnen Items des SHH Fragebogens. Die Grafik stellt die Korrelationen der einzelnen Items auf dem jeweiligen Faktor dar. Die Itemfarbe reflektiert die gemeinsame Korrelation der Items auf einen Faktor.

Die Hauptkomponentenanalyse führte zu einer 6-Faktoren-Lösung, wobei die ersten drei Faktoren deutlich mehr als die Hälfte (nämlich 55,5 %) der Gesamtvarianz von insgesamt 76,7% aufklären (Abb.7). Die Faktorladungen reflektieren meine hypothetischen Unterteilungen des SHH-Fragebogens in folgende Untergruppen:

- körperliche Gesundheitsperspektive (Items 8-16)
- neuheitsbezogene (mentale) Gesundheitsperspektive (Items 23a-j)
- Arbeits- und motivationsbezogene Gesundheitsperspektive (Items 17-19)
- Perspektive der allgemeinen Lebens- und Zukunftsplanung (Items 20-22)
- zukünftige körperliche Leistungssteigerung (Items 15;23a)

Auf dem ersten Faktor laden Items, die die Einschätzung der „körperlichen Gesundheitsperspektive“ erfassen. Der zweite Faktor erfasst Items zu zukünftiger Neuheitsexploration. Auf dem dritten Faktor finden sich Items, die gesundheits- und

motivationsbezogenen Berufsperspektiven vereinigen. Auf dem vierten Faktor schließlich laden die drei Items, die allgemein die zukünftige Lebensplanung erfasst. Der fünfte Faktor enthält zwei Items zur Perspektive zur Steigerung der körperlichen Leistungsfähigkeit.

Erklärte Gesamtvarianz

Komponente	Summen von quadrierten Faktorladungen für Extraktion			Rotierte Summe der quadrierten Ladungen		
	Gesamt	% der Varianz	Kumulierte %	Gesamt	% der Varianz	Kumulierte %
1	11,337	40,488	40,488	5,998	21,423	21,423
2	3,945	14,089	54,578	5,654	20,193	41,616
3	2,212	7,899	62,476	3,905	13,947	55,563
4	1,646	5,880	68,356	2,663	9,509	65,072
5	1,202	4,291	72,647	1,866	6,665	71,737
6	1,135	4,054	76,701	1,390	4,963	76,701

Extraktionsmethode: Hauptkomponentenanalyse.

Abbildung 7: Erklärte Gesamtvarianz der extrahierten Faktoren

Die postulierten SHH-Komponenten lassen sich demzufolge durch die exploratorische Faktorenanalyse bestätigen.

b) Replikation der Faktorenanalyse in der Berliner Altersstudie II am Max-Planck-Institut für Bildungsforschung

Der SHH-Fragebogen ist ein Bestandteil der Berliner Altersstudie II, in der Zusammenhänge zwischen Gesundheit, Kognition und Genetik von 2200 Probanden untersucht werden. Mein Ziel in der Berliner Altersstudie II ist es u.a., den SHH-Fragebogen zu validieren und weitere potentielle Zusammenhänge zwischen den Komponenten des subjektiven Gesundheitshorizonts und objektiven Gesundheitsmaßen sowie genetischen und kognitiven Variablen zu untersuchen. In dem Zeitraum vom März 2013 bis Mai 2013 wurden über 200 SHH-Fragebögen erhoben. Die Faktorenanalyse konnte hier gleiche Ergebnisse replizieren, wie im Abschnitt 4.4. dargestellt wurden.

c) Cronbachs alpha-Test

Eine weitere Analyse zur Messung der internen Konsistenz eines Fragebogens ist der Cronbachs Alpha-Test. Er bezeichnet das Ausmaß, wie gut die Items einer Skala sich

aufeinander beziehen und wie hoch die durchschnittliche Korrelation zwischen den einzelnen Items ist. Hier werden die Kennwerte der Items hinsichtlich ihrer Varianzen der einzelnen Testpersonen und der Varianz zwischen den Items untersucht. Je höher die Varianz zwischen den Testpersonen, desto höher ist Cronbachs Alpha. Hier gilt als Regel, dass Fragebögen nur verwendet werden sollten, wenn ein Wert für Cronbachs Alpha von mindestens 0,65 oder mehr erreicht wird.

Für den SHH- Fragebogen mit 11stufiger Rating-Skala werden sehr gute interne Konsistenzen für die 6 Komponenten berichtet (Cronbachs Alpha 0.944). Die Zuverlässigkeit der SHH-Skalen sowie die faktorielle Validität der Subskalen kann demzufolge als gut eingeschätzt werden kann. Die Ergebnisse der explorativen Faktoranalyse zeigen, dass die aus den theoretischen Vorüberlegungen abgeleiteten Subskalen sich statistisch reproduzieren lassen.

d) Unterscheiden sich die SHH-Subskalen in ihren Ausprägungen der Zeithorizonte?

Nachfolgende Analysen zeigten, dass die einzelnen Zeitperspektiven der verschiedenen Subskalen sich auch hinsichtlich des Antwortverhaltens der Probanden signifikant unterscheiden. Dabei stellen diese Unterschiede ein von der allgemeinen Lebenserwartung unabhängiges „Phänomen“ dar. Diese Zusammenhänge konnten aus den Analysen innerhalb des größeren Samples (N=74) gewonnen werden. Das allgemeine lineare Modell mit Messwiederholungen (ANOVA) zeigt hier, dass es signifikante Unterschiede zwischen den Zeitperspektiven der SHH-Subskalen existieren. Post-hoc Tests deckten auf, dass es signifikante Unterschiede in den Zeithorizonten der Subskalen existieren. Jedoch zeigen hier die Subskalen 1 & 7 sowie 5 & 6 ähnliche Zeitperspektiven (siehe Abb. 8; Box).

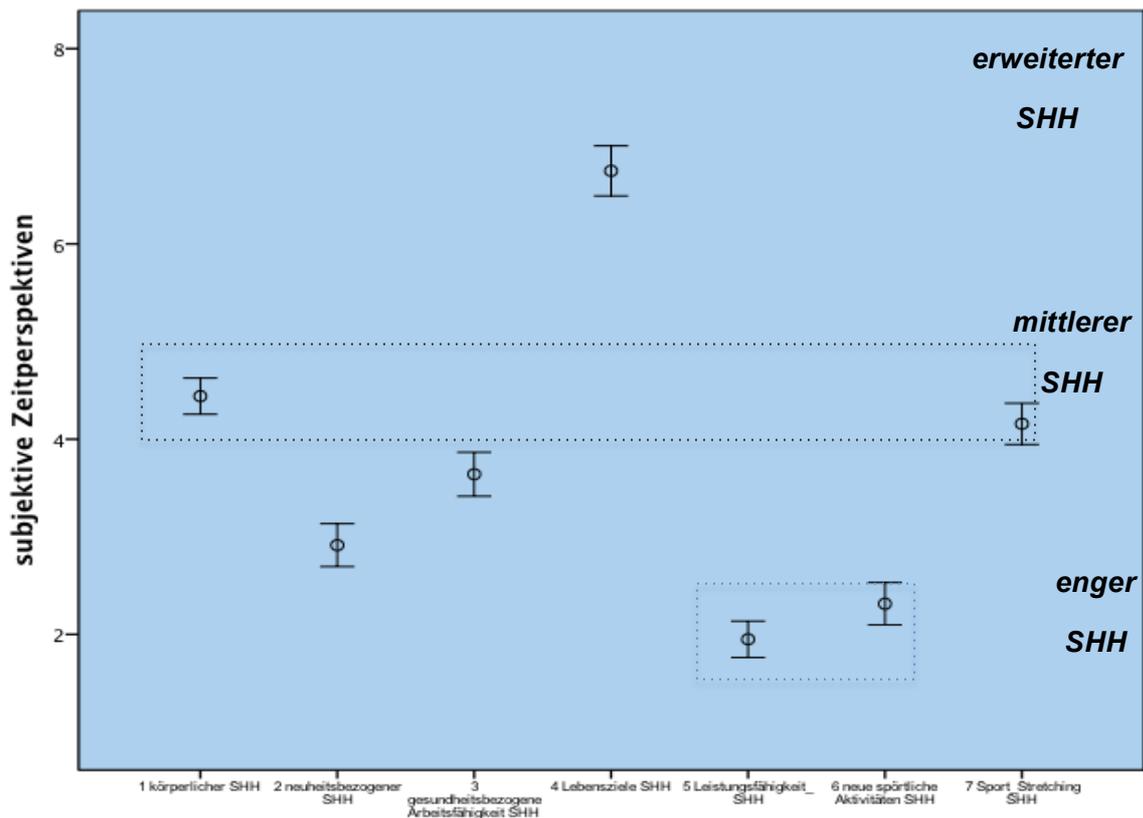


Abbildung 8: Darstellung der Mittelwerte (altersgruppen-kodierte Zeithorizonte) über die einzelnen Items, die sich als Subskalen durch die Faktorenanalyse zusammenfassen

Die Abbildung 8 zeigt, dass die Zeithorizonte zu neuheitsbezogenen Perspektiven (z.B. Fragen, wie beispielsweise: „Wie lange denken Sie, werden Sie neue Menschen kennenlernen, neue Städte und Länder bereisen oder neue Fähigkeiten erlernen“) sowie Perspektiven zu arbeitsbezogener Leistungsfähigkeit und neue sportliche Perspektiven (z.B. Fragen, wie: „Wie lange denken Sie, könnten Sie noch beruflich tätig sein?“ oder „Wie lange werden Sie neue sportliche Aktivitäten erlernen können?“) "engere" Zeithorizonte aufweisen. Individuelle Perspektiven zur allgemeinen Lebensplanung zeigen "erweiterte" Perspektiven. Die Zeitperspektiven zu körperlichen Aktivitäten und gesundheitsbezogener Arbeitsfähigkeit liegen im "mittleren" Bereich. Die geringe zeitliche Ausprägung der „Neugier“ im Alter, spiegelt die Erkenntnisse der motivationspsychologischen Theorien von z.B. Laura Carstensen wider: Neues zu Lernen oder sich mit Neuem zukünftig auseinanderzusetzen, spielt im Alter eine weniger wichtigere Rolle als in jungen Jahren.

Die Frage zur **allgemeinen Einschätzung, wie lange man gesund bleibt**, korreliert mit der körperlichen SHH-Komponente (in Abb. 6 „körperlicher SHH“). Wir nehmen an, dass die Probanden ihre allgemeine Gesundheitsperspektive stark aus ihrer aktuellen körperlichen Gesundheit und körperlichen Befinden ableiten.

Fazit: Der Fragebogen misst valide verschieden Komponenten des subjektiven Gesundheitshorizontes, die mit Hilfe einer explorativen Faktorenanalyse abgebildet werden konnten. Es existiert keine einzelne "universelle" Gesundheitsperspektive, sondern sie bildet sich in unterschiedliche Dimensionen ab. Die SHH-Komponenten unterscheiden sich in ihren zeitlichen Ausprägungen.

4.4. Die SHH Komponenten und strukturelle Integrität spezifischer Hirnareale

Weitere Analysen wurden durchgeführt um zu untersuchen, inwieweit die SHH-Komponenten, mit der Integrität spezifischer Hirnareale zusammen hängen. Hier richtete sich der Fokus auf die Hirnregionen, die funktionell mit Zukunftsplanung und episodischem Gedächtnis assoziiert werden (d.h. die Komponenten des episodischen Gedächtnisnetzwerkes).

Um mögliche Zusammenhänge besser zu detektieren, wurde im ersten Schritt das größere Querschnitts-Sample (N=74; siehe Abbildung 5) herangezogen. Die Volumen der grauen Substanz wurden mit Hilfe des Programmes FreeSurfer (<http://surfer.nmr.mgh.harvard.edu/>) automatisch aus den nativen Karten extrahiert.

a) Gibt es einen Zusammenhang zwischen SHH-Komponenten und struktureller Integrität der Hirnareale, die funktionell mit Zukunftsdenken assoziiert werden?

Die Beziehung zwischen SHH-Komponenten und strukturellen Volumen wurden mit Hilfe von Korrelationsanalysen (partiell, korrigiert für Alter, Geschlecht, Hirnvolumen gesamt) untersucht. Dazu wurden die SHH-Hauptkomponenten herangezogen:

- SHH1- körperlicher Gesundheitshorizont (Mittelwerte der Items 8-16)
- SHH2- neuheitsbezogener Gesundheitshorizont (Mittelwerte der Items 23 a-j)
- SHH3 – gesundheitsbezogene Arbeitsperspektive (Mittelwerte der Items 19a-e)

Mit Hilfe des automatischen Segmentierungsprogrammes FreeSurfer (<http://surfer.nmr.mgh.harvard.edu/>) wurden die Volumen und Integritätsmaße der

Hirnareale des episodischen Netzwerkes (siehe Abbildung 9) extrahiert und in die Korrelationsanalysen mit einbezogen:

- Hippokampus (Volumen in mm^3 , rechts/links)
- parahippokampaler Kortex (Volumen in mm^3 , rechts/links)
- entorhinaler Kortex (Volumen in mm^3 , rechts/links)
- Perirhinaler Kortex (Volumen in mm^3 , rechts/links)

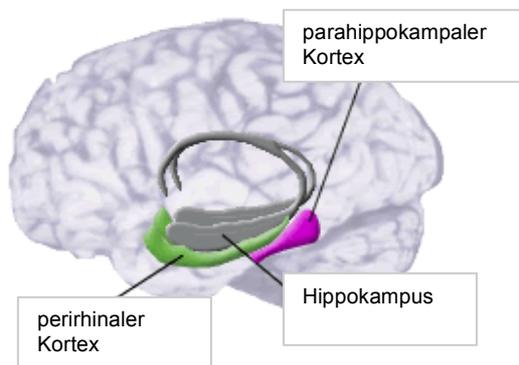


Abbildung 9: anatomische Lage wichtiger Areale des episodischen Gedächtnisnetzwerkes (Quelle: www.bristol.ac.uk/synaptic/pathways/)

b) Ergebnisse:

Die Probanden der beiden Studien unterscheiden sich signifikant in der Altersverteilung. Demzufolge existieren diese Unterschiede auch in den hirnstrukturellen Daten. Aus diesem Grund wurden die Beziehungen innerhalb der jeweiligen Gruppen analysiert. Mit Hilfe von partiellen Korrelationen, konnten dann auch gruppenübergreifende Analysen durchgeführt werden.

Die Gruppe 1 "Altersstudie" zeigte eine hochsignifikante Beziehung zwischen dem linken entorhinalen Kortexvolumen und der neuheitsbezogenen SHH-Komponente ($p < 0.000$, Abbildung 10).

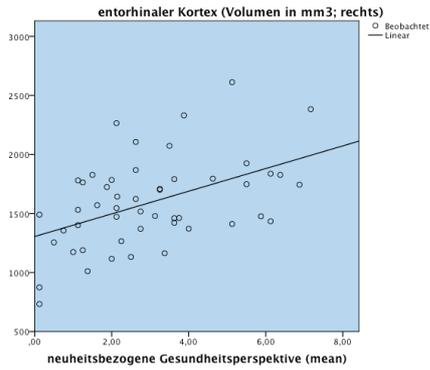


Abbildung 10: Korrelationen zwischen dem rechten entorhinalen Kortexvolumen und der Ausprägung der neuheitsbezogenen Gesundheitsperspektive (beachte: die Werte beziehen sich nur indirekt auf Jahresangaben, da sie altersgruppenkorrigierte Jahresspannen abbilden, je höher der Zahlenwert der x-Achse, desto "weiter" ist der Gesundheitshorizont)

Die Gruppe 2 "Trainingsstudie" zeigte eine ähnlich hochsignifikante Beziehungen zwischen dem linken entorhinalen Kortexvolumen ($p < 0.029$, Abbildung 11a) sowie der linken parahippokampalen Region ($p < 0.000$, Abbildung 11b) und der neuheitsbezogenen SHH-Komponente.

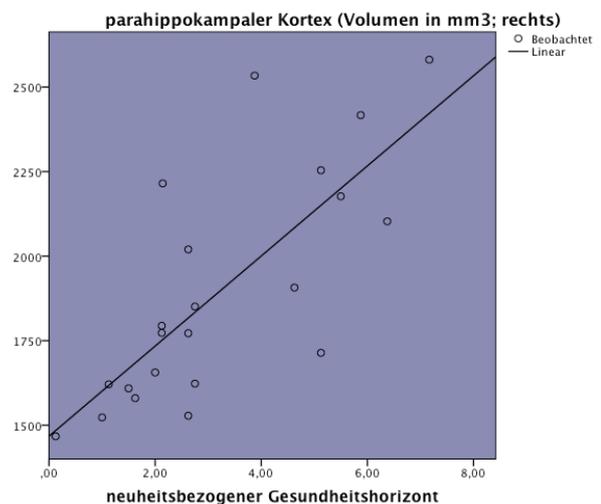
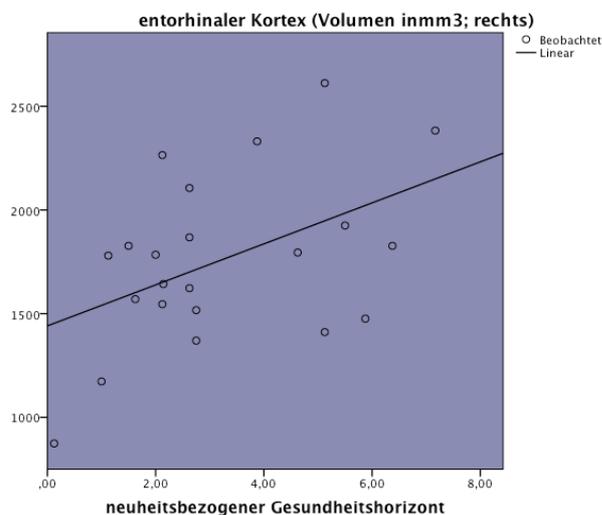


Abbildung 11a (links): Korrelationen zwischen dem rechten entorhinalen Kortexvolumen und der Ausprägung der neuheitsbezogenen Gesundheitsperspektive (beachte: die Werte beziehen sich nur indirekt auf Jahresangaben, da sie altersgruppenkorrigierte Jahresspannen abbilden, je höher der Zahlenwert der x-Achse, desto "weiter" ist der Gesundheitshorizont); Abbildung 11b: Korrelationen zwischen dem rechten parahippokampalen Regionen und der Ausprägung der neuheitsbezogenen Gesundheitsperspektive (beachte: die Werte beziehen sich nur indirekt auf

Jahresangaben, da sie altersgruppenkorrigierte Jahresspannen abbilden, je höher der Zahlenwert der x-Achse, desto "weiter" ist der Gesundheitshorizont)

Gruppenübergreifende Analysen zeigten diese Beziehungen, wenn für Alter, Body-Mass-Index und Gruppenzugehörigkeit kontrolliert wurde (entorhinal: $p < 0.01$; parahippokampal: $p < 0.004$; siehe Abbildung 12a / b).

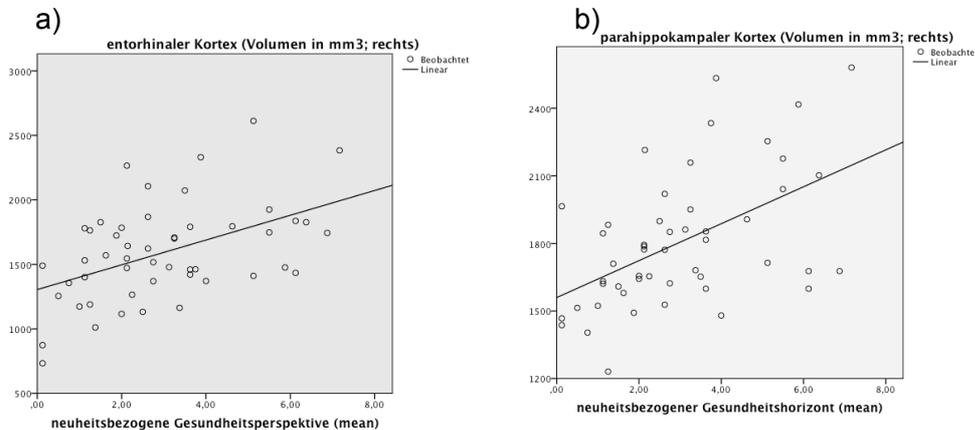


Abbildung 12: Korrelationen zwischen dem rechten entorhinalen Kortexvolumen (a) sowie den parahippokampalen Regionen (b) und der Ausprägung der neuheitsbezogenen Gesundheitsperspektive (beachte: die Werte beziehen sich nur indirekt auf Jahresangaben, da sie altersgruppenkorrigierte Jahresspannen abbilden, je höher der Zahlenwert der x-Achse, desto "weiter" ist der Gesundheitshorizont) über beide Gruppen, wobei die Varianz der Gruppe, des Alter und des Body-Mass-Index herauspartialisiert wurden

Interessanterweise korreliert die neuheitsbezogene SHH-Komponente nicht mit "Novelty-Seeking", einem Persönlichkeitsmaß, das als Kontrollvariable innerhalb des "Temperament and Character Inventar (TCI)-Fragebogens" erhoben wurde. Keine der anderen SHH-Komponenten zeigt signifikante Beziehungen zu Hirnstrukturen.

Die ersten Resultate deuten darauf hin, dass die Integrität des entorhinalen Kortex und parahippokampalen Regionen mit der subjektiven Zukunftsperspektive, neuheitsbezogenes Verhalten in seinen Alltag einzubinden, assoziiert sind, obwohl diese Komponente im Alter den "engsten" Zeithorizont abbildete

Die strukturelle Integrität dieser Hirnregionen scheint zu bestimmen, wie viel Neuheit wir uns im höheren Alter zuwenden. Des Weiteren scheinen die neuheitsrelevanten Perspektiven des SHH-Fragebogens sensitiv für die Integrität der Hirnareale zu sein, die bei der Alzheimer Erkrankung schon sehr früh betroffen sind.

4.5. Lassen sich die SHH-Komponenten durch Training und körperlicher Fitnesssteigerung verändern?

Die nachfolgenden Analysen beziehen sich ausschließlich auf die Daten, die innerhalb der Trainingsinterventionsstudie erhoben wurden und untersuchen, inwieweit körperliches Training mit einer Veränderung der subjektiven Einschätzung der zukünftigen Gesundheit in Verbindung steht.

a) Baseline Beschreibung der Stichprobe

Im Folgenden werden die Baseline-Parameter beider Gruppen beschrieben.

<p><i>Trainingsgruppe:</i></p>  <p>Laufbandtraining</p>	<p><i>Kontrollgruppe:</i></p>  <p>progressive Muskelrelaxation</p>
<ul style="list-style-type: none"> • 22 Teilnehmer • Durchschnittsalter von 68,7 Jahre (+/- 4,52 Jahre; 11 weiblich) • durchschnittlicher Body-Mass-Index = 24,8 (+/- 2,3) • durchschnittliche Lernleistung = 46,2 Wörter (+/- 8,06 Wörter) 	<ul style="list-style-type: none"> • 19 Teilnehmer • Durchschnittsalter: 67,9 Jahre (+/- 4,1 Jahre; 11 weiblich) • durchschnittlicher Body-Mass-Index = 24,5 (+/- 3,0) • durchschnittliche Lernleistung = 46,57 Wörter (+/- 8,1 Wörter)

Abbildung 13: Charakterisierung der Trainings- und Kontrollgruppe vor Intervention (Baseline)

Es existieren keine signifikanten Unterschiede zwischen den Gruppen bezüglich Alter, Geschlechterverteilung, BMI sowie der kognitiven Leistung vor der Trainingsintervention. Hier wurden ebenfalls die Angaben der Probanden zu ihrer durchschnittlichen körperlichen Aktivität (Freiburger Fragebogen zur körperlichen Aktivität) berücksichtigt (siehe Abbildung 14). Die Gruppen zeigten keinen Unterschied in den Angaben zu ihrer täglichen körperlichen Aktivität. Das "Anpassen" oder auch "Matching" der Gruppen ist notwendig, um die Gruppen später vergleichen und einen möglichen Trainingseffekt erkennen zu können.

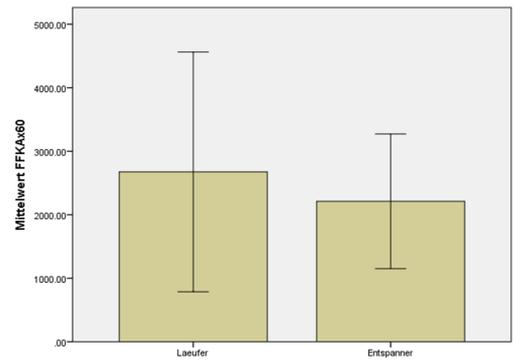


Abbildung 14: Eingangsuntersuchung des allgemeinen Aktivitätslevels durch FFKA

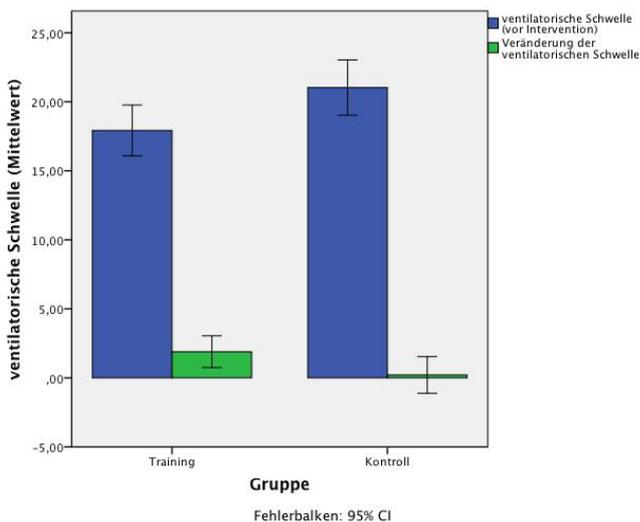


Abbildung 15: Fitnessmaß (ventilatorische Schwelle) vor der Studie (blau) und dessen Veränderung nach der Studie (grün) für Trainings- und Kontrollgruppe

Nach Auswertung der kardiologischen Befunde stellte sich heraus, dass sich die Gruppen in Ihrem anfänglichen Fitnesslevel (ventilatorische Schwelle) unterscheiden (siehe Abbildung 15; blauer Balken). Die Trainingsgruppe (blauer Balken; links) zeigte eine signifikant niedrigere ventilatorische Schwelle als die Kontrollgruppe (blauer Balken; rechts). Das bedeutet, dass die Trainingsgruppe eine schlechtere Ausgangsfitness aufweist als die

Kontrollgruppe. Dieser Unterschied ist überraschend, da im FFKA-Fragebogen sich die Gruppen in ihren Angaben zu körperlicher Aktivität nicht unterschieden. Anscheinend haben sich die Probanden tatsächlich falsch eingeschätzt. Trotzdem sich die Gruppen in ihrem Fitness-Status anfänglich unterscheiden, konnte in der Trainingsgruppe ein Trainingseffekt abgebildet werden (Abbildung 15, grüner Balken). D.h. durch die Trainingsintervention zeigte nur die Trainingsgruppe eine Zunahme der ventilatorischen Schwelle (Abbildung 15; grüner Balken links). Die Veränderung (Zunahme) der ventilatorischen Schwelle wird in der vorliegenden Studie als Maß des Fitnesszugewinns herangezogen.

b) Führt der Fitnesszuwachs durch die Trainingsintervention zu einer Veränderung des subjektiven Gesundheitshorizontes ?

Vor der Intervention findet sich kein signifikanter Unterschied zwischen Trainings- und Kontrollgruppe in den Ausprägungen in drei Hauptkomponenten des SHH:

- körperlicher Gesundheitshorizont (Items 8-16)
- neuheitsbezogener Gesundheitshorizont (Items 23 a-j)
- gesundheitsbezogene Arbeitsperspektive (Items 19a-e)

Nach dem Training gab es keinen signifikanten Trainingseffekt auf Veränderungen der einzelnen SHH-Komponenten. Innerhalb der Trainingsgruppe zeigt sich, dass die neuheitsbasierte SHH-Komponente eine leichte Erweiterung zeigt (Abb. 16; roter Balken links).

In den anderen Komponenten scheint es eher eine Reduzierung der subjektiven Gesundheitshorizonte zu geben. Das hier keine signifikanten Effekte gefunden wurden liegt größtenteils daran, dass die Stichprobe für dieses Maß sehr klein ist. Möglicherweise ist auch eine drei monatige Trainingsintervention nicht ausreichend, um subjektive Einstellungen bzw. Motivationssysteme zu verändern. Es konnte jedoch gezeigt werden, und das ist eine neue Erkenntnis, dass ein dreimonatiges Ausdauertraining hirnstrukturelle und kognitive Veränderungen induziert.

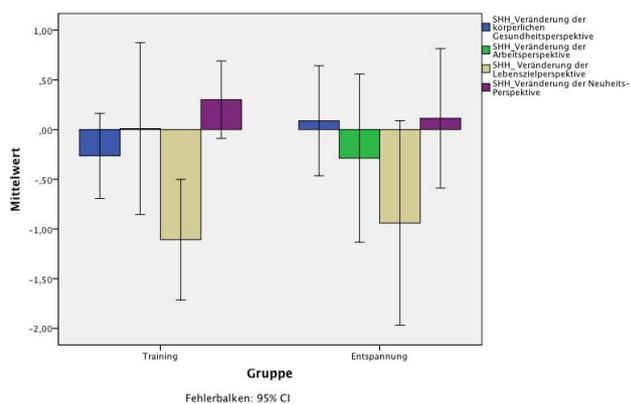


Abbildung 16: zeitliche Ausprägungen und Veränderungen (Differenzen) der SHH-Komponenten: körperlicher Gesundheitshorizont (blauer Balken), arbeitsbezogener Gesundheitshorizont (grüner Balken); lebenszielbezogene Gesundheitsperspektive (beiger Balken) und neuheitsbezogener Gesundheitshorizont (roter Balken)

c) körperliches Training und strukturelle Veränderungen im Gehirn

Durch voxel-basierte Morphometrieanalysen (VBM) können sehr kleine, lokale Unterschiede in der Hirnanatomie untersucht sowie Volumenunterschiede detektiert werden. Erste VBM-Analysen zeigen einen signifikanten Effekt des Laufbandtrainings in einer erhöhten grauen Substanzdichte in der Trainingsgruppe, verglichen zu der Kontrollgruppe. Die in Abbildung 17 gelb gekennzeichnete Region zeigt einen Interventionseffekt, der in der Trainingsgruppe mit einer erhöhten hirnstrukturellen Veränderung im entorhinalen Kortex einhergeht.

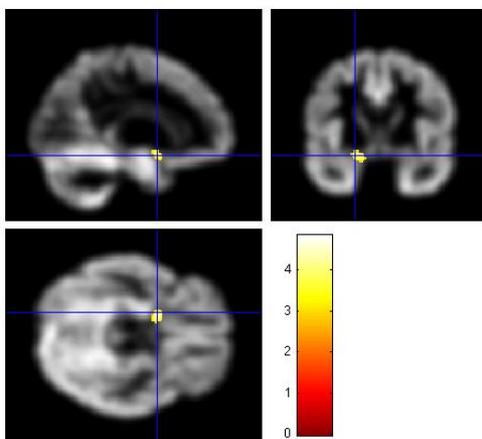


Abbildung 17: Region, die auf einer gemittelten und gesmoothten grauen Substanz-Karte einen signifikanten Volumenzuwachs in der Trainingsgruppe mittels VBM-Analyse zeigt

Ein ähnliches Areal korreliert signifikant mit der Ausprägung des neuheitsbezogenen Gesundheitshorizontes. Ziel ist es, die Daten so auszuwerten, dass die Auswirkungen einer verbesserten Fitness auf Hirnstruktur, Lernen und Gesundheitsperspektive untersucht werden können. Aus diesem Grund wurden multiple Regressionen über beide Gruppen herangezogen, um Veränderungen zu detektieren, die es bei Probanden gibt, die einen Fitnesszugewinn aufzeigten. Als Maß für eine Fitnesssteigerung wurde die Differenz der ventilatorischen Schwelle und die Perfusionsveränderungen im Hippokampus genutzt. Die Veränderungen im Volumen der Hippokampus-Subfelder und die Veränderungen kognitiver Parameter, wie räumliches und episodisches Gedächtnis wurden in die Korrelationsanalysen mit einbezogen.

d) Wie wirkt sich die Fitnesssteigerung auf die Durchblutung (Perfusion) im Hippokampus, Gedächtnisleistungen und subjektiver Gesundheitsperspektive aus?

Die Korrelationsanalysen umfassten alle Teilnehmer der Interventionsstudie, von denen die Perfusionsdaten und 7Tesla Subfeldsegmentierungen vorhanden waren (N=32; 17 aus der Trainingsgruppe; 16 aus der Kontrollgruppe). Hier zeigten sich hochsignifikante positive Beziehungen zwischen den Veränderungen in der Durchblutung des Hippokampus in den einzelnen Subfeldern, den Volumenveränderungen innerhalb der Subfelder des Hippokampus und spezifischen, hippocampusabhängigen Lernleistungen. Das bedeutet: Eine Verbesserung der Durchblutung im Hippokampus und seinen Subfeldern (siehe Abbildung 18) innerhalb des Studienzeitraumes hing mit einer Vergrößerung des Hippokampusvolumens und der Verbesserung in einer räumlichen Gedächtnisaufgabe einher.

Es konnten keine signifikanten Zusammenhänge zwischen Fitnesssteigerung und der Erweiterung des Gesundheitshorizontes gefunden werden. Das kann mehrere Gründe haben: Zum einen ist die Gruppengröße von 40 bzw. 32 Probanden immer noch zu klein, um die motivationalen Veränderungen zu erfassen. Ein drei monatiges Training ist zwar ausreichend, um strukturelle und neurobiologische Veränderungen im Hippokampus zu induzieren aber anscheinend noch nicht ausreichend, um die Motivationsnetzwerke (z.B. dopaminerges System) zu beeinflussen.



Abbildung 18: manuell definierte Hippokampus-Subfelder in einem 7Tesla MP-Prage-Scan eines Probanden, die genutzt wurden, um die Perfusion in den einzelnen Regionen herauszulesen

Die im Projekt-Exposé beschriebenen Zusammenhänge zwischen Fitnessintervention und neurobiologischen Veränderungen konnten in der vorliegenden Studie untersucht

werden.

5. Zusammenfassung der gewonnenen Erkenntnisse

Es ist evident, dass eine lebensstilabhängige Beeinflussung von kognitiven Leistungen im Alter ihre Wirksamkeit über eine Vielzahl von neurobiologischen und psychologischen und sozialen Faktoren entfalten können. Diese Studie fokussiert zwei Faktoren, die aufgrund ihrer Brückenbildung zwischen Neurobiologie und psychosozialen Faktoren relevant sind, und zwar die Selbsteinschätzung der eigenen Gesundheitsperspektive und die Neurobiologie motivierten Handelns.

Die Untersuchung konnte erste neurokognitive Faktoren im Alter identifizieren, die eine langfristige Verbesserung des psychosozialen Lebensstils sowie der Arbeits- und Leistungsmotivation im Alter ermöglichen könnten. Das Konzept des subjektiven Gesundheitshorizontes konnte mit Hilfe der Förderung durch die Marie Luise und Ernst Becker Stiftung validiert und erste Zusammenhänge zwischen Ausdauertraining und neuromodulatorischen, kognitiven und strukturellen Variablen identifiziert werden.

Für die in der Studie aufgestellten Hypothesen konnten erste Erkenntnisse gewonnen werden:

H1: Hat die subjektive Selbsteinschätzung, wie lange man noch selbständig und gesund bleiben wird, einen maßgeblichen Einfluss auf motiviertes exploratives Verhalten und dementsprechend auch auf den Lebensstil? Es wird erwartet, dass diese Art Motivation stärker vom SHH als von der wahrgenommenen Lebenserwartung beeinflusst wird.

Es konnte erstmals gezeigt werden, dass es keine uniforme subjektive Gesundheitsperspektive gibt, die sich mit einer einzigen Frage, nämlich "Wie lange bleiben Sie gesund" erklären lässt. Der SHH setzt sich aus mehreren Komponenten zusammen. Hier wurden vier Hauptkomponenten identifiziert: die körperliche, neuheitsbezogene, arbeitsbezogene, lebenszielbezogene Gesundheitsperspektive, die sich signifikant in ihren zeitlichen Angaben unterscheiden. Die subjektive Perspektive, wie lange man noch gesund bleibt, steht dabei eng mit der körperlichen Gesundheitsperspektive in Beziehung. Das heißt, dass Personen ihre aktuelle körperliche Leistungsfähigkeit als Maß nutzen, um einzuschätzen, wie viele Jahre sie gesund bleiben.

Die geringste Zeitperspektive zeigte die neuheitsbezogene SHH-Komponente, d.h. der Zeitraum, in dem man Neues in den Alltag unter Betrachtung seines aktuellen Gesundheitsstatus zukünftig mit einbindet. Dieses Ergebnis steht im Einklang mit den Erkenntnissen aus der Motivationspsychologie (z.B. von Laura Carstensen), die postulieren, dass im Alter durch die Wahrnehmung einer sich verkürzenden Lebenszeit, die Motivation, Neues zu erkunden an Priorität verliert und sich eher bekannten, emotional belohnenden Aktivitäten zugewandt wird.

Für das vorliegende Forschungsprojekt war im Hinblick auf die subjektive Einschätzung der eigenen Gesundheitsperspektive ein ganz bestimmter Aspekt motivierten Verhaltens von Bedeutung. Dieser Aspekt betrifft die Motivation, explorativ aktiv zu sein, Entscheidungsoptionen zu wählen, die ein exploratives Verhalten und die Exposition von Neuheit in der Zukunft wahrscheinlicher machen. Diese Lebensstil-Komponente wurde mit Hilfe des SHH erfolgreich erfasst und bietet Implikationen für ein erfolgreiches, gesundes Altern, da sie als einzige Komponente mit Hirnstrukturen des entorhinalen und parahippokampalen Kortex assoziiert ist. Diese Regionen sind funktionell mit Neuheitsverarbeitung verbunden und zeigen bei der Alzheimer Erkrankung die ersten neurodegenerativen Veränderungen.

Wir konnten zeigen, dass körperliche Aktivität die Durchblutung und möglicherweise die neuronale Plastizität in Hirnregionen anregt, die funktionell mit wichtigen Gedächtnisfunktionen verbunden sind. Wir konnten zeigen, dass das zukünftige Einbinden von neuen Dingen mit intakteren Hirnstrukturen assoziiert ist, welche eng mit Neuheitsverarbeitung verbunden sind. Das Auseinandersetzen mit und das Explorieren von Neuheit könnte ein potenzieller Faktor sein, der in Kombination mit körperlicher Aktivität altersbedingte Gedächtnisdefizite vorbeugt. Diese potenziellen Zusammenhänge konnten mit Hilfe der geförderten Studie untersucht werden.

Die Unabhängigkeit der "neuheitsbezogenen Gesundheitsperspektive" von der allgemeinen Lebenserwartung und Persönlichkeitseigenschaften, wie "novelty-seeking", ist interessant und neu. In weiterführenden Studien und Analysen wird zukünftig untersucht, welche Komponenten und Gesundheitsvariablen die neuheitsbezogene Perspektive beeinflussen.

H2: Führt eine Erhöhung des körperlichen Fitnessniveaus durch ein kardio-vaskulär wirksames Fitnesstraining zu einer Erweiterung des SHH und erhöht sich demzufolge die Motivation, sich mit neuen Dingen zu beschäftigen, explorativ tätig zu sein und im Arbeitsprozess weiter aktiv teilzunehmen?

In der beschriebenen Studie des DZNE Magdeburg konnte gezeigt werden, dass eine Erhöhung der Fitnessmaße (Perfusion und ventilatorische Schwelle) mit Veränderungen in Hirnstruktur (spezifisch in den Hippokampus-Subfeldern) und hippocampusrelevanten Gedächtnistests einhergehen. Es zeigten sich hier positive Beziehungen. Für die Fitnessverbesserung und Veränderung der einzelnen Komponenten des SHH konnte keine signifikante Beziehung hergestellt werden. Das ist möglicherweise bedingt durch die zu geringe Teilnehmerzahl in den Gruppen und der zu kurzen Dauer der Trainingsintervention, um motivationale Veränderungen anzuregen.

H3: Steht die zeitliche Ausprägung der SHH-Komponenten mit neurobiologischen Veränderungen im episodischen Gedächtnisnetzwerk (z.B. Hippokampus, retrospleniale Region) und im dopaminergen Mittelhirn in Zusammenhang?

Es konnte erstmals cross-sektional eine positive Beziehung zwischen der neuheitsbezogenen Gesundheitsperspektive und Hirnstrukturen aufgedeckt werden, die Neuheit verarbeiten. Der neuheitsbezogene Gesundheitshorizont ist hier die einzige SHH-Komponente, die trotzdem sie die "engsten" Zeitperspektive erhielt, mit spezifischen hirnstrukturellen Arealen korreliert, die Neuheit verarbeiten: dem entorhinalen Kortex und parahippokampalen Regionen. Interessant dabei ist das Erkenntnis, dass trotzdem im Alter die zeitliche Perspektive für das zukünftige Einbinden von neuen Dingen abnimmt, das zeitliche Ausmaß, wie lange noch neuen Dingen zukünftig eingeplant werden, mit der Intaktheit der neuheitsverarbeiteten Hirnareale zusammenhängt. Interessant ist dieses Resultat auch deswegen, da diese Areale in der Alzheimer Demenz die ersten strukturellen pathologischen Veränderungen aufzeigen. Die anderen Komponenten der Gesundheitsperspektive zeigten hier keine Zusammenhänge zu hirnstrukturellen Variablen.

Innerhalb der Ausdauerinterventionsstudie konnte gezeigt werden, dass die Probanden, die eine stärkere Erweiterung Ihres neuheitsbezogenen Gesundheitshorizontes zeigten,

auch hirnstukturell Volumenzunahmen in den Hippokampus-Subfeldern CA1 und posteriore parahippokampale Region aufzeigten. Inwieweit die Probanden, die eine Erweiterung der Neuheitsperspektive über die Trainingsstudie zeigten, möglicherweise auch schon vor der Studie aktiv Neues explorieren, ist nicht klar. Interessant ist, dass kein Zusammenhang zu "Novelty-Seeking" und der neuheitsbezogenen SHH-Komponente gibt.

Mit Hilfe der hier untersuchten Beziehungen zwischen neuheitsbezogener Gesundheitsperspektive und Hirnstruktur, konnten neurokognitive Faktoren im Alter identifiziert werden, die Möglichkeiten für neue Interventionen eröffnen. Nämlich die Förderung der langfristigen Verbesserung des psychosozialen Lebensstils durch die Einbindung von Neuheit und Exploration in Kombination mit körperlichen Training, welche durch die im Projekt Exposé beschriebenen neurobiologischen Veränderungen auch eine Verbesserung der Arbeits- und Leistungsmotivation im Alter ermöglichen. Diese Art von Interventionen in die Arbeits- und Berufswelt zu integrieren wäre ein wichtiges Ziel, um sowohl die körperliche wie auch mentale Fitness im Alter zu erhalten. Zusätzlich böten diese Arten von Interventionen auch Präventionsansätze für demenzieller Erkrankungen. Diese Art von Interventionsforschung wird aktuell durch das DZNE Magdeburg weiter vorangetrieben. Hier stehen der Erhalt und Stimulation der körperlichen Fitness und Neuheitsverarbeitung im Mittelpunkt der geplanten Interventionsstudien.

Die vorliegenden Erkenntnisse dieser Studie zeigen neue Verknüpfungen zwischen Neuheit und Hirnstruktur und damit neue Wege, um altersgerechte, gesunde und hirnplastizitätsförderliche Arbeitsbedingungen zu schaffen. Dabei scheint die Auseinandersetzung mit neuen Dingen, auch in der Arbeitswelt eine wichtige Rolle zu spielen. Das Lernen und positive Auseinandersetzen sowie körperliche Aktivität scheinen potentielle Mechanismen zu unterstützen, die Hirnplastizität im Alter fördern und sich auch auf Leistungsfähigkeit (körperlich und mental) auswirken.

Die vorliegenden Erkenntnisse und das Konzept des SHH werden innerhalb der Berliner Altersstudie vertiefend erforscht und bilden dadurch den Eingang in die internationale Forschung.

6. Impact der Förderung durch die Marie Luise und Ernst Becker Stiftung und Ausblick

Mit Hilfe der Förderung steht zum ersten Mal in der Altersforschung ein Fragebogen zur Verfügung, mit dem es möglich ist, zu quantifizieren, wie lange ältere Menschen sich vorstellen können, Neues zu explorieren. Es konnte, ebenfalls zum Ersten Mal, gezeigt werden, dass die zeitliche Perspektive für Neuheitsexploration wesentlich kürzer ist als die erwartete körperliche Gesundheitsperspektive. Von großer Bedeutung hierbei ist, dass die Neuheitsperspektive mit der Integrität von Hirnregionen korreliert, die für Gedächtnisfunktionen aber auch für das Risiko einer Alzheimer Erkrankung eine wichtige Rolle spielen, dem entorhinalen Kortex und parahippokampalen Regionen.

Das Konzept und die Erforschung des subjektiven Gesundheitshorizontes fand mit Hilfe der Förderung durch die Marie Luise und Ernst Becker Stiftung Eingang in die hiesige Berliner Altersstudie II. Innerhalb der Studie wird im Bereich der psychologischen Messung der Fragebogen digitalisiert bei 2200 Probanden erhoben. Durch den multidisziplinären Ansatz der Berliner Altersstudie II wird es mir zukünftig möglich sein, verschiedenste objektive und subjektive gesundheitsrelevante Faktoren im Hinblick auf das Konzept des SHH weiter zu erforschen und Zusammenhänge aufzudecken. Hier zeigte sich bei 250 schon erhobenen Fragebögen in einer ersten Faktorenanalyse dieselben Cluster, wie in Abschnitt 4.3. a beschrieben wurde. Diese Ergebnisse unterstützen die Validität des Fragebogens. Der SHH-Fragebogen wurde zusätzlich auch in einer vergleichbaren Trainingsstudie am Max-Planck Institut für Bildungsforschung eingesetzt. Hier wurden gerade die Post-Messungen erhoben. Der Unterschied zur Trainingsstudie am DZNE ist, dass die Trainingsintervention hier sechs Monate umfasste und 40 Studienteilnehmer pro Gruppe beinhaltete. Wie erhoffen uns hier größere Trainingseffekte, die sich möglicherweise dann auch eher in SHH-Veränderungen widersiegeln.

Mit Hilfe des Stiftungspreis fand das SHH-Konzept mit ersten Ergebnissen auch Eingang in verschiedene Medien (DZNE Pressemitteilung; Interview in der Zeitschrift der gesetzlichen Unfallversicherung; Absolventen-Interview der Fachhochschule Magdeburg - siehe Anlagen 2-4) und wurde auf Konferenzen in den USA (Poster Präsentation auf der "social and affective cognitive neuroscience" -SANS; San Fransisco; Anlage 5) präsentiert.

Die Ergebnisse der Forschungsarbeit werden aktuell für eine wissenschaftliche

Publikation vorbereitet.

Durch die Förderung meiner wissenschaftlichen Fragestellungen durch die Marie Luise und Ernst Becker Stiftung war es möglich, ein neu entwickeltes Konzept zu erforschen und die Zusammenhänge aus der Neurobiologie des Alterns sowie der Motivationspsychologie und Gesundheitsförderung erstmalig zu erforschen. Mich hat der Förderpreis darin bestätigt und unterstützt, dass die Erforschung des Einflusses gesundheitsförderlicher Aspekte auf erfolgreiches kognitives Altern eine wichtige Rolle, nicht nur in der Wissenschaft als auch in der Arbeitswelt einnimmt. Die Implementierung und zukünftige Erforschung des von mir entwickelten SHH-Konzeptes in die Berliner Altersstudie II ist eine einmalige Chance, das Konzept auf internationaler Ebene weiter zu entwickeln. Ich bedanke mich für das entgegengebrachte Vertrauen in meine Forschung. Ich werde Sie auch zukünftig über neue Erkenntnisse zum SHH-Konzept und Ergebnisse informieren.

A handwritten signature in black ink, reading "Sandra Düzel". The script is cursive and elegant, with a prominent 'S' and 'D'.

Sandra Düzel

Anlagen:

1. SHH - Fragebogen
2. Interview mit der Gesetzlichen Unfallversicherung 2012
3. Absolventeninterview mit der Hochschule Magdeburg / Stendal 2012
4. Posterpräsentation der SANS in San Francisco 2013