

Aus dem Institut und Poliklinik für Arbeits-, Sozial- und Umweltmedizin  
der Ludwig- Maximilians- Universität München

Direktor: Prof. Dr. med Dennis Nowak

**Zusammenhang von psychosozialen Arbeitsbelastungen, alternsgünstigen  
Handlungsstrategien und Telomerlänge**

Dissertation

zum Erwerb des Doktorgrades der Medizin

an der Medizinischen Fakultät der  
Ludwig-Maximilians-Universität zu München

vorgelegt von

Caroline Chmelar (geb. Quartucci)

aus München

2016

Mit Genehmigung der Medizinischen Fakultät  
der Universität München

Berichterstatter: PD Dr. Matthias Weigl

Mitberichterstatter: PD Dr. Andreas Müller

PD Dr. Martin Fegg

Mitbetreuung durch den  
promovierten Mitarbeiter:

Dekan: Prof. Dr. med. dent. Reinhard Hickel

Tag der mündlichen Prüfung: 06.10.2016

## Eidesstattliche Versicherung

Ich erkläre hiermit an Eides statt, dass ich die vorliegende Dissertation mit dem Thema

### **Zusammenhang zwischen psychosozialen Arbeitsbelastungen , alternsgünstigen Handlungsstrategien und Telomerlänge**

selbstständig verfasst, mich außer der angegebenen keiner weiteren Hilfsmittel bedient und alle Erkenntnisse, die aus dem Schrifttum ganz oder annähernd übernommen sind, als solche kenntlich gemacht und nach ihrer Herkunft unter Bezeichnung der Fundstelle einzeln nachgewiesen habe.

Ich erkläre des Weiteren, dass die hier vorgelegte Dissertation nicht in gleicher oder in ähnlicher Form bei einer anderen Stelle zur Erlangung eines akademischen Grades eingereicht wurde.

München, den 28. 01. 2016

Caroline Chmelar

## Inhaltsverzeichnis

1	Arbeitsbezogene Einflussfaktoren für biologische Altersmarker: Alternskritische Arbeitsbedingungen .....	5
1.1	Zusammenhang zwischen alternskritischen Arbeitsbedingungen und Telomerlänge.....	6
1.2	Handlungsstrategien „erfolgreichen Alterns“: Selektion, Optimierung und Kompensation (SOK) 7	
1.3	Hypothetische Zusammenhänge alternskritischer Arbeitsbedingungen und der Anwendung von SOK-Strategien auf die biologische Alterung.....	9
2	Methoden.....	10
2.1	Design.....	10
2.2	Probandenkollektiv.....	10
2.3	Datenerhebung.....	11
2.3.1	Fragebogen.....	11
2.3.2	Ärztliche Untersuchung, Diagnostik und Probenentnahme.....	12
2.4	Analyse .....	13
2.4.1	Probenentnahme bzw. Aufreinigung der Proben .....	13
2.4.2	Messung der Telomere.....	13
2.4.3	Statistische Analysen.....	14
3	Ergebnisse.....	14
4	Diskussion.....	24
4.1	Limitationen .....	28
4.2	Implikationen für Forschung und arbeitsmedizinische Praxis.....	30
4.3	Schlussfolgerung.....	30
5	Zusammenfassung.....	31
6	Literaturverzeichnis.....	33
7	Abbildungs-und Tabellenverzeichnis.....	37
8	Danksagung .....	38
9	Lebenslauf .....	<b>Fehler! Textmarke nicht definiert.</b>

# **1 Arbeitsbezogene Einflussfaktoren für biologische Altersmarker: Alterskritische Arbeitsbedingungen**

Durch den demographischen Wandel wird sich die Arbeitswelt in Deutschland und anderen Industrienationen deutlich verändern; die Anzahl der älteren Beschäftigten wird ansteigen, während immer weniger Menschen dem Arbeitsmarkt zur Verfügung stehen (Fuchs 2011). Daher werden die die Erfahrungswerte und Fähigkeiten der älteren Beschäftigten dringend benötigt. Aufgrund ungünstiger Arbeitsbedingungen scheiden jedoch viele Beschäftigte krankheitsbedingt oder freiwillig aus dem Beruf aus (Siegrist, Wahrendorf et al. 2007, van den Berg, Elders et al. 2009). Deshalb ist es besonders wichtig, genau diese Beschäftigten durch Maßnahmen zur Gesundheitsförderung und Gesundheitserhaltung in ihrem Beruf halten zu können. Die Arbeitsmedizin hat in diesem Zusammenhang eine koordinierende Funktion; ihr Ziel ist es, die Gesundheit und die Leistungsfähigkeit der Mitarbeiter zu fördern und zu erhalten.

Die Studie fokussiert auf das Zusammenspiel von alternsgünstigen Handlungsstrategien und Arbeitsbedingungen für Erhalt körperlicher Funktionsfähigkeit (in alterskritischen Berufsfeldern). Die spezifische Fragestellung lautet, welchen - individuellen und moderierenden - Einfluss haben SOK Strategien für den Zusammenhang von alterskritischen Arbeitsbedingungen (ausgewählte Stressoren und Ressourcen der Arbeit) und biologischen Altersmarkern/Indikatoren altersgemäßer Funktionsfähigkeit? Im Rahmen der vorliegenden Arbeit wird daher überprüft, ob bei Beschäftigten in alterskritischen Tätigkeiten sich auch Zusammenhänge zwischen den alternsgünstigen Handlungsstrategien und Markern biologischer Alterung nachweisen lassen. Zudem soll geprüft werden, ob ausgewählte alterskritische Arbeitsbedingungen diesen Zusammenhang beeinflussen.

Aufgrund der hohen alterskritischen Belastungen im Bereich der Altenpflege führten wir die Studie mit Beschäftigten aus den Bereichen Pflege, Hauswirtschaft und Küche aus 6 verschiedenen Einrichtungen eines überregionalen Pflegedienstleiters durch. Das Probandenkollektiv stammt aus Teilnehmern an der routinemäßigen betriebsärztlichen Vorsorge, die nach Aufklärung in die Studienteilnahme einwilligten. Bestandteile der Studie waren die Erhebung der medizinischen Vorgeschichte (Anamnese), eine orientierende körperliche Untersuchung, Entnahme von biologischen Material (EDTA-Blut), sowie ein Fragebogen. Die entnommenen Proben wurden im Zellbiologischen Labor des Instituts für Arbeits-, Sozial- und Umweltmedizin des Klinikums der LMU München gelagert und verarbeitet. Die Auswertung der erhobenen Daten erfolgte am Institut für Arbeitsmedizin der LMU München.

## 1.1 Zusammenhang zwischen alternskritischen Arbeitsbedingungen und Telomerlänge

Telomere sind repetitive Sequenzen an den Enden der Chromosomen, die die Chromosomen während der Zellteilung vor homologer Rekombination (HR) und dem Verlust genetisch bedeutsamer Daten schützen (Blackburn, Greider et al. 2006). Im Rahmen der Mitose verkürzt sich ein Telomer unter normalen Umständen um etwa 30 bis 200 Basenpaare (Aubert and Lansdorp 2008). Eine Zellteilung kann somit 50-70 Mal stattfinden, bis die Telomere eine für das Genom kritische Länge erreichen; dann befinden sich die Telomere zu nah an der kodierenden DNA. Das dann freiliegende Telomer wird von Tumorsuppressorenproteinen (z.B. p53 – dem sogenannten „Wächter des Genoms“) erkannt und die Apoptose herbeigeführt. Auf diese Weise trägt die Verkürzung der Telomere zum Schutz der DNA bei (Starkweather, Alhaeeri et al. 2014). Diese Verkürzung der Telomere ist ein normaler Bestandteil des Alterungsprozesses.

Eine zusätzliche Verkürzung der Telomere kann jedoch auch durch oxidativen Stress und Entzündungen herbeigeführt werden (Sahin and Depinho 2010). Aufgrund ihres hohen Guaninanteils sind Telomere besonders anfällig für Einzel- und Doppelstrangbrüche, die durch die erhöhte Produktion von reaktiven Sauerstoffspezies (reactive oxygen species, ROS) verursacht werden. Brüche der Telomere werden weniger gut repariert, als Strangbrüche an anderen Stellen des Genoms, da die hierfür notwendige DNA-Telomerase eine gewisse Stranglänge für ihre Reparaturen benötigt (Shen, Gammon et al. 2009). In verschiedenen Studien wurde der Zusammenhang zwischen Veränderungen in der Telomerlänge und psychosozialen, umweltinduzierten und verhaltensbedingten Faktoren untersucht (Starkweather, Alhaeeri et al. 2014).

Als Faktoren, die die Telomerlänge negativ beeinflussen, konnten kardiovaskuläre Risikofaktoren, Typ 2 Diabetes, Übergewicht und Rauchen ausgemacht werden (Valdes, Andrew et al. 2005, Demissie, Levy et al. 2006, Brouillette, Whittaker et al. 2008, Ma, Zhou et al. 2011, Zhao, Miao et al. 2013, Latifovic, Peacock et al. 2015). Durch den durch das Rauchen induzierten oxidativen Stress gehen beispielsweise pro Jahr 5 Basenpaare der Telomersequenz verloren (Valdes, Andrew et al. 2005). Bei Personen, die täglich rauchen, konnten kürzere Telomere nachgewiesen werden, als bei Personen, die niemals täglich geraucht haben (Latifovic, Peacock et al. 2015). Weitere Studien zeigten, dass eine kürzere Länge der Telomere signifikant mit kardiovaskulären Risikofaktoren wie Myokardinfarkten, Schlaganfällen und Typ 2 Diabetes assoziiert ist (Zhao, Miao et al. 2013, D'Mello, Ross et al. 2015).

Auch verschiedene äußere Faktoren beeinflussen die Telomerlänge. Beispielsweise konnte bereits ein Zusammenhang zwischen der Schlafqualität/ Schlafdauer und der Länge der Telomere nachgewiesen werden (Liang, Schernhammer et al. 2011). Frauen unter 50 Jahren, mit einer

Schlafdauer von sechs Stunden oder weniger, hatten deutlich kürzere Telomere vorzuweisen, als Frauen, die neun Stunden oder mehr Schlaf pro Nacht hatten. Shalev et al, 2013 berichtet ebenfalls von einer geringeren Telomerlänge bei Frauen, die weniger schlafen (Shalev, Entringer et al. 2013). Des Weiteren kann erhöhter Stress in Alltag und Beruf die Telomerlänge negativ beeinflussen (Epel, Blackburn et al. 2004). Bei Probanden mit hohem psychosozialen Stress wurden hier signifikant kürzere Telomere, eine niedrigere Aktivität der Telomerase (und damit eine größere Gefahr von Strangbrüchen mit unwiederbringlichem Verlust codierender DNA), sowie erhöhter oxidativer Stress nachgewiesen.

Ein weiterer Forschungsgegenstand ist seit einigen Jahren die Korrelation zwischen arbeitsbedingten Faktoren und der Länge der Telomere. Diese wurde von Parks et al, 2011 bestätigt. In dieser Studie wurde unter anderem die Verbindung zwischen Vollzeitarbeit und Telomerlänge untersucht, wobei im Vergleich zu arbeitslosen Frauen, zeitweise oder dauerhaft ausgeübte, Vollzeitbeschäftigung mit einer kürzeren Länge der Telomere verbunden war (Parks, DeRoo et al. 2011). In einer weiteren Studie aus Finnland konnte der Zusammenhang zwischen beschleunigter biologischer Alterung und arbeitsbedingter Überbeanspruchung erwiesen werden (Ahola, Siren et al. 2012). Bei Probanden mit starker arbeitsinduzierter Überbeanspruchung wurden im Vergleich zu Probanden ohne, oder mit nur mäßiggradiger Überbeanspruchung, signifikant verkürzte Telomere nachgewiesen.

Diese Ergebnisse lassen darauf schließen, dass sich alternskritische Arbeitsbedingungen, wie Überlastung, hoher Stresspegel und schichtdienstbedingte kurze Schlafzeiten negativ auf die Länge der Telomere auswirken und damit den biologischen Alterungsprozess vorantreiben können. Zudem können sich zusätzliche Faktoren wie Rauchen, Übergewicht und kardiovaskuläre Risikofaktoren negativ auf die Telomere verkürzen. Als alternskritische Arbeitsbedingungen, wie sie beispielsweise in Pflegeberufen vorkommen, gelten schweres Heben und Tragen, hohe Arbeitsgeschwindigkeit und intensive Informationsverarbeitung die in einer Beeinträchtigung des Wohlbefindens, einer hohen Fluktuation, dem Wunsch zur frühen Berentung und eventuell sogar zum Pflegemangel führen (Janiszewski Goodin 2003, Camerino, Conway et al. 2006, Weigl 2012).

## 1.2 Handlungsstrategien „erfolgreichen Alterns“: Selektion, Optimierung und Kompensation (SOK)

Altern kann als zeitlicher Prozess verstanden werden, in dessen Verlauf sich persönliche Ressourcen verändern (Baltes and Lang 1997, Hobfoll 1998). Es treten dabei sowohl Verluste (z.B. körperliche Fitness, Gesundheit, sensorische Fähigkeiten und allgemeine kognitive Funktionen) als auch

Zugewinne (z.B. Wissen, Erfahrung und sozialer Status) auf. Gleichwohl, im Laufe des Lebens büßt man tendenziell mehr Ressourcen ein als man hinzugewinnt (Baltes 1999). Im Altersverlauf wird es also zunehmend schwieriger, Ressourcenverluste durch Hinzugewinne von Ressourcen auszugleichen. Eine der wichtigsten Fragen zum erfolgreichen Altern im Arbeitskontext ist daher, wie ältere Beschäftigte trotz eines relativen Ressourcenverlusts Wohlbefinden und Leistungsfähigkeit erhalten (Baltes 2001).

Von Paul und Margret Baltes (Baltes 1990) wurde ein Modell vorgeschlagen, das jeden menschliche Entwicklungsprozess als eine Kombination von drei adaptiven Verhaltensweisen umfasst: Selektion, Optimierung und Kompensation (SOK). Das SOK Modell alternsgünstiger Handlungsstrategien nimmt an, dass eine erfolgreiche Entwicklung voraussetzt, persönliche Ressourcen zunehmend auf wenige ausgewählte und persönlich bedeutsame Ziele zu konzentrieren, anstelle diese Ressourcen auf eine Vielzahl von Zielen zu verteilen (Selektion). Die Wahl der Ziele kann dabei auf persönlichen Motiven und Wünschen beruhen (elektive Selektion). Oder aber individuelle Ansprüche und Ziele werden bei Verlusten, Problemen oder Hindernissen angepasst (verlustbasierte Selektion). Selektion bahnt unser individuelles Verhalten und damit die persönliche Entwicklung und trägt dazu bei, dass wir Sinn und Bedeutung im Leben empfinden (Freund and Baltes 2002). Optimierung bezieht sich auf die geeigneten Mittel und Wege zum Erreichen von Zielen (Freund and Baltes 2002). Genauer meint Optimierung Verhaltensweisen, mit denen man sich solche Mittel aneignet, diese fortwährend verbessert und effektiv nutzt, um wichtige Ziele zu erreichen (bspw. Merkfähigkeit trainieren oder die körperliche Bewegungsfähigkeit erhalten). Kompensation bezieht sich, ähnlich wie Optimierung, auf die Mittel und Wege der Zielerreichung (Freund and Baltes 2002). Hier geht es speziell um die Frage, wie Menschen, die durch Verluste oder Hindernisse bisher eingesetzte Handlungsstrategien nicht mehr einsetzen können, alternative individuelle Mittel oder Wege finden, um dennoch das gewünschte Funktionsniveau zu halten und angestrebte Ziele zu erreichen (bspw. sich bei eingeschränkter Merkfähigkeit mehr Notizen machen oder bestimmte körperliche Bewegungen langsamer ausführen).

Kurz gesagt, gibt Selektion die Richtung, das Ziel der menschlichen Entwicklung vor, Optimierung den bestmöglichen Einsatz der Mittel zur Erreichung der Ziele und Kompensation die Reaktion auf den Verlust von Mitteln (Baltes 1999). Eine wesentliche Annahme ist, dass eine koordinierte Anwendung dieser drei Strategien einen effektiveren Einsatz persönlicher Ressourcen ermöglicht (Baltes 1990) spricht daher auch von selektiver Optimierung mit Kompensation.



### 1.3 Hypothetische Zusammenhänge alternskritischer Arbeitsbedingungen und der Anwendung von SOK-Strategien auf die biologische Alterung

SOK-Strategien helfen dabei, ältere Mitarbeiter in ihren Jobs gesund und aktiv zu halten (Abraham and Hansson 1995, Yeung and Fung 2009, Muller, Weigl et al. 2012, Muller, Weigl et al. 2013). In Berufen mit hohen alternskritischen Arbeitsbedingungen, wie zum Beispiel in Pflegeberufen, berichten Beschäftigte häufig über eine verminderte Arbeitsfähigkeit (Camerino, Conway et al. 2006). Diese geht unter anderem mit emotionaler Erschöpfung, vermindertem Wohlbefinden und schlechterem Gesundheitsstatuts einher (Camerino, Conway et al. 2008, Ahlstrom, Grimby-Ekman et al. 2010).

Eine Studie bei Pflegekräften im Krankenhaus ergab, dass kein negativer Zusammenhang zwischen Arbeitsfähigkeit und Alter zu erkennen ist, wenn in hohem Maße berufsspezifische SOK-Strategien angewendet wurden. Diese Ergebnisse weisen darauf hin, dass die Interaktion zwischen Tätigkeitsspielräumen in der Arbeit und der Anwendung von SOK-Strategien ein Hilfsmittel ist, um die Arbeitsfähigkeit von Pflegerinnen in ihrem Beruf zu erhalten (Müller, Weigl et al. 2012). Der positive Effekt der Tätigkeitsspielraum auf die Arbeitsfähigkeit wurde signifikant durch SOK-Strategien moderiert. Der beeinflussende Effekt war für ältere Mitarbeiter stärker als für jüngere nachweisbar (Muller, Weigl et al. 2012).

Um die Beziehung zwischen Arbeitsbedingungen und daraus resultierende Auswirkungen auf die biologische Alterung zu untersuchen, wurden bereits Studien durchgeführt (Parks, DeRoo et al. 2011, Ahola, Siren et al. 2012). Als Parameter für den Alterungsprozess wurde in beiden Studien die relative Telomerlänge benutzt. Bei Beschäftigten mit hohem arbeitsbedingtem Stress (erhoben mittels Maslach Burnout Inventory-General Survey) konnten in einer finnischen Studie signifikant verkürzte Telomere nachgewiesen werden. Diese Mitarbeiter hatten deutlich kürzere Telomere, als die, die nur leichtem, oder keinem beruflichen Stress ausgesetzt waren (Ahola, Siren et al. 2012). In der zweiten Studie wurden verschiedene Arbeitszeitmodelle (Vollzeitbeschäftigung, Teilzeitbeschäftigung, Überstunden, Nacht- und Schichtarbeit), sowie verschiedene Zusatzvariablen (beispielsweise Raucherstatus, Schlafgewohnheiten, Bildung und BMI) untersucht. Bei Beschäftigten, die in Vollzeit tätig waren, wurden kürzere Telomere nachgewiesen, als bei nicht in Vollzeit beschäftigten Mitarbeitern (Parks, DeRoo et al. 2011).

Diese Ergebnisse implizieren, dass die Anwendung von SOK-Strategien dabei hilft, die Funktionsfähigkeit und Arbeitsfähigkeit älterer Mitarbeiter unter alternskritischen Arbeitsbedingungen zu erhalten. Dies soll in unserer Studie anhand von biologischen Markern als Outcomes identifiziert werden.

Die einzelnen Fragestellungen dieser Studie lauten:

- 1) Hypothese 1: Es besteht ein Zusammenhang zwischen Alter, Berufsdauer und Telomerlänge.
- 2) Hypothese 2: Es besteht ein Zusammenhang zwischen den psychosozialen Arbeitsbelastungen und Telomerlänge.
- 3) Hypothese 3: Es besteht ein Zusammenhang zwischen der Anwendung von SOK-Strategien und Telomerlänge.
- 4) Hypothese 4: Der Zusammenhang aus Alter und Telomerlänge wird durch SOK-Strategien und Arbeitsbedingungen moderiert.

## **2 Methoden**

### **2.1 Design**

Es handelt sich um eine Querschnitts-Studie mit Multi-Source Data: aus Selbstberichten der Beschäftigten (Fragebogen) kombiniert mit Expertenbeurteilung durch ärztliche Befundung und Labor-Diagnostik.

Die Studie wurde vor Beginn von der Ethikkommission der Medizinischen Fakultät der Ludwig-Maximilians-Universität positiv beurteilt (Nr. 99-15). Auch die Einwilligung der lokalen Hausleitungen wurde vorab eingeholt.

### **2.2 Probandenkollektiv**

Es wurden 141 Beschäftigte aus der Altenpflege in die Untersuchung eingeschlossen. Bei der zu untersuchenden Berufsgruppe handelt es sich um Mitarbeiter der Altenpflege, Küchenpersonal und Reinigungskräften eines überregionalen Pflegedienstleisters. Insgesamt wurden Beschäftigte aus 6 Einrichtungen eingeschlossen. Bei dem Probandenkollektiv handelt es sich um Beschäftigte, die durch Nacht- und Schichtarbeit und schwere körperliche Arbeit erhöhten Belastungen ausgesetzt sind.

Das Pflegepersonal unterteilt sich in examinierte Altenpfleger, sowie Altenpflegehelfer mit unterschiedlich langen Ausbildungszeiten (1-2 jährige Ausbildung). Die Mitarbeiter arbeiten zum größten Teil in einem 3-Schicht-System. Es wurden sowohl Pflegekräfte der stationären, wie auch der ambulanten Versorgung eingebunden. Das Küchenpersonal besteht aus Köchen und Küchenhelfern, die in einem 1- bis 2-Schicht-System arbeiten. Das Reinigungspersonal setzt sich aus meist

ungelerntem Personal unterschiedlicher Berufsgruppen zusammen, die meist im 2-Schicht-System tätig sind. Tätigkeitsbereiche sind das gesamte Pflegeheim bzw. Wohnstift.

## 2.3 Datenerhebung

Die Datenerhebung erfolgte im Rahmen regulärer, betriebsärztlicher Vorsorgen, die zwischen Juni und September 2015 stattfanden. Die Probanden wurden während der routinemäßigen betriebsärztlichen Vorsorge rekrutiert und über Ziel und Ablauf der Studie aufgeklärt. Nach Einwilligungen wurden für die Studie im Rahmen dieser Vorsorgeuntersuchung der Studien-Fragebogen, eine orientierende körperliche Untersuchung, sowie die Abnahme des biologischen Materials (EDTA-Blut) vorgenommen. Im Anschluss an die eigentliche Vorsorge erhielten die Teilnehmer den Fragebogen. Dieser wurde von den Teilnehmern im Beisein der Untersucherin ausgefüllt und ihr anschließend persönlich ausgehändigt.

Anschließend wurden die Untersuchungsunterlagen und erhobenen Daten zusammengetragen und im Institut für Arbeitsmedizin der LMU gesammelt, ausgewertet und archiviert.

### 2.3.1 Fragebogen

Für die einzelnen Studienvariablen wurden folgende Messverfahren im Mitarbeiter-Fragebogen eingesetzt:

Psychosoziale Arbeitsbelastungen: Der Fragebogen für die Beschäftigten enthält Inhalte des standardisierten Befragungsverfahrens TAA-KH-S (Tätigkeits- und Arbeitsanalyseverfahren für das Krankenhaus – Selbstbeobachtungsversion) zur Beurteilung von Arbeitsbedingungen im Pflegebereich (Büssing 2002). Folgende Skalen wurden eingesetzt (inkl. Beispielim):

Lernanforderungen („Bei meiner Arbeit kann ich immer wieder neues Wissen und Fertigkeiten erwerben“), Tätigkeitsspielraum („Ich kann selbst festlegen, welche Arbeitsmethoden und Arbeitsmittel ich einsetze“), soziale Unterstützung („Wie sehr unterstützen diese Personen Sie, so dass Sie es in der Arbeit leichter haben? Direkter Vorgesetzter/ Kollegen“), Work-Family-Konflikte („Die Zeit, die ich für die Arbeit benötige, macht es schwer, meine Verantwortlichkeiten der Familie gegenüber zu erfüllen“), Zeitdruck („Ich habe bei der Arbeit wegen kurzfristigen Terminvorgaben immer wieder Zeitdruck“), ungünstige Umgebungsbedingungen („Man arbeitet immer wieder unter schlechten Lichtverhältnissen“) und körperliche Belastungen („Man muss bei der Arbeit immer wieder schwer heben“).

Für alle genannten Skalen wurde zur Beantwortung eine 5-Punkte-Skala von 1=„nein, gar nicht“ bis 5=„ja genau“ verwendet.

SOK-Strategien: Zudem enthält der Fragebogen eine etablierte Skala zur Beurteilung der SOK Strategien (Zacher 2011). Dieser Fragebogen strukturiert sich in eine Gesamtskala (Gesamtwert aller Items) und jeweiligen Subskalen zu Selektion, Optimierung und Kompensation. Beispiele aus dem Fragebogen sind: „Bei der Arbeit konzentriere ich meine ganze Energie auf wenige Dinge“ (Selektion); „Wenn mir bei der Arbeit sehr an etwas gelegen ist, setze ich mich voll und ganz dafür ein“ (Optimierung); „Wenn bei der Arbeit etwas nicht mehr so gut klappt oder mich behindert, suche ich nach anderen Wegen, um zum Ziel zu kommen“ (Kompensation). Auch hier wurde eine 5-Punkte-Skala von 1=„nein, gar nicht“, bis 5 „ja genau“ angewandt.

### 2.3.2 Ärztliche Untersuchung, Diagnostik und Probenentnahme

Im Rahmen der betriebsärztlichen Vorsorge erfolgten eine Anamnese, sowie eine körperliche Untersuchung. In der Anamnese wurden folgende Daten erhoben: Geschlecht, Alter, Größe, Gewicht, Raucherstatus, vorherige Beschäftigungsverhältnisse, Berufsdauer, Angaben zum Schichtsystem, wöchentliche Arbeitszeit, Vorliegen einer Schwerbehinderung, körperliche Aktivität in der Freizeit, allgemeine Vorerkrankungen, kardiovaskuläre Risikofaktoren, endokrinologische Erkrankungen und eingenommene Medikamente. In der körperlichen Untersuchung wurde eine Auskultation von Herz und Lungen durchgeführt und der Blutdruck gemessen. Zudem wurde biologisches Material (Blut) abgenommen. Ein Teil der Blutentnahmen (EDTA-Blut und Serum) wurden zur Bestimmung weiterer Laborparameter (großes Blutbild, GOT, GPT, GGT, Kreatinin, CRP) in ein separates Labor (MVZ Clotten, Freiburg) eingeschickt.

Für die Bestimmung der Telomerlänge wurde ein zusätzliches EDTA-Röhrchen (Sarstedt-Monovette rot EDTA 2,7 ml) abgenommen.

Im direkten Anschluss an die Blutabnahme werden die erforderlichen Proben mit einer fortlaufenden Nummer versehen, und einem vor Ort vorhandenen Kühlschrank bei 4-8°C gelagert. Der Transport ins Labor erfolgt innerhalb der nächsten 8 Stunden bei nicht unterbrochener Kühlkette.

Im Labor werden die Proben in Eppendorfgefäße pipettiert (für jeden Mitarbeiter 3 Proben zu je 200µl EDTA-Blut) und im Anschluss bis zur weiteren Verarbeitung bei -80°C eingefroren. In der Zwischenzeit erfolgt kein Auftauen der Proben.

Die weitere Verarbeitung der Proben erfolgt mit dem DNeasy Blood & Tissue Kit der Firma Qiagen. Die Lagerung und Verarbeitung der Proben findet im Zellbiologischen Labor des Instituts für Arbeits-, Sozial- und Umweltmedizin des Klinikums der LMU München statt (Frau CTA Angelika Kronseder, Ltg. PD. Dr. Rudolf Jörres).

## 2.4 Analyse

### 2.4.1 Probenentnahme bzw. Aufreinigung der Proben

Für die Messung der Telomerlänge wurde venöses EDTA-Blut entnommen und bei 4-7°C bis zur weiteren Aufbereitung gelagert. Anschließend wurden die Proben in jeweils 3 Aliquote aufgeteilt und bei -80°C asserviert. Das Blut wurde erst unmittelbar vor der geplanten Telomerlängenmessung aufgetaut und aufbereitet. Zur Aufreinigung der DNA wurde das DNeasy Blood & Tissue Kit, der Firma Qiagen gemäß Herstellerprotokoll verwendet. Zur Überprüfung der Reinheit der gewonnenen DNA wurde diese anschließend mittels UV-Spektroskopie vermessen. Akzeptiert wurde die Reinheit der DNA, wenn der Quotient  $A_{260}/A_{280}$ , gerundet auf eine Nachkommastelle 1,7 oder mehr betrug. (Lucke 2015). Proben, die diese Kriterien nicht erfüllten, wurden gekennzeichnet, und konnten nach weiteren Überprüfungen in die Studie mit eingeschlossen werden.

### 2.4.2 Messung der Telomere

Insgesamt wurden 141 Blutproben für die Messungen eingeschlossen. Mindestens zwei Werte waren notwendig, um einen gültigen Mittelwert zu erhalten. Messwerte wurden dann für die Analyse verwendet, wenn der Variationskoeffizient der über die Standardkurve berechneten Anfangskonzentration bei drei (ggf. zwei) identischen Proben (Starting Quantity) nicht mehr als 10% betrug. Für die Standardkurve wurde die DNA einer bekannten Probe aufgereinigt. Die Standardkurve wurde für jede Platte neu verdünnt. Ausgangsstandard war immer dieselbe Standard-DNA. Für eine spätere Korrektur aufgrund der Interassay-Variation wurde auf jeder Platte dieselben internen Standards mitgemessen. Es handelte sich hierbei um die DNA zweier bekannter Proben. Die internen Standards wurden über alle gemessenen Platten gemittelt und beide dann zur Erstellung der individuellen Korrekturfaktoren der einzelnen Platten herangezogen (Lucke 2015). Pro Platte konnten Proben von 24 Probanden bearbeitet werden, insgesamt waren 6 Platten notwendig. Im Anschluss an die Amplifikationsläufe wurde die T/S Ratio der Proben bestimmt und zwar, indem der errechnete SQmean-Wert für das Telomer-Produkt durch das des Albumins dividiert wurde. Die T/S Ratio der internen Standards jeder Platte wurden gemittelt. Für jede Platte wurde daraufhin ein Korrekturfaktor erstellt, der sich aus dem Quotienten der T/S Ratio des Mittelwertes durch den tatsächlichen Wert der T/S Ratio des internen Standards auf der entsprechenden Platte ergab. Für jede Platte ergab sich ein eigener Korrekturfaktor. Die jeweiligen berechneten T/S Ratio der unbekannt Proben wurden anschließend mit dem für ihre Platte spezifischen Korrekturfaktor multipliziert. Somit konnten Effizienzunterschiede bei der Produktentstehung zwischen den unterschiedlichen Platten ausgeglichen werden (Lucke 2015).

### 2.4.3 Statistische Analysen

Nach einer Güte- und Plausibilitätskontrolle der Daten wurde zuerst eine Deskriptive Statistik berechnet, bei welcher die Prävalenz der Studienvariablen ermittelt wurde. Zur Prüfung potentieller Confounder (d.h. Einflussfaktoren für die Ergebnisvariable Telomerlänge) wurden die Studienvariablen mitsamt der soziodemographischen Angaben einer Korrelationsanalyse unterzogen. Die Prüfung der Hypothesen erfolgt mittels multivariater Regressionsanalysen, um die adjustierten und nicht-adjustierten Zusammenhangsmaße der Prädiktoren (einzelne psychosoziale Arbeitsbedingungen und SOK-Strategien) für die Ergebnisvariable zu ermitteln. Die Prüfung der Moderationshypothesen erfolgte gleichfalls mittels linearer, hierarchischer Regressionsanalysen, zu welchen ein Interaktionsterm der Prädiktoren aus den standardisierten (z-transformierten) Einzelwerten der Prädiktoren mit in die Gleichung aufgenommen wurde. Alle Berechnungen erfolgten mit dem Statistikprogramm SPSS 23.0.

## 3 Ergebnisse

Insgesamt wurden 141 Probanden in die Studie eingeschlossen. Von N=140 Probanden erhielten wir den ausgefüllten Fragebogen zurück. Es handelte sich um 29 männliche (20,6 %) und 112 weibliche (79,4%) Mitarbeiter. 119 (86,9%) waren in Vollzeit, 18 (13,1%) in Teilzeit tätig. 117 Befragte (84,6%) gaben an, im Schichtdienst (2- oder 3-Schichtsystem) zu arbeiten; 23 (16,4%) waren nicht im Schichtdienst tätig. Eine anerkannte Schwerbehinderung lag bei 6 Mitarbeitern (4,3%) vor.

Die mittlere Berufsdauer der Probanden lag bei  $M=22,30$  Jahren (Range 0,5 – 50 Jahre, Standardabweichung,  $SD=1,94$ ), die mittlere Wochenarbeitszeit bei  $M=37,23$  Stunden (7-45 Stunden,  $SD=7,7$ ).

In den ärztlichen Untersuchungen ergaben sich folgende Werte: Kardiale Risikofaktoren (Hypercholesterinämie, arterielle Hypertonie, Diabetes mellitus, Nikotinabusus, KHK/Myokardinfarkte bei erstgradigen Familienangehörigen, Lebensalter, Adipositas) lagen bei 59 Probanden (41,8%) vor, ein Diabetes mellitus Typ 2 bei drei Probanden (2,1%).

Auch der Nikotinkonsum wurde erfragt: bei 67,4% der untersuchten Probanden waren 0 pack-years (py) beobachtbar. 11,6% zwischen 1 und 10 py, 13,5% mit >10 bis 20 py und 8,5% der Probanden mit > 20 py.

Der mittlere Anzahl von Leukozyten lag  $M=7.08$  Tsd./ $\mu\text{l}$  ( $SD=1,52$ ), die der eosinophilen Granulozyten bei  $M=0,15$  % (Anteil an Gesamtleukozytenzahl) ( $SD=0,11$ ). Kein untersuchter Beschäftigter hatte einen Leukozytenwert  $< 4$  Tsd./ $\mu\text{l}$  und 3 Beschäftigte (0,7%) hatten einen Wert  $\geq 11$ . Die Korrelation beider Werte mit Alter war nicht signifikant:  $r=-,04$  ( $p=.63$ ) mit der Leukozytenzahl sowie  $r=-,08$  ( $p=.32$ ) und den eosinophilen Granulozyten. Die Anzahl der Leukozyten korrelierte zur Telomerlänge mit  $r=-,14$  ( $p=.10$ ). Dieser negative Zusammenhang ist durch die erhöhte Zellteilungsrate bedingt. Je mehr Leukozyten gebildet werden, desto häufiger findet eine Zellteilung statt. Mit jeder Zellteilung werden die Telomere kürzer.

In Tabelle 1 sind die in unserer Studie berücksichtigten Variablen aufgeführt.

Tabelle 1: Deskriptive Statistik der soziodemographischen und Studienvariablen

	<b>M</b>	<b>Min</b>	<b>Max</b>	<b>SD</b>
Alter	44,14	18,00	69,00	12,35
BMI	25,65	18,29	43,97	4,30
Kardiales Risiko (0=nein / 1=ja)	,42	,00	1,00	,50
SOK gesamt	3,70	1,25	5,00	,65
SOK Selektion	3,39	1,00	5,00	,82
SOK Elekt. Selektion	3,25	1,00	5,00	,99
SOK Lossb. Selektion	3,53	1,00	5,00	,91
SOK: Optimierung	3,95	1,00	5,00	,93
SOK: Kompensation	4,05	1,67	5,00	,76
Soziale Unterstützung	3,06	1,50	4,00	,68
Lernanforderungen	3,84	1,00	5,00	1,01
Tätigkeitsspielraum (gesamt)	3,23	1,00	5,00	1,06
Work-Family-Konflikt	3,02	1,00	5,00	1,17
Zeitdruck	3,20	1,00	5,00	1,06
Ungünstige Umgebungsbedingungen	2,25	1,00	4,67	,97
Körperliche Belastungen	3,50	1,00	5,00	1,24
Telomerlänge	,96	,61	1,43	,17

*Anmerkung:* N=141; M Mean, SD Standardabweichung, Min – Max: Range Minimalwert Maximalwert.

In Tabellen 2 und 3 sind die Korrelationen zwischen den einzelnen Variablen und soziodemographischen Charakteristika dargestellt.

Tabelle 2: Zusammenhänge der soziodemographischen Merkmale und der Telomerlänge

	BMI	Nikotin	Schichtdienst (nein/ja)	Kardiales Risiko (nein/ja)	Diabetes mellitus (nein/ja)	Vollzeit/ Teilzeit	Arbeitszeit (in h/w)	Telomerlänge
Alter	,00	,08	-,06	,15	,09	,15	-,24**	-,36**
BMI		,10	,06	,47**	,21*	-,13	,18*	,00
Nikotin			,13	,52**	,01	-,04	,11	-,15
Schichtdienst (nein/ja)				,10	,07	-,11	,19*	-,04
Kardiales Risiko (nein/ja)					,17*	-,10	,17	-,09
Diabetes mellitus (nein/ja)						-,06	,05	-,10
Vollzeit/ Teilzeit							-,91**	-,12
Arbeitszeit (in h/w)								,15

Anmerkung: N=140; Pearson – Korrelationsindex, \*\* p < ,01, \* p < ,05.



Die negative Korrelation zwischen Alter und Telomerlänge ist signifikant ( $r=-.36$ ,  $p < .01$ ). Es ergeben sich zu ermittelter Telomerlänge zudem negative (aber nicht signifikante) Zusammenhänge zwischen kardialem Risiko, Diabetes mellitus, Schichtdienstmodell, wöchentlicher Arbeitszeit, Nikotinabusus und der Telomerlänge. Hypothese 1, der Zusammenhang zwischen Alter und Telomerlänge, konnte bestätigt werden: bei Probanden mit höherem Alter und längerer Berufsdauer wurden kürzere Telomere nachgewiesen.

Tabelle 3: Zusammenhänge den SOK-Strategien, den psychosozialen Arbeitsmerkmalen und der Telomerlänge

	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)	(13)	(14)
(1) Alter	,09	,01	,03	,00	,06	,18*	-,03	-,02	-,08	-,03	-,02	-,17	-,36**
(2) SOK gesamt		,83**	,63**	,82**	,75**	,73**	,31**	,44**	-,14	,40**	-,05	-,11	-,13
(3) SOK Selektion			,87**	,85**	,32**	,33**	,21*	,27**	-,17*	,21*	-,11	,02	-,09
(4) SOK Elekt. Selektion				,49**	,10	,16	,07	,11	-,26**	,12	-,08	,09	-,12
(5) SOK Verlustbasierte Selektion					,47**	,42**	,29**	,36**	-,03	,26**	-,11	-,06	-,04
(6) SOK: Optimierung						,65**	,34**	,37**	-,02	,42**	,13	-,25**	-,08
(7) SOK: Kompensation							,22**	,49**	-,08	,40**	-,08	-,10	-,17*
(8) Tätigkeitsspielraum (gesamt)								,30**	-,02	,29**	-,19*	-,33**	,00
(9) Lernanforderungen									,04	,30**	-,14	,01	,05
(10)Work-Family-Konflikt										-,39**	,24**	,26**	,14
(11)Soziale Unterstützung											-,11	-,27**	-,11
(12)Ungünstige Umgebungsbedingungen												,16	,03
(13)Körperliche Belastungen													,09
(14)Telomerlänge													

Anmerkung: N=140; Pearson – Korrelationsindex, \*\*  $p < ,01$ , \*  $p < ,05$ .

Weiterhin ergeben sich negative (aber nicht signifikante) Korrelationen für Telomerlänge und die SOK-Strategien (vgl. Tabelle 3). Der negative Zusammenhang zwischen Telomerlänge und Kompensation ist zudem signifikant ( $r=-,17$ ,  $p<0,5$ ). Positive, nicht-signifikante Korrelationen bestehen zwischen Telomerlänge und Lernanforderungen, Work-Family-Konflikten und ungünstigen Arbeitsbedingungen.

Es bestehen zudem Korrelationen zwischen den SOK-Strategien und den psychosozialen Arbeitsbedingungen. Die positiven Zusammenhänge zwischen SOK-Strategien insgesamt und Tätigkeitsspielräumen ( $r=,31$ ,  $p<,01$ ), Lernanforderungen ( $r=,44$ ,  $p<,01$ ) und sozialer Unterstützung ( $r=,40$ ,  $p<,01$ ) sind signifikant. Negative, aber nicht signifikante, Zusammenhänge bestehen zu Work-Family-Konflikten, ungünstigen Umgebungsbedingungen und körperlichen Belastungen. Zwischen der SOK-Subskala Selektion und Tätigkeitsspielräumen ( $r=,21$ ,  $p<,05$ ), Lernanforderungen ( $r=,27$ ,  $p<,01$ ) und sozialer Unterstützung ( $r=,21$ ,  $p<,05$ ) bestehen signifikante positive und zwischen Selektion und Work-Family-Konflikten ( $r=-,17$ ,  $p<,05$ ) ein signifikanter negativer Zusammenhang. Besonders auffällig sind der signifikante negative Zusammenhang zwischen elektiver Selektion und Work-Family-Konflikten ( $r=-,26$ ,  $p<,01$ ) und die signifikanten positiven Zusammenhänge zwischen verlustbasierter Selektion und Tätigkeitsspielräumen ( $r=,29$ ,  $p<,01$ ), Lernanforderungen ( $r=,36$ ,  $p<,01$ ) und sozialer Unterstützung ( $r=,26$ ,  $p<,01$ ). Ebenfalls signifikante positive Zusammenhänge bestehen zwischen der Kompensation und Tätigkeitsspielräumen ( $r=,34$ ,  $p<,01$ ), Lernanforderungen ( $r=,37$ ,  $p<,01$ ) und sozialer Unterstützung; zwischen Kompensation und körperlichen Belastungen ist ein signifikanter negativer Zusammenhang beobachtbar ( $r=-,25$ ,  $p<,01$ ).

Im nächsten Auswertungsschritt wurden die multivariaten Zusammenhänge zwischen den Studienvariablen sowie der Telomerlänge berechnet. Tabelle 4 zeigt diese Zusammenhänge der SOK-Strategien mit der Telomerlänge (Überprüfung Hypothese 3). Als Einflussvariablen (potentielle Confounder) wurden Alter, Nikotinabusus und die Arbeitszeit berücksichtigt. Es bestehen negative Zusammenhänge zwischen den einzelnen SOK-Strategien (elektive und verlustbasierte Selektion, Optimierung, Kompensation) und der Telomerlänge. Jedoch tendiert nur der negative Zusammenhang zwischen Kompensation und Telomerlänge in Nähe des Signifikanzniveaus ( $\beta=-,10$ ,  $p<,10$ ).

Tabelle 4 Multivariate Regressionsanalysen von SOK Strategien und Telomerlänge (Hypothese 3)

		<b>Multivariate Zusammenhangs-Analyse Outcome Telomere-Länge</b>	
	Prädiktoren	$\beta$ [Ohne Alter]	$\beta$ [mit Alter]
SOK-Gesamt	Nikotin (py)	-,17*	-,14~
	Arbeitszeit	,15~	,06
	Alter		-,32**
	SOK-Gesamt	-,10	-,09
SOK: Selektion	Nikotin (py)	-,18*	-,14~
	Arbeitszeit	,16~	,07
	Alter		-,33**
	SOK-Selektion	-,07	-,08
SOK: Elektive Selektion	Nikotin (py)	-,18*	-,14~
	Arbeitszeit	,15~	,06
	Alter		-,33**
	SOK-Elekt. Selektion	-,09	-,10
SOK: Verlustbasierte Selektion	Nikotin (py)	-,18*	-,14~
	Arbeitszeit	,16~	,08
	Alter		-,33**
	SOK-Verlustbasierte Selektion	-,02	-,03
SOK: Optimierung	Nikotin (py)	-,18*	-,14~
	Arbeitszeit	,16~	,08
	Alter		-,33
	SOK-Optimierung	-,05	-,04
SOK: Kompensation	Nikotin (py)	-,17*	-,14~
	Arbeitszeit	,15~	,07
	Alter		-,31**
	SOK-Kompensation	-,15~	-,10

*Anmerkung:*  $\beta$ =Standardisierter Regressionskoeffizient; N=141; Prädiktoren standardisiert. ~  $p < ,10$ , \*  $p < ,05$ , \*\*  $p < ,01$ .

In Tabelle 5 sind die Zusammenhänge zwischen den berichteten psychosozialen Arbeitsbedingungen und der Telomerlänge dargestellt (Überprüfung Hypothese 2). Es ergeben sich negative Zusammenhänge zwischen Tätigkeitsspielraum sowie sozialer Unterstützung zur Telomerlänge. Zudem ergeben sich positive Zusammenhänge zwischen Lernanforderungen, Zeitdruck, Work-Family-Konflikten, ungünstigen Arbeitsbedingungen und körperlichen Belastungen zur Telomerlänge. Keiner der genannten Zusammenhänge ist jedoch signifikant.

Tabelle 5: Multivariate Regressionsanalysen von Arbeitsmerkmalen und Telomerlänge (Hypothese 2)

		<b>Multivariate Zusammenhangs-</b>	
		<b>Analyse</b>	
		<b>Outcome Telomerlänge</b>	
	<b>Prädiktoren</b>	<b>[Ohne Alter]</b>	<b>[mit Alter]</b>
Tätigkeitsspielraum	Nikotin (py)	-,18	-,15~
	Arbeitszeit	,17	,08
	Alter		-,33**
	Tätigkeitsspielraum	-,03	-,03
Lernanforderungen	Nikotin (py)	-,19*	-,15~
	Arbeitszeit	,17~	,08
	Alter		-,33**
	Lernanforderungen	,06	,05
Soziale Unterstützung	Nikotin (py)	-,18*	-,13
	Arbeitszeit	,16~	,08
	Alter		-,33**
	Soziale Unterstützung	-,08	-,10
Zeitdruck	Nikotin (py)	-,18*	-,14~
	Arbeitszeit	,16~	,07
	Alter		-,33**
	Zeitdruck	,03	,04
Work-Family-Konflikt	Nikotin (py)	-,19*	-,16~
	Arbeitszeit	,13	,05
	Alter		-,32**
	Work-Family-Konflikt	,13	,12
Ungünstige Umgebungsbedingungen	Nikotin (py)	-,18*	-,15~
	Arbeitszeit	,16~	,08
	Alter		-,33**
	Ungünstige Umgebungsbedingungen	,04	,04
Körperliche Belastungen	Nikotin (py)	-,19*	-,15~
	Arbeitszeit	,16~	,08
	Alter		-,32**
	Körperliche Belastungen	,10	,06

Anmerkung: N=141; Standardisierter Regressionskoeffizient; Prädiktoren standardisiert. ~ p < .10, \* p < ,05, \*\* p < ,01

Im letzten Analyseschritt wurde der Frage nachgegangen, ob der Zusammenhang von Alter und Telomerlänge durch die Anwendung von SOK-Strategien bzw. den psychosozialen Arbeitsbedingungen beeinflusst wird (Hypothese 4). Tabelle 6 zeigt die Ergebnisse der multivariaten Regressionsanalysen. Es ergeben sich zwar ein sowohl durch SOK-Strategien, als auch durch die psychosozialen Arbeitsbedingungen moderierte Zusammenhänge zwischen Alter und Telomerlänge,

allerdings liegen die Zusammenhänge nicht im signifikanten Bereich. Der Einfluss der Anwendung von SOK-Strategien liegt gleichfalls nicht im signifikanten Bereich. Der Einfluss der psychosozialen Arbeitsbedingungen Tätigkeitsspielraum und Lernanforderungen ist zwar jeweils relevant, jedoch ebenfalls nicht signifikant.

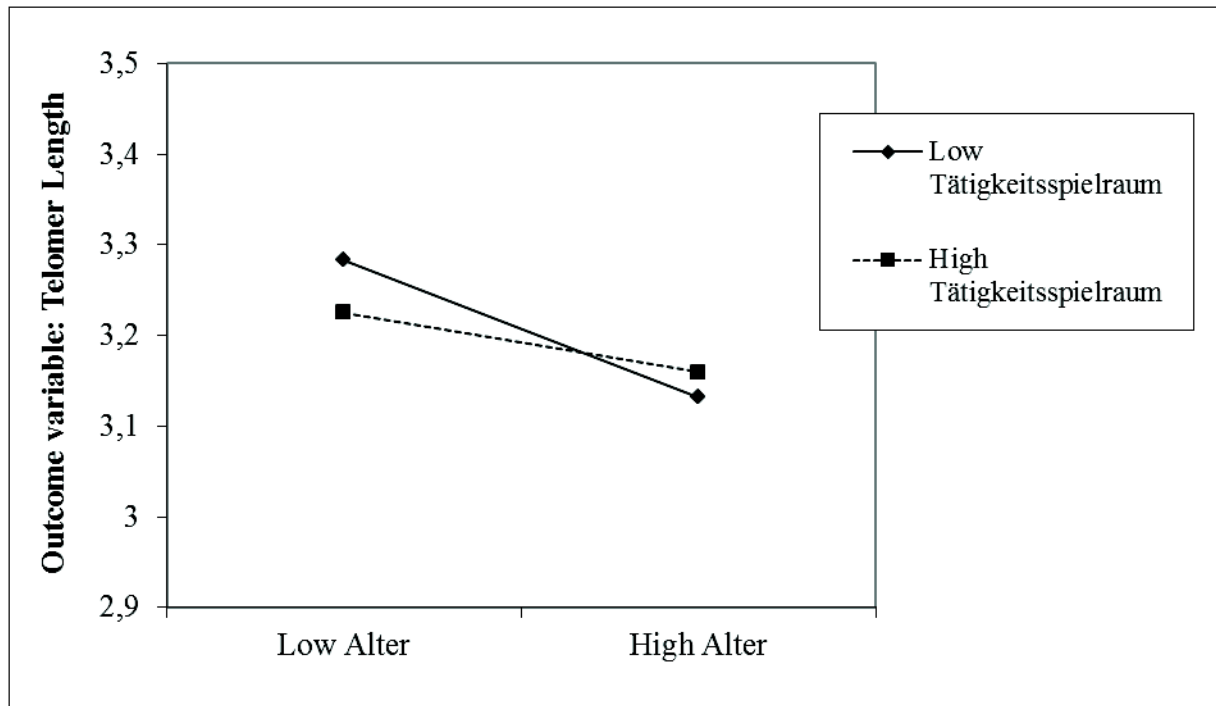
Tabelle 6: Test der Interaktionen zur Moderation des Zusammenhangs von Alter und Telomerlänge durch SOK Strategien und die psychosozialen Arbeitsbedingungen (Hypothese 4)

<b>Multivariate Zusammenhangs-Analyse</b>		
<b>Outcome Telomere-Länge</b>		
Prädiktor	Prädiktor	$\beta$ [Interaktionsterm]
Alter	SOK Gesamt	,06, n.s.
	SOK-Selektion	,02, n.s.
	SOK-Optimierung	,06, n.s.
	SOK-Kompensation	,08, n.s.
Alter	Tätigkeitsspielraum	,11, n.s.
	Lernanforderungen	,11, n.s.
	Soziale Unterstützung	,04, n.s.
	Zeitdruck	,05, n.s.
	Work-Family-Konflikt	-,09, n.s.
	Ungünstige	,04, n.s.
	Umgebungsbedingungen	
	Körperliche Belastungen	-,06, n.s.

Anmerkung: N=141; adjustiert für Nikotin (py) und Arbeitszeit; n.s. nicht signifikant

Um die mögliche Plausibilität der nicht-signifikanten Interaktionen visuell zu prüfen, wurden zwei ausgewählte Interaktionen noch grafisch dargestellt. Abbildung 1 zeigt die Moderation des Zusammenhangs von Alter und Telomerlänge durch den Tätigkeitsspielraum:

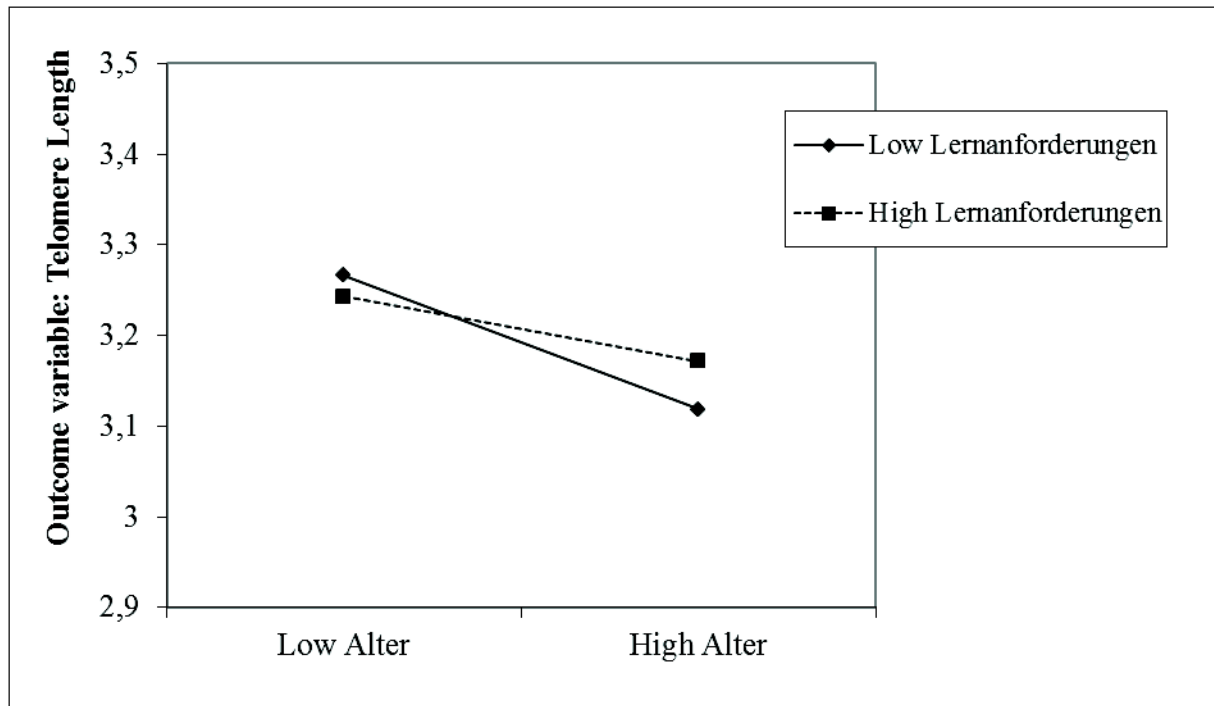
Abbildung 1 Moderation des Zusammenhanges von Alter und Telomerlänge durch den Tätigkeitsspielraum



Die Abbildung zeigt, dass tendenziell ein hoher Tätigkeitsspielraum am Arbeitsplatz einen hohen Einfluss auf den Zusammenhang zwischen Alter und Telomerlänge, und damit auf die biologische Alterung ausübt; das Regressionsgewicht des Zusammenhangs ist geringer, d.h. der Graph verläuft flacher. Geringe Tätigkeitsspielräume üben einen sichtbar geringen Einfluss auf die biologische Alterung aus.

Weiterhin wurde auch der Moderationseffekt von Lernanforderungen für den Zusammenhang von Alter und Telomerlänge grafisch dargestellt. Abbildung 2 zeigt die Ergebnisse:

Abbildung 2 Moderationseffekt von Lernanforderungen für den Zusammenhang von Alter und Telomerlänge



Bei untersuchten Personen mit niedrigeren Lernanforderungen fällt der Zusammenhang zwischen Alter und Telomerlänge schwächer aus. Bei Beschäftigten mit geringeren Lernanforderungen am Arbeitsplatz ist der Zusammenhang tendenziell stärker.

#### 4 Diskussion

In dieser Studie untersuchten wir die Frage, ob bei Beschäftigten in alterskritischen Berufsfeldern (Pflegepersonal, Reinigungspersonal und Küchenpersonal in Altenpflegeeinrichtungen) Zusammenhänge zwischen Alter, Berufsdauer und Telomerlänge zu beobachten sind. Zudem prüften wir, ob Zusammenhänge zwischen den psychosozialen Arbeitsbedingungen der Beschäftigten und der Telomerlänge, sowie zwischen der Anwendung von SOK-Strategien und Telomerlänge bestehen. Zuletzt gingen wir der Frage nach, ob der Zusammenhang zwischen Alter und Telomerlänge durch SOK-Strategien und Arbeitsbedingungen moderiert wird.

Zu Hypothese 1 (Es besteht ein Zusammenhang zwischen Alter und Telomerlänge): Der Zusammenhang zwischen Alter und Telomerlänge konnte bestätigt werden: bei Probanden mit höherem Alter und längerer Berufsdauer wurden kürzere Telomere nachgewiesen ( $r=-,36$ ,  $p<,01$ ). Diese Ergebnisse wurden bereits durch Studien belegt (Blackburn, Greider et al. 2006, Aubert and



Lansdorp 2008). Unser Vorgehen sowie die gemessenen Werte der Telomere sind daher als valide einzuschätzen.

Zudem ergaben sich negative (aber nicht signifikante) Zusammenhänge zwischen kardiovaskulärem Risiko, Diabetes mellitus, Schichtdienstmodell, wöchentlicher Arbeitszeit, Nikotinabusus und der Telomerlänge. Bei Mitarbeitern mit erhöhtem kardiovaskulärem Risiko wurden kürzere Telomere nachgewiesen, als bei Mitarbeitern, bei denen keine kardiovaskulären Risikofaktoren vorlagen. Diese Ergebnisse sind auch bereits in andere Studien beobachtet worden (Demissie, Levy et al. 2006, Brouillette, Whittaker et al. 2008, Nilsson, Tufvesson et al. 2013, Masi, D'Aiuto et al. 2014, D'Mello, Ross et al. 2015). Auch hier wurden bei Patienten mit erhöhtem kardiovaskulärem Risiko verkürzte Telomere gemessen. Wir konnten bei Beschäftigten mit bekanntem Typ 2 Diabetes verkürzte Telomere nachweisen. Diese Daten stimmen ebenfalls mit denen anderer Studien überein (Willeit, Raschenberger et al. 2014, D'Mello, Ross et al. 2015). In unserer Studie wurden bei in Schichtdienst tätigen Mitarbeitern, sowie bei einer höheren wöchentlichen Arbeitszeit verkürzte Telomere nachgewiesen. Diese Ergebnisse decken sich mit bereits berichteten Ergebnissen (Parks, DeRoo et al. 2011).

Eine besondere Rolle kommt dem Nikotinabusus zu. Wir konnten bei Rauchern kürzere Telomere als bei Nichtrauchern nachweisen. Zu diesem Ergebnis kamen bereits frühere Studien (Valdes, Andrew et al. 2005, Latifovic, Peacock et al. 2015). Rauchen übt einen chronischen oxidativen Stress aus, durch den es zur Verkürzung der Telomere kommt (Zhang, Rane et al. 2016). In unserer Studie konnten wir zwar einen negativen, aber nicht signifikanten Zusammenhang zwischen Raucherstatus und Telomerlänge darstellen. In unserem Sample haben wir bei 67.4% der Befragten einen Nie-Raucher-Status erhoben. Laut dem Bundesministerium für Gesundheit rauchen derzeit in Deutschland etwa 29,7% der Bevölkerung (Stand: August 2015) (Bundesministerium für Gesundheit, 2016). Diese Zahlen stimmen in etwa mit den von uns erhobenen überein. Es könnte jedoch zu einer Verfälschung der von uns anamnestisch erhobenen Anzahl der pack-years gekommen sein, da diese Auskunft im persönlichen Gespräch erhoben wurde. In künftigen Studien sollte diese Information in schriftlicher Form, beispielsweise in einem Fragebogen, erhoben werden. Hier sollte dann auch speziell auf das Raucherverhalten in verschiedenen Lebensabschnitten (letzte 5 Jahre, letzte 10 Jahre, etc.) eingegangen werden.

Zu Hypothese 2 (es besteht ein Zusammenhang zwischen psychosozialen Arbeitsbedingungen und der Telomerlänge):

In unserer Studie wurden verschiedene psychosoziale Arbeitsbedingungen, wie hoher oder niedriger Tätigkeitsspielraum, hohe oder niedrige Lernanforderungen, soziale Unterstützung, Work-Family-

Konflikte, Zeitdruck, ungünstige Umgebungsbedingungen (wie Lärm und klimatische Bedingungen) und körperliche Belastung mittels eines standardisierten Befragungsverfahrens (TAA-KH-S) (Büssing 2002) erhoben. Als besonders hoch wurden Tätigkeitsspielräume (M= 3,23, SD 0,97) und Lernanforderungen (M= 3,84, SD= 1,01) beurteilt. Als besonders gering wurden ungünstige Umgebungsbedingungen (M= 2,25, SD= 0,97), Work- Family- Konflikte (M= 3,02, SD= 1,17) und soziale Unterstützung (M= 3,06, SD= 0,68) eingestuft. Die von uns untersuchten Mitarbeiter gaben also eher hohe Tätigkeitsspielräume und Lernanforderungen bei eher guten Umgebungsbedingungen an. Die Voraussetzungen für den Einsatz von SOK- Strategien sind also gegeben (Mueller 2013).

Bezüglich dieser psychosozialen Arbeitsbedingungen ergeben sich negative, aber nicht signifikante, Zusammenhänge zwischen Tätigkeitsspielraum, sozialer Unterstützung und der Telomerlänge. Diese Ergebnisse widersprechen dem finnischen Sample (Ahola, Siren et al. 2012). Dort fanden sich bei Beschäftigten mit arbeitsinduzierter Belastung kürzere Telomere. Die arbeitsbedingte Belastung wurde in der finnischen Studie mittels Maslach-Burnout- Inventory-General Survey (MBI-GS) ermittelt. Eine genauere Einteilung der Arbeitsbedingungen erfolgte nicht. Möglicherweise stimmen unsere Ergebnisse aus diesem Grund nicht mit denen von Ahola et al. (2012) überein. Es wurden unterschiedliche Faktoren der psychosozialen Arbeitsumwelt ermittelt (Burnout ist eine arbeitsbezogene Fehlbeanspruchung) die Vergleichbarkeit ist dadurch eingeschränkt. In einer weiteren Studie (Mueller 2013) wurde beschrieben, dass ein hoher Tätigkeitsspielraum am Arbeitsplatz erst die Anwendung von SOK-Strategien ermöglicht und als Zeichen eines altersgerechten Arbeitsplatzes gilt bzw. die Funktionsfähigkeit im Alter besonders erhält. Dies lässt sich durch unsere Ergebnisse nicht bestätigen. Eine mögliche Erklärung ist, dass die Tätigkeitsspielräume der von uns untersuchten Mitarbeiter zu gering sind, um eine relevante Anwendung von SOK-Strategien zu ermöglichen. Zudem haben bisherige Untersuchungen als Indikator arbeitsbezogener Funktionsfähigkeit sich mehrheitlich auf die Arbeitsfähigkeit beschränkt, die (selbstberichtet oder fremdbeurteilt) eventuell sensitiver ist als die hier gemessene Telomerlänge.

Zudem fanden wir positive Zusammenhänge zwischen Lernanforderungen, Zeitdruck, Work-Family-Konflikten, ungünstigen Arbeitsbedingungen, körperlichen Belastungen und der Telomerlänge. Der positive Zusammenhang zwischen Lernanforderungen und Telomerlänge ist erklärbar, da ein an die Möglichkeiten des Beschäftigten angepasstes anspruchsvolles Arbeitsumfeld, in dem das Erlernen von neuen Fertigkeiten möglich ist, als positiv wahrgenommen wird (Mueller 2013). Hier ist also mit alterngünstigen Bedingungen zu rechnen.

Möglicherweise ist auch der Einfluss der von uns untersuchten Arbeitsbedingungen im Vergleich zu anderen chronischen Stressoren wie Alter oder Nikotinabusus zu gering, um einen messbaren Effekt

auf die Telomerlänge auszuüben. Die von uns untersuchten Stressoren haben eventuell eine zu geringe Bedeutung für den biologischen Alterungsprozess. Eine weitere Möglichkeit wäre eine methodische Unsauberkeit im Sinne eines „healthy worker effect“; es könnte sein, dass Beschäftigte, die durch verschiedene psychosoziale Arbeitsbedingungen besonders beansprucht werden, bereits aus dem Beruf ausgeschieden sind, und unserem Kollektiv nicht mehr zur Verfügung standen. Zudem haben wir eine Beurteilung der Arbeitsbedingungen durch den Selbstbericht der Beschäftigten vornehmen lassen. Eine gute Möglichkeit wäre hier, die Arbeitsbedingungen durch einen externen Beobachter zu erfassen.

Zu Hypothese 3 (Es besteht ein Zusammenhang zwischen der Anwendung von SOK-Strategien und der Telomerlänge): Zwischen der Anwendung von SOK-Strategien (elektive und verlustbasierte Selektion, Optimierung, Kompensation) und der Telomerlänge bestehen negative, aber nicht-signifikante Zusammenhänge. In den multivariaten Analysen wurden als Einflussvariablen (potentielle Drittvariablen) Alter, Nikotinabusus und die Arbeitszeit berücksichtigt. Auch nach dieser Adjustierung ergaben sich keine signifikanten Zusammenhänge zwischen den alternsgünstigen Handlungsstrategien und der Telomerlänge. Möglicherweise wird durch die Anwendung von SOK-Strategien ein zu kurzfristiger Ausgleich geschaffen, um sich auf die Telomerlänge auswirken zu können, und deshalb war ein positiv wirkender Einfluss von SOK-Strategien nicht nachzuweisen.

Auch die individuelle Betrachtung der einzelnen SOK-Strategien brachte keine Ergebnisse: allein der negative Zusammenhang zwischen Kompensation und Telomerlänge war in Nähe des Signifikanzniveaus ( $r=-.10$ ). Dies deutet darauf hin, dass Beschäftigte mit Kompensationsverhaltensweisen mehr Stress berichten. Möglicherweise werden Kompensationsmechanismen erst dann genutzt, wenn andere Möglichkeiten (wie Selektion und Optimierung) nicht möglich sind. Eine weitere Möglichkeit ist, dass Kompensation als typische alterssensitive Handlungsstrategie zu sehen ist, also nur von älteren Beschäftigten praktiziert wird.

Zu diskutieren wäre auch, ob nicht das zunehmende Alter der Beschäftigten den Einsatz von SOK-Strategien bedingt, sondern Einschränkungen am Arbeitsplatz. Dadurch wäre zu erklären, warum das Alter der Beschäftigten nicht mit dem Einsatz von SOK-Strategien zusammenhängt. In diesem Falle würden jüngere und ältere Mitarbeiter in gleichem Maße Handlungsstrategien wie Selektion, Optimierung und Kompensation anwenden. Inwieweit das kalendarische oder funktionale Alter der Beschäftigten mit dem Einsatz von SOK-Strategien zusammenhängt, sollte in kommenden Studien untersucht werden. Eine weitere Überlegung ist, dass die Mitarbeiter unseres Kollektivs SOK-Strategien nicht in hohem Maße eingesetzt haben, und sich aufgrund dessen kein relevanter Effekt auf die Telomerlänge nachweisen ließ.

Zu Hypothese 4 (Der Zusammenhang zwischen Alter und Telomerlänge wird durch SOK-Strategien und psychosoziale Arbeitsbedingungen moderiert): Unsere multivariaten Ergebnisse zeigen zwar sowohl durch die psychosozialen Arbeitsbedingungen, als auch in geringerem Maße durch SOK-Strategien moderierte Zusammenhänge zwischen Alter und Telomerlänge; allerdings liegen die Zusammenhänge nicht im signifikanten Bereich. Der Einfluss der psychosozialen Arbeitsbedingungen Tätigkeitsspielraum und Lernanforderungen ist zwar jeweils beobachtbar, jedoch ebenfalls nicht signifikant. Dennoch scheinen dies die Variablen mit dem höchsten Einfluss auf den Zusammenhang zwischen Alter und Telomerlänge zu sein. Die psychosozialen Bedingungen am Arbeitsplatz üben also wahrscheinlich einen Einfluss auf die biologische Alterung aus – dieser fällt aber im Vergleich zu den anderen Einflussfaktoren – wie Alter und Rauchen – gering aus. SOK-Strategien kommt dabei nach unseren Ergebnissen nur eine untergeordnete Rolle in der Bestimmung der Telomerlänge zu. Mögliche Erklärungen sind, dass Arbeitsbedingungen wie Lernanforderungen oder Tätigkeitsspielräume dauerhaft am Arbeitsplatz vorhanden sind, und sich innerhalb des täglichen Arbeitsumfeldes wenig ändern. Die Anwendung von SOK-Strategien hängt eventuell hingegen von sich täglich ändernden Variablen wie individuellem Arbeitsaufkommen, Personaldichte, Früh-, Spät-, oder Nachtschicht und zusätzlich einwirkenden Faktoren wie Angehörigengesprächen oder Visiten ab. SOK-Strategien könnten also ein sich ständig verändernder und nicht dauerhaft genug wirkender Faktor sein, um auf die biologische Alterung Einfluss zu nehmen. Tätigkeitsspielräume und Lernanforderungen scheinen durch ihre dauerhafte Einflussnahme auf das Arbeitsumfeld auch einen Effekt auf den Zusammenhang zwischen Alter und Telomerlänge ausüben zu können.

#### 4.1 Limitationen

Zu dieser Studie bestehen verschiedene Limitationen: Zum einen ist die Probandenzahl mit 141 geringer, als bei anderen Studien zur Identifikation berufsbezogener Belastungen und der Telomerlänge (Parks, DeRoo et al. 2011, Ahola, Siren et al. 2012). Parks et al. (2011) schlossen 608, Ahola et al. (2012) 2911 Personen ein. Angesichts der beobachteten schwachen Zusammenhänge war mit einer höheren Anzahl an Studienteilnehmern die statistische Power bzw. damit der Einfluss der psychosozialen Arbeitsbedingungen auf die Telomerlänge eventuell signifikant ausgefallen; auch der Einfluss der SOK-Strategien auf die Telomerlänge wäre bei einer höheren Teilnehmerzahl eventuell signifikant ausgefallen. Zum anderen besteht in unserer Studie möglicherweise ein „healthy worker effect“ der Teilnehmer. Es wurde also möglicherweise eine zu gesunde Auswahl an Probanden untersucht.

Ältere Beschäftigte in alternskritischen Berufsfeldern haben oft einen schlechteren Gesundheitszustand, und geben ihren Beruf früher auf (Camerino, Conway et al. 2008). In dem von uns untersuchten Kollektiv könnten also vermehrt jüngere bzw. gesündere Beschäftigte teilgenommen haben. Zukünftige Studien sollten also ein größeres Kollektiv über einen längeren Zeitraum hinweg untersuchen. Auffällig ist, dass sich negative Zusammenhänge zwischen der Anwendung von SOK-Strategien und Telomerlänge ergeben haben. Möglicherweise ist der Zeitpunkt des Einsetzens von SOK-Strategien relevant. Es wäre zu überlegen, ob Beschäftigte, die bereits ihr gesamtes Berufsleben regelmäßig diese Strategien einsetzen andere Ergebnisse zeigen als Beschäftigte, die dies nur in beruflich schwierigen Situationen tun. Zu Zeitpunkt und Dauer des Einsatzes von SOK-Strategien haben wir keine Daten erhoben; deshalb können wir zu dieser Überlegung keine Aussage treffen. Gleiches gilt für die psychosozialen Arbeitsbedingungen. Wir haben keine Aussage über die Dauer bzw. Intensität der Exposition der abgefragten Arbeitsbedingungen; sie spiegeln lediglich die Situation zum Zeitpunkt der Befragung wider. Auch können SOK-Kriterien nur dann erfolgreich angewendet werden, wenn der Beruf ausreichende Tätigkeitsspielräume dafür bietet (Mueller 2013). Zum tatsächlichen bzw. objektivierten Ausmaß der Tätigkeitsspielräume wie auch der anderen psychosozialen Arbeitsbedingungen liegen uns keine Daten vor. Mit genaueren Angaben über Dauer und Ausmaß der abgefragten Arbeitsbedingungen ließe sich eventuell der positive Zusammenhang zur Telomerlänge detaillierter darstellen. Des Weiteren wurden die Daten zu SOK-Strategien und psychosozialen Arbeitsbedingungen über einen durch die Probanden selbstausgefüllten Fragebogen erhoben. Dies könnte durch verfälschte Darstellungen zu falschen Zusammenhängen zwischen den Studienvariablen geführt haben (Podsakoff, MacKenzie et al. 2003). Da man sich hier also auf die Eigenwahrnehmung der Probanden verlassen muss, könnten die daraus gewonnen Ergebnisse angezweifelt werden. Es wurde jedoch durch eine andere Studie bestätigt, dass eine solche Form der Datenerhebung eine aussagekräftige Darstellung der Arbeitssituation liefert (Büssing 2002). Möglicherweise übt die Anwendung von SOK-Strategien auch nur einen zeitlich zu sehr begrenzten Einfluss aus, um eine Moderation auf den Zusammenhang zwischen Alter und Telomerlänge auszuüben. Die Anwendung von SOK-Strategien hängt von verschiedenen, sich täglich ändernden Bedingungen des Arbeitsumfeldes ab (beispielsweise Personaldichte, individuelles Arbeitsaufkommen oder Angehörigengespräche). Es besteht also keine konstante bzw. chronische Einwirkung auf die Beschäftigten. Die Telomerlänge bildet einen langen Zeitraum ab, sodass der Einfluss von SOK-Strategien wahrscheinlich nicht hierauf abgebildet werden kann.

## 4.2 Implikationen für Forschung und arbeitsmedizinische Praxis

Implikationen für die Forschung: Unsere Studie ist als Pilotstudie zu sehen. In folgenden Studien sollte auf eine größere Probandenanzahl geachtet werden. Zudem sollte für die Abfrage psychosozialer Arbeitsbedingungen und der SOK-Strategien einheitliche Fragebögen verwendet werden, um einen Vergleich zwischen den Studien zu ermöglichen. Die Ausfertigung der Fragebögen in verschiedenen Sprachen (z.B. Kroatisch, serbisch, polnisch, türkisch oder russisch) wäre zu überlegen, um den Mitarbeitern mit Migrationshintergrund die Beantwortung der Fragen zu erleichtern. Gerade was die Abfrage medizinischer Daten (z.B. kardiovaskuläre Risikofaktoren, Raucherstatus, etc.) sollte auf offene Fragestellungen und eine Anamneseerhebung durch den Untersucher verzichtet werden. Besser wäre ein vorgefertigter Anamnesebogen, auf dem der Mitarbeiter selbst Fragen zu seiner medizinischen Vorgeschichte und dem Raucherstatus mittels geschlossener Fragen zum Ankreuzen beantwortet. So könnten die Antwortmöglichkeiten eingeschränkt und vereinheitlicht werden. Zudem wäre es wichtig, den genauen Zeitpunkt und die Dauer des Einsatzes von SOK-Strategien abzufragen, z.B. „täglich“, „mehr als 3 Mal pro Woche“, „weniger als 3 Mal pro Woche“, etc. so eingeschätzt werden, ob SOK-Strategien dauerhaft, oder nur situativ eingesetzt werden. Hiermit wäre eine Einschätzung zur Relevanz der Handlungsstrategien auf die biologische Alterung möglicherweise besser identifizier- und abschätzbar.

Implikationen für die Praxis: Unsere Ergebnisse implizieren, dass die Förderung von Lernanforderungen und Tätigkeitsspielräumen am Arbeitsplatz möglicherweise einen positiven Effekt auf die biologische Alterung hat. Bei der (Um-) Gestaltung von alternskritischen Arbeitsplätzen und Arbeitsbereichen sollten diese Ergebnisse berücksichtigt werden, um eine Gesunderhaltung am Arbeitsplatz zu fördern und einer verstärkten biologischen Alterung entgegen zu wirken.

## 4.3 Schlussfolgerung

Die Ergebnisse unserer Studie bei Beschäftigten in der Altenpflege zeigen nicht, dass eine Korrelation zwischen psychosozialen Arbeitsbedingungen und Telomerlänge besteht, und dass diese Arbeitsbedingungen durch eine Moderation des Zusammenhangs zwischen Alter und Telomerlänge auf den Alterungsprozess Einfluss haben. Der Anwendung von SOK-Strategien scheint in Bezug auf die biologische Alterung nur eine untergeordnete Rolle zuzukommen. Es werden jedoch weitere Studien mit einer größeren Probandenzahl notwendig sein, um diese Zusammenhänge weiter zu untersuchen und zu bestätigen.

## 5 Zusammenfassung

In dieser Studie untersuchten wir die Frage, ob bei Beschäftigten in alternskritischen Berufsfeldern (Pflegepersonal, Reinigungspersonal und Küchenpersonal in Altenpflegeeinrichtungen) Zusammenhänge zwischen Alter, Berufsdauer und Telomerlänge zu beobachten sind. Zudem prüften wir, ob Zusammenhänge zwischen den psychosozialen Arbeitsbedingungen der Beschäftigten und der Telomerlänge, sowie zwischen der Anwendung von SOK-Strategien und Telomerlänge bestehen. Zuletzt gingen wir der Frage nach, ob der Zusammenhang zwischen Alter und Telomerlänge durch SOK-Strategien und Arbeitsbedingungen moderiert wird.

Der Zusammenhang zwischen Alter und Telomerlänge konnte bestätigt werden: bei Probanden mit höherem Alter und längerer Berufsdauer wurden kürzere Telomere nachgewiesen ( $r=-,36$ ,  $p<,01$ ). Diese Ergebnisse wurden bereits durch Studien belegt. Unser Vorgehen sowie die gemessenen Werte der Telomere sind daher als valide einzuschätzen.

In unserer Studie wurden verschiedene psychosoziale Arbeitsbedingungen, wie hoher oder niedriger Tätigkeitsspielraum, hohe oder niedrige Lernanforderungen, soziale Unterstützung, Work-Family-Konflikte, Zeitdruck, ungünstige Umgebungsbedingungen (wie Lärm und klimatische Bedingungen) und körperliche Belastung mittels eines standardisierten Befragungsverfahrens (TAA-KH-S) erhoben. Bezüglich dieser psychosozialen Arbeitsbedingungen ergeben sich negative, aber nicht signifikante, Zusammenhänge zwischen Tätigkeitsspielraum, sozialer Unterstützung und der Telomerlänge. Zudem fanden wir positive Zusammenhänge zwischen Lernanforderungen, Zeitdruck, Work-Family-Konflikten, ungünstigen Arbeitsbedingungen, körperlichen Belastungen und der Telomerlänge.

Zwischen der Anwendung von SOK-Strategien (elektive und verlustbasierte Selektion, Optimierung, Kompensation) und der Telomerlänge bestehen negative, aber nicht-signifikante Zusammenhänge. In den multivariaten Analysen wurden als Einflussvariablen (potentielle Drittvariablen) Alter, Nikotinabusus und die Arbeitszeit berücksichtigt. Auch nach dieser Adjustierung ergaben sich keine signifikanten Zusammenhänge zwischen den alternsgünstigen Handlungsstrategien und der Telomerlänge.

Unsere multivariaten Ergebnisse zeigen zwar sowohl durch die psychosozialen Arbeitsbedingungen, als auch in geringerem Maße durch SOK-Strategien moderierte Zusammenhänge zwischen Alter und Telomerlänge; allerdings liegen die Zusammenhänge nicht im signifikanten Bereich. Der Einfluss der psychosozialen Arbeitsbedingungen, Tätigkeitsspielraum und Lernanforderungen ist zwar jeweils beobachtbar, jedoch ebenfalls nicht signifikant. Dennoch scheinen dies die Variablen mit dem höchsten Einfluss auf den Zusammenhang zwischen Alter und Telomerlänge zu sein. Die psychosozialen Bedingungen am Arbeitsplatz üben also wahrscheinlich einen Einfluss auf die

biologische Alterung aus – dieser fällt aber im Vergleich zu den anderen Einflussfaktoren – wie Alter und Rauchen – gering aus. SOK-Strategien kommt dabei nach unseren Ergebnissen nur eine untergeordnete Rolle in der Bestimmung der Telomerlänge zu.

Die Ergebnisse unserer Studie bei Beschäftigten in der Altenpflege zeigen nicht, dass eine Korrelation zwischen psychosozialen Arbeitsbedingungen und Telomerlänge besteht, und dass diese Arbeitsbedingungen durch eine Moderation des Zusammenhangs zwischen Alter und Telomerlänge auf den Alterungsprozess Einfluss haben. Der Anwendung von SOK-Strategien scheint in Bezug auf die biologische Alterung nur eine untergeordnete Rolle zuzukommen. Es werden jedoch weitere Studien mit einer größeren Probandenzahl notwendig sein, um diese Zusammenhänge weiter zu untersuchen und zu bestätigen.



## 6 Literaturverzeichnis

- Abraham, J. D. and R. O. Hansson (1995). "Successful aging at work: an applied study of selection, optimization, and compensation through impression management." *J Gerontol B Psychol Sci Soc Sci* 50(2): P94-103.
- Ahlstrom, L., A. Grimby-Ekman, M. Hagberg and L. Dellve (2010). "The work ability index and single-item question: associations with sick leave, symptoms, and health--a prospective study of women on long-term sick leave." *Scand J Work Environ Health* 36(5): 404-412.
- Ahola, K., I. Siren, M. Kivimaki, S. Ripatti, A. Aromaa, J. Lonnqvist and I. Hovatta (2012). "Work-related exhaustion and telomere length: a population-based study." *PLoS One* 7(7): e40186.
- Aubert, G. and P. M. Lansdorp (2008). "Telomeres and aging." *Physiol Rev* 88(2): 557-579.
- Baltes, B. B., & Dickson, M. W. (2001). "Using life-span models in industrial-organizational psychology: The theory of selective optimization with compensation." *Applied Developmental Science* 5(1): 51-56.
- Baltes, M. M. and F. R. Lang (1997). "Everyday functioning and successful aging: the impact of resources." *Psychol Aging* 12(3): 433-443.
- Baltes, P. B. (1999). "Alter und Altern als unvollendete Architektur der Humanontogenese." *Zeitschrift für Gerontologie und Geriatrie* 32(6): 433-448.
- Baltes, P. B., & Baltes, M. M (1990). "Psychological perspectives on successful aging: The model of selective optimization with compensation." *Successful aging: Perspectives from the behavioral sciences*, 1: 1-34.
- Blackburn, E. H., C. W. Greider and J. W. Szostak (2006). "Telomeres and telomerase: the path from maize, Tetrahymena and yeast to human cancer and aging." *Nat Med* 12(10): 1133-1138.
- Brouillette, S. W., A. Whittaker, S. E. Stevens, P. van der Harst, A. H. Goodall and N. J. Samani (2008). "Telomere length is shorter in healthy offspring of subjects with coronary artery disease: support for the telomere hypothesis." *Heart* 94(4): 422-425.
- Büssing, A., & Glaser, J (2002). "Das Tätigkeits-und Arbeitsanalyseverfahren für das Krankenhaus-Selbstbeobachtungsversion (TAA-KH-S)." Hogrefe.
- Camerino, D., P. M. Conway, B. I. Van der Heijden, M. Estry-Behar, D. Consonni, D. Gould, H. M. Hasselhorn and N. E.-S. Group (2006). "Low-perceived work ability, ageing and intention to leave nursing: a comparison among 10 European countries." *J Adv Nurs* 56(5): 542-552.
- Camerino, D., P. M. Conway, B. I. van der Heijden, M. Estry-Behar, G. Costa and H. M. Hasselhorn (2008). "Age-dependent relationships between work ability, thinking of quitting the job, and actual leaving among Italian nurses: a longitudinal study." *Int J Nurs Stud* 45(11): 1645-1659.
- D'Mello, M. J., S. A. Ross, M. Briel, S. S. Anand, H. Gerstein and G. Pare (2015). "Association between shortened leukocyte telomere length and cardiometabolic outcomes: systematic review and meta-analysis." *Circ Cardiovasc Genet* 8(1): 82-90.

Demissie, S., D. Levy, E. J. Benjamin, L. A. Cupples, J. P. Gardner, A. Herbert, M. Kimura, M. G. Larson, J. B. Meigs, J. F. Keaney and A. Aviv (2006). "Insulin resistance, oxidative stress, hypertension, and leukocyte telomere length in men from the Framingham Heart Study." *Aging Cell* 5(4): 325-330.

Freund, A. M. and P. B. Baltes (2002). "Life-management strategies of selection, optimization, and compensation: measurement by self-report and construct validity." *J Pers Soc Psychol* 82(4): 642-662.

Fuchs, J., Söhnlein, D., Weber, B. (2011). "Projektion des Arbeitskräfteangebotes bis 2050: Rückgang und Alterung sind nicht mehr aufzuhalten." IAB- Kurzbericht 17/2011.

Hobfoll, S. E., & Wells, J. D (1998). "Conservation of Resources, Stress, and Aging." In *Handbook of Aging and Mental Health* 121-134.

Janiszewski Goodin, H. (2003). "The nursing shortage in the United States of America: an integrative review of the literature." *J Adv Nurs* 43(4): 335-343.

Latifovic, L., S. D. Peacock, T. E. Massey and W. D. King (2015). "The influence of alcohol consumption, cigarette smoking, and physical activity on leukocyte telomere length." *Cancer Epidemiol Biomarkers Prev.* [Epub ahead of print]

Liang, G., E. Schernhammer, L. Qi, X. Gao, I. De Vivo and J. Han (2011). "Associations between rotating night shifts, sleep duration, and telomere length in women." *PLoS One* 6(8): e23462.

Lucke, T. (2015). Vergleichende Analyse biologischer Alterungsmarker bei Patienten mit chronisch-obstruktiver Lungenerkrankung (COPD), Dissertation. Medizinische Fakultät der Ludwig- Maximilians-University.

Ma, H., Z. Zhou, S. Wei, Z. Liu, K. A. Pooley, A. M. Dunning, U. Svenson, G. Roos, H. D. Hosgood, 3rd, M. Shen and Q. Wei (2011). "Shortened telomere length is associated with increased risk of cancer: a meta-analysis." *PLoS One* 6(6): e20466.

Masi, S., F. D'Aiuto, C. Martin-Ruiz, T. Kahn, A. Wong, A. K. Ghosh, P. Whincup, D. Kuh, A. Hughes, T. von Zglinicki, R. Hardy, J. E. Deanfield, N. scientific and t. data collection (2014). "Rate of telomere shortening and cardiovascular damage: a longitudinal study in the 1946 British Birth Cohort." *Eur Heart J* 35(46): 3296-3303.

Mueller, A., Weigl, M., Angerer, P. (2013). Alternsgerechte Arbeit: Aktuelle arbeitspsychologische Perspektiven. *Methoden der Alter(n)sforschung: Disziplinäre Positionen – transdisziplinäre Perspektiven*, A. von Hülsen-Esch, M. Seidler, & C. Tagsold (Hrsg.): 93- 112.

Muller, A., M. Weigl, B. Heiden, J. Glaser and P. Angerer (2012). "Promoting work ability and well-being in hospital nursing: the interplay of age, job control, and successful ageing strategies." *Work* 41 Suppl 1: 5137-5144.

Muller, A., M. Weigl, B. Heiden, B. Herbig, J. Glaser and P. Angerer (2013). "Selection, optimization, and compensation in nursing: exploration of job-specific strategies, scale development, and age-specific associations to work ability." *J Adv Nurs* 69(7): 1630-1642.

- Nilsson, P. M., H. Tufvesson, M. Leosdottir and O. Melander (2013). "Telomeres and cardiovascular disease risk: an update 2013." *Transl Res* 162(6): 371-380.
- Parks, C. G., L. A. DeRoo, D. B. Miller, E. C. McCanlies, R. M. Cawthon and D. P. Sandler (2011). "Employment and work schedule are related to telomere length in women." *Occup Environ Med* 68(8): 582-589.
- Podsakoff, P. M., S. B. MacKenzie, J. Y. Lee and N. P. Podsakoff (2003). "Common method biases in behavioral research: a critical review of the literature and recommended remedies." *J Appl Psychol* 88(5): 879-903.
- Sahin, E. and R. A. Depinho (2010). "Linking functional decline of telomeres, mitochondria and stem cells during ageing." *Nature* 464(7288): 520-528.
- Shalev, I., S. Entringer, P. D. Wadhwa, O. M. Wolkowitz, E. Puterman, J. Lin and E. S. Epel (2013). "Stress and telomere biology: a lifespan perspective." *Psychoneuroendocrinology* 38(9): 1835-1842.
- Shen, J., M. D. Gammon, M. B. Terry, Q. Wang, P. Bradshaw, S. L. Teitelbaum, A. I. Neugut and R. M. Santella (2009). "Telomere length, oxidative damage, antioxidants and breast cancer risk." *Int J Cancer* 124(7): 1637-1643.
- Siegrist, J., M. Wahrendorf, O. von dem Knesebeck, H. Jurges and A. Borsch-Supan (2007). "Quality of work, well-being, and intended early retirement of older employees: baseline results from the SHARE Study." *Eur J Public Health* 17(1): 62-68.
- Starkweather, A. R., A. A. Alhaeeri, A. Montpetit, J. Brumelle, K. Filler, M. Montpetit, L. Mohanraj, D. E. Lyon and C. K. Jackson-Cook (2014). "An integrative review of factors associated with telomere length and implications for biobehavioral research." *Nurs Res* 63(1): 36-50.
- Valdes, A. M., T. Andrew, J. P. Gardner, M. Kimura, E. Oelsner, L. F. Cherkas, A. Aviv and T. D. Spector (2005). "Obesity, cigarette smoking, and telomere length in women." *Lancet* 366(9486): 662-664.
- van den Berg, T. I., L. A. Elders, B. C. de Zwart and A. Burdorf (2009). "The effects of work-related and individual factors on the Work Ability Index: a systematic review." *Occup Environ Med* 66(4): 211-220.
- Weigl, M., Mueller, A., Hornung, S., Zacher, H., Angerer, P. (2012). "The moderating effects of job control and selection, optimization, and compensation strategies on the age- work ability relationship." *Journal of Organizational Behavior* 34: 607- 628.
- Willeit, P., J. Raschenberger, E. E. Heydon, S. Tsimikas, M. Haun, A. Mayr, S. Weger, J. L. Witztum, A. S. Butterworth, J. Willeit, F. Kronenberg and S. Kiechl (2014). "Leucocyte telomere length and risk of type 2 diabetes mellitus: new prospective cohort study and literature-based meta-analysis." *PLoS One* 9(11): e112483.
- Yeung, D. Y. and H. H. Fung (2009). "Aging and work: how do SOC strategies contribute to job performance across adulthood?" *Psychol Aging* 24(4): 927-940.

Zacher, H., & Frese, M. (2011). "Maintaining a focus on opportunities at work: The interplay between age, job complexity, and the use of selection, optimization, and compensation strategies." *Journal of Organizational Behavior* 32(2): 291-318.

Zhang, J., G. Rane, X. Dai, M. K. Shanmugam, F. Arfuso, R. P. Samy, M. K. Lai, D. Kappei, A. P. Kumar and G. Sethi (2016). "Ageing and the telomere connection: An intimate relationship with inflammation." *Ageing Res Rev* 25: 55-69.

Zhao, J., K. Miao, H. Wang, H. Ding and D. W. Wang (2013). "Association between telomere length and type 2 diabetes mellitus: a meta-analysis." *PLoS One* 8(11): e79993.

## 7 Abbildungs-und Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Deskriptive Statistik der soziodemographischen und Studienvariablen .....	15
Tabelle 2: Zusammenhänge der soziodemographischen Merkmale und der Telomerlänge.....	16
Tabelle 3: Zusammenhänge den SOK-Strategien, den psychosozialen Arbeitsmerkmalen und der Telomerlänge.....	18
Tabelle 4: Multivariate Regressionsanalysen von SOK Strategien und Telomerlänge (Hypothese 3) ..	20
Tabelle 5: Multivariate Regressionsanalysen von Arbeitsmerkmalen und Telomerlänge (Hypothese 2) .....	21
Tabelle 6: Test der Interaktionen zur Moderation des Zusammenhangs von Alter und Telomerlänge durch SOK Strategien und die psychosozialen Arbeitsbedingungen (Hypothese 4).....	22
Abbildung 1: Moderation des Zusammenhanges von Alter und Telomerlänge durch den Tätigkeitsspielraum .....	23
Abbildung 2: Moderationseffekt von Lernanforderungen für den Zusammenhang von Alter und Telomerlänge.....	24

## 8 Danksagung

Es gibt eine große Zahl an Leuten, denen ich an dieser Stelle für Ihre Unterstützung bei der Umsetzung dieser Dissertation danken möchte, und ohne die diese Arbeit nicht zustande gekommen wäre.

An allererster Stelle ist hier mein Doktorvater und Betreuer, PD Dr. Matthias Weigl, zu nennen, der immer ein offenes Ohr für mich hatte und es geschafft hat, mich für wissenschaftliches Arbeiten zu begeistern. Tausend Dank für die unglaublich tolle Betreuung, den Einblick in die Arbeits- und Organisationspsychologie, und natürlich für die Statistik- und Computernachhilfe. Auf unsere nächsten gemeinsamen Projekte freue ich mich sehr.

Zudem möchte ich Herrn PD Dr. rer. nat. Rudolf A. Jörres danken, der mir immer mit Rat und Tat zur Seite stand, wenn es um biologische Altersmarker ging.

Weiterhin gilt mein besonderer Dank Frau Angelika Kronseder, die mich in die Methoden der Aliquotierung eingearbeitet hat, und der die Analysen, auf die sich diese Arbeit stützt, zu verdanken sind.

Ebenfalls möchte ich mich herzlich bei Frau Dr. Tanja Lucke bedanken, die mich in die Arbeit mir Telomeren eingeführt hat, bei Fragen immer ein offenes Ohr hatte und mir die gesamte Zeit beratend zur Seite stand.

Des Weiteren danke ich Prof. Dr. Dennis Nowak für die Unterstützung und die Möglichkeit, diese Arbeit an seinem Institut durchzuführen.

Meinen guten Freunden, Dr. Irina Eder und Dr. Simon Leicht, möchte ich für die unermüdliche Unterstützung danken. Dank Dr. Leicht hat das Buch mit sieben Siegeln hat nun ein paar weniger und Dr. Eder hat mich überhaupt erst motiviert, eine Promotion zu beginnen und die Sache durchzuziehen.

Mein Dank gilt auch allen Probanden, die sich für die Studie zur Verfügung gestellt haben, und mir dadurch diese Arbeit ermöglicht haben.

Zuletzt möchte ich mich bei meinem Mann Nicolas und meinen Schwestern Claudia und Elenia bedanken. Ihr wisst: Die Kugel, die dreht sich.