

*Erhebung der Vitamin-D-Versorgung unter klinischem Personal
des Pius-Hospitals Oldenburg verglichen mit Müllwerkern der
Stadt Oldenburg und Identifikation von weiteren Einfluss-
faktoren auf die Versorgung mit Vitamin D*

Von der Carl von Ossietzky Universität Oldenburg

– Fakultät für Medizin und Gesundheitswissenschaften –

zur Erlangung des Grades einer Doktorin der Medizin (Dr. med.) genehmigte Dissertation

von Frau Lilo Stroink

geboren am 26.09.1994 in Diepholz

Betreut durch:

Prof. Dr. med. Dirk Weyhe

Klinikdirektor der Klinik für Allgemein- und Viszeralchirurgie, Universitätsklinik für Viszeralchirurgie

Pius-Hospital Oldenburg

Georgstraße 12, 26121 Oldenburg

Telefonnummer: 0441 229 1470

E-Mail: allchirurgie@pius-hospital.de

Zweitbetreuerin:

Dr. rer. nat. Verena Nicole Usler (Dipl.-Biol., M.Sc.)

Wissenschaftliche Leiterin der Forschungsabteilung der Klinik für Allgemein- und Viszeralchirurgie, Universitätsklinik für Viszeralchirurgie

Pius-Hospital Oldenburg

Georgstraße 12, 26121 Oldenburg

Telefonnummer: 0441 229 1490

E-Mail: verena.uslar@pius-hospital.de

Datum der Disputation: 13.04.2023

Inhaltsverzeichnis

Abbildungsverzeichnis.....	III
Tabellenverzeichnis.....	III
Abkürzungsverzeichnis.....	IV
1. Einleitung.....	1
1.1. Hypothesen	2
2. Hintergrund.....	4
2.1. Vitamin D	4
2.1.1. Allgemein	4
2.1.2. Bildung und Vorkommen	4
2.1.3. Transport.....	6
2.1.4. Regelkreis	7
2.1.5. Wirkung.....	7
2.1.6. Normwerte.....	13
2.1.7. Supplementation.....	15
2.2. Epidemiologie der Vitamin-D-Versorgung	16
2.2.1. Nationale Versorgung	17
2.2.2. Risikogruppen	18
2.3. Vitamin D unter klinischem Personal	20
3. Methodik.....	23
3.1. Durchführung und Ablauf.....	23
3.2. Teilnehmerinnen und Teilnehmer	24
3.3. Short Form Health 36 Questionnaire	26
3.4. Risikofragebogen	27
3.5. Laboranalyse	27
3.6. Ort der Durchführung	28
3.7. Statistik	28
3.8. Ethik.....	29
3.9. Datenschutz.....	30
3.10. Finanzierung	30
4. Ergebnisse.....	31
4.1. Teilnehmerinnen und Teilnehmer	31
4.2. Vitamin-D-Versorgung	32
4.3. Vitamin D in Abhängigkeit vom Tätigkeitsfeld.....	34
4.4. Weitere Einflussgrößen	37
4.5. Vitamin D und Lebensqualität	41
5. Diskussion	45
6. Limitationen.....	55

7. Fazit.....	57
8. Zusammenfassung.....	58
8.1 Summary.....	59
9. Referenz.....	61
Anhang.....	1

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Vitamin D Bildung und Vorkommen.	5
Abbildung 2: Studiendurchführung und -ablauf	24
Abbildung 3: Flussdiagramm Teilnehmereinschluss	26
Abbildung 4: Verteilung der 25(OH)D-Serumwerte ($\mu\text{g/L}$) im Rahmen der ersten Erhebung.	33
Abbildung 5: Verteilung der 25(OH)D-Serumwerte ($\mu\text{g/L}$) im Rahmen der zweiten Erhebung.	34
Abbildung 6: 25(OH)D-Versorgung ($\mu\text{g/L}$) der verschiedenen Tätigkeitsbereiche im Februar (blau) und September (grün) 2021.....	37
Abbildung 7: Zusammenhang zwischen den Lebensjahren und dem 25(OH)D-Serumwert im Februar 2021.	38
Abbildung 8: Zusammenhang zwischen den Berufsjahren im Tätigkeitsfeld und dem 25(OH)D-Serumwert im Februar 2021.	39
Abbildung 9: 25(OH)D-Versorgung in Abhängigkeit von der Einnahme von Nahrungs- ergänzungsmitteln im September 2021.	40
Abbildung 10: 25(OH)D-Versorgung in Abhängigkeit vom Reisestatus im September 2021 ..	41
Abbildung 11: Punktwert im Gesamtscore des SF-36 in Abhängigkeit des Tätigkeitsbereichs gegenüber der altersnormierten Referenz im Rahmen der Erhebung im Februar.	42
Abbildung 12: Punktwert im Gesamtscore des SF-36 in Abhängigkeit des Tätigkeitsbereichs gegenüber der altersnormierten Referenz im Rahmen der Erhebung im September.	43

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Merkmale der Untersuchungsgruppen im Rahmen der ersten Erhebung (02/2021)	31
Tabelle 2: Merkmale der Untersuchungsgruppen im Rahmen der zweiten Erhebung (09/2021)	32
Tabelle 3: 25(OH)D-Versorgung im Februar 2021 (gesamte Untersuchungsgruppe)	35
Tabelle 4: 25(OH)D-Versorgung im Februar 2021 (ausschließlich Teilnehmende, die an beiden Messungen teilnahmen)	35
Tabelle 5: 25(OH)D-Versorgung der Teilnehmenden im September 2021.....	36
Tabelle 6: Lebensqualität gemessen in Punkträngen des SF-36 im Februar 2021.	41
Tabelle 7: Lebensqualität gemessen in Punkträngen des SF-36 im September 2021	43
Tabelle 8: Punktränge im SF-36 zum ersten und zweiten Erhebungszeitpunkt verglichen mit altersnormierten Referenzwerten für Deutschland.	44

Abkürzungsverzeichnis

AWB	Abfallwirtschaftsbetrieb Oldenburg
BMI	Body-Mass-Index
DBP	Vitamin-D-bindendes Protein
DGE	Deutsche Gesellschaft für Ernährung
IQA	Interquartilabstand
KI	Konfidenzintervall
MW	Mittelwert
NIH	National Institute of Health
RKI	Robert Koch-Institut
SD	Standardabweichung
SF-36	Short Form Health 36 Questionnaire
1,25(OH) ₂ D ₃	1,25-Dihydroxycholecalciferol, Vitamin D, Calcitriol
25(OH)D	25-Hydroxycholecalciferol, Vitamin D ₃ , Calcidiol

1. Einleitung

Im Gegensatz zu seiner Bezeichnung ist Vitamin D mehr als nur ein Bestandteil unserer Nahrung. Vielmehr stellt der Vitamin-D-Haushalt einen komplexen endokrinen Regelkreis dar, der nur zu einem geringen Teil durch die Nahrungsaufnahme gedeckt wird. Etwa 20 % des Vitamins werden über die Nahrung zugeführt, der weitaus größere Anteil wird vom Körper in einem mehrstufigen Prozess selber synthetisiert (1, 2). Das Provitamin D aus der Nahrung durchläuft in der Haut, unter dem Einfluss ultravioletter Strahlung, einen ersten Transformations-schritt. Das Zwischenprodukt wird weiter zur Leber transportiert, wo die hepatische 25-Hydroxylierung stattfindet. Im letzten Schritt erfolgt in den Nieren die 1α -Hydroxylierung (1-3).

Der Einfluss des Vitamin D auf die Knochengesundheit ist bereits lange bekannt und seine Funktion als Regulator des Knochen- und Mineralstoffwechsels gut erforscht. Ein Mangel an Vitamin D führt zur Erweichung des Knochens und zum Krankheitsbild der Rachitis im Kindesalter beziehungsweise der Osteomalazie und Osteoporose beim Erwachsenen (1, 4, 5). In den letzten Jahren rückte zunehmend auch die extraskelettale Bedeutung des Vitamins in den Mittelpunkt wissenschaftlicher Forschung. Ergebnisse aus In-vitro- und In-vivo-Experimenten weisen auf einen entscheidenden Einfluss des Vitamin D auf die Entstehung vieler weiterer Erkrankungen und gesundheitsrelevanter Ereignisse hin (1, 6). Die positive Wirkung auf das Herz-Kreislauf-System, Krebserkrankungen, Infektionen, Autoimmunerkrankungen oder neuropsychiatrische Veränderungen wurde beobachtet und wird durch molekularbiologische und klinische Studien zunehmend weiter untersucht und belegt (1, 6-8).

Trotz der wichtigen Bedeutung für die Gesundheit kann der aktuelle Lebensstil den Vitamin-D-Bedarf in weiten Teilen der Bevölkerung nicht decken. Eine Unterversorgung ist global weit verbreitet und erreicht in der westlichen Kultur pandemische Ausmaße (4, 9-11). Nach Einschätzungen des Robert Koch-Instituts (RKI) waren 2011 fast zwei Drittel der Erwachsenen in Deutschland unterversorgt, nur 38,4 % wiesen eine gute Versorgung vor (10). Nationale Erhebungen bieten eine Einschätzung zur bundesweiten Prävalenz einer Hypovitaminose sowie Subanalysen in Hinsicht auf das Alter, das Geschlecht oder den sozioökonomischen Status,

liefern jedoch keine getrennte Risikobeurteilung unterschiedlicher Berufsgruppen, wie etwa medizinischem Personal (10, 11).

Das Personal im Krankenhaus verfügt vielfach über eine gute Gesundheitskenntnis und hat einen leichten Zugang zu Laboranalysen, medizinischer Expertise und Präparaten. Dem gegenüber stehen ungünstige Arbeitsbedingungen in Form von langen Arbeitstagen, dem Arbeiten an einem Innenraum-Arbeitsplatz und Nachtschichten (12, 13).

Bei arbeitsmedizinischen Routineuntersuchungen von Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern des Pius-Hospitals Oldenburg, fielen wiederholt deutlich erniedrigte Vitamin-D-Werte auf. International weisen Studien auf eine problematische Versorgungssituation unter Krankenhauspersonal hin. Einige Querschnittstudien untersuchten den Vitamin-D-Status von ärztlichem Personal und fanden einen Mangel bei 89,8 % der Untersuchten in Bangladesch (13), 47 % in Pakistan (14) oder 77 % in Israel (12). Da sich die Gebiete der Erhebungen sowohl in den Breitengraden und dem Klima, aber auch in der Ernährung, den Kulturen und nicht zuletzt in den Arbeitsbedingungen von Deutschland unterscheiden, sind die Ergebnisse nur eingeschränkt übertragbar.

Ziel der E-VitaD Studie war es, erstmalig die Vitamin-D-Versorgung unter klinischem Personal in Norddeutschland zu erheben und erstmalig einen Bezug zum Tätigkeitsbereich zu untersuchen. In einem vierarmigen Aufbau verglichen wir die Vitamin-D-Versorgung unterschiedlicher klinischer Arbeitsplätze (stationär vs. operativ vs. administrativ) und eines nicht-klinischen Arbeitsplatzes (Müllwerker). Im Rahmen einer zweizeitigen Erhebung untersuchten wir die saisonale Dynamik der Versorgungssituation und analysierten weitere Zusammenhänge zu beruflichen und privaten Einflussfaktoren sowie einen Bezug zur Lebensqualität.

Anhand der Daten können möglicherweise besonders vulnerable Personengruppen identifiziert werden, die durch folgende Interventionen wie Schulungen, Veränderungen der Ernährungs- und Alltagsgewohnheiten, Umgestaltungen am Arbeitsplatz oder Vitamin-Substitutionen profitieren könnten. Die Umsetzung und der Nutzen solcher Interventionen könnten Inhalt folgender Untersuchungen sein.

1.1. Hypothesen

1. Die Prävalenz eines Vitamin-D-Mangels ist unter Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern im Krankenhaus hoch und unterliegt einer saisonalen Dynamik.

2. Die Vitamin-D-Versorgung verschiedener Arbeitsbereiche im Krankenhaus variiert und entwickelt sich mit den Jahreszeiten. Operativ tätiges Personal ist aufgrund der völligen Abwesenheit von Tageslicht besonders gefährdet, eine Mangelversorgung zu entwickeln.

3. Neben dem Tätigkeitsfeld beeinflussen, abhängig von der Jahreszeit, weitere Faktoren am Arbeitsplatz, in der Freizeitgestaltung, des Reiseverhaltens oder der Ernährung die Vitamin-D-Versorgung.

4. Ein Mangel an Vitamin D geht mit einer schlechteren Lebensqualität einher. In Abhängigkeit der Jahreszeit bewerten Beschäftigte mit einer niedrigen Vitamin-D-Versorgung ihre gesundheitsbezogene Lebensqualität negativer und geben häufiger an, unter Müdigkeit, Schmerzen oder Niedergeschlagenheit zu leiden.

2. Hintergrund

2.1. Vitamin D

2.1.1. Allgemein

Vitamin D wird, entgegen seinem Namen, nicht den Vitaminen, sondern den Hormonen zugeordnet (1).

Physiologisch betrachtet sind Vitamine lebenswichtige organische Stoffe, die in geringen Mengen für den Stoffwechsel benötigt werden und sehr spezifische Funktionen erfüllen. Da der Körper diese jedoch nicht in ausreichender Menge selbst herstellen kann, sind Vitamine essenzielle Nahrungsbestandteile und müssen von außen zugeführt werden. Demgegenüber sind Hormone körpereigene Botenstoffe, die von körpereigenen Zellen und Drüsen synthetisiert werden und über spezifische Rezeptorbindung Signalkaskaden auslösen und die Funktion anderer Zellen und Organe beeinflussen. Ihre Sekretion unterliegt in der Regel komplexen Regelkreisen (15).

Nachfolgend ist der komplexe Vitamin-D-Haushalt mit der Synthese des Botenstoffs, seiner Funktion und Regulation dargestellt.

2.1.2. Bildung und Vorkommen

Vitamin D kann in zwei unterschiedlichen Formen vorkommen, zum einem als Cholecalciferol (Vitamin D₃) und zum anderen als Ergocalciferol (Vitamin D₂). Beide Formen haben in ihrer Struktur und Aktivität Ähnlichkeit mit klassischen Steroidhormonen (1, 2).

Cholecalciferol ist unter anderem Bestandteil tierischer Lebensmittel wie fettigem Fisch, Eiern, Leber oder Lebertran und wird über den Verzehr dieser Produkte aufgenommen. Der Großteil des Cholecalciferol-Bedarfs wird jedoch zu 80 – 90 % durch die körpereigene Vitaminsynthese gedeckt (1, 5).

Sonnenstrahlen mit einer Wellenlänge zwischen 280 – 320 nm induzieren in der Haut die photochemische Konversion des 7-Dehydrocholesterols, einem Zwischenprodukt der Cholesterinsynthese, zum Prävitamin D₃. Das chemisch und thermodynamisch instabile Prävitamin besitzt keine intrinsische Aktivität und isomerisiert spontan zu Cholecalciferol (Vitamin D₃; CalcioI) (2, 7). Cholecalciferol gelangt von der Haut in die Zirkulation und wird an Vitamin-D-bindendes Protein (DBP) gebunden zur Leber transportiert. In der Leber erfolgt die Hydroxylierung am C₂₅-Atom durch das mikrosomale Zytochrom-P-450-Enzym CYP2R1. Das Zwischenprodukt 25-

Hydroxycholecalciferol (25(OH)D; Calcidiol) wird erneut an DBP gebunden in den Blutkreislauf gegeben. Calcidiol ist die vorherrschende zirkulierende Form und die Speicherform im Körper. Die weitere Aktivierung erfolgt in den Nieren. Der 25(OH)D-DBP-Komplex wird endozytotisch über die Membranproteine Megalin und Cubilin in den Tubuluszellen der Nieren aufgenommen und durch das Zytochrom-P450-Enzym CYP27B1 an Position C₁ hydroxyliert. Hierbei entsteht das aktive 1,25-Dihydroxycholecalciferol (1,25(OH)₂D₃; Calcitriol), welches an DBP gebunden ins Blut abgegeben wird (2, 3, 5, 7). (Vgl. Abbildung 1)

Nur ein Teil des kutan gebildeten Prävitamin D₃ wird direkt in der Leber verstoffwechselt. Der Rest wird im Fettgewebe und zu einem geringeren Anteil im Muskelgewebe gespeichert und in der sonnenarmen Jahreszeit freigesetzt und weiter verarbeitet (2).

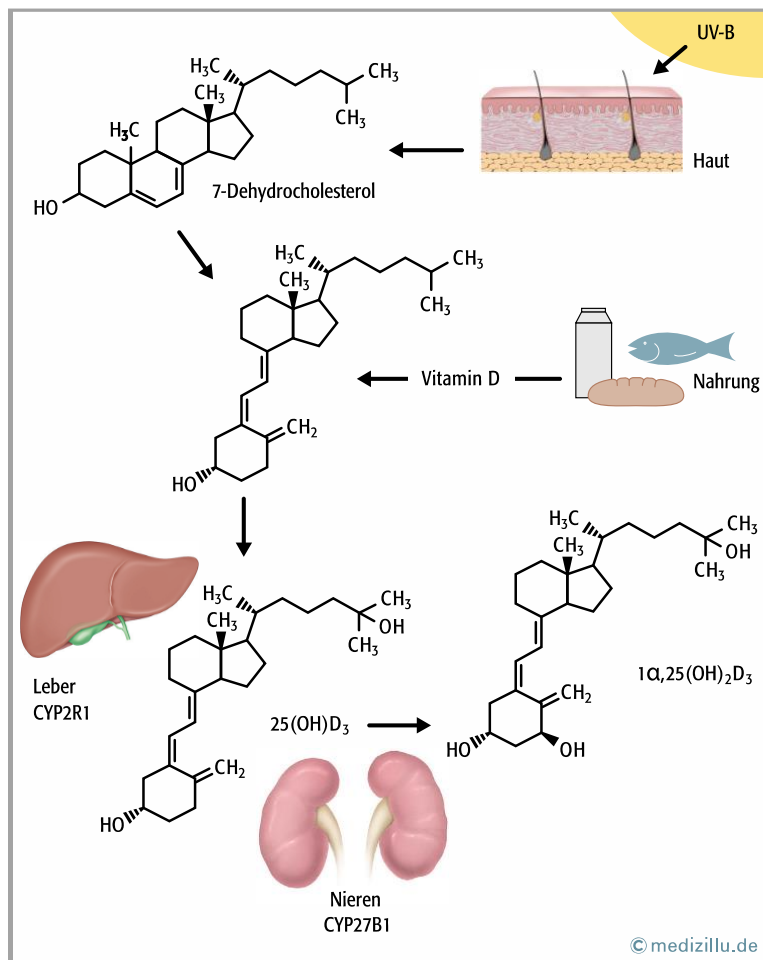


Abbildung 1: Vitamin D Bildung und Vorkommen. Gefunden auf <https://www.pharmazeutische-zeitung.de>, Vitamin D – Eine kritische Betrachtung, 08.03.2022 / Copyright Stephan Spitzer.

Neben der renalen 1α -Hydroxylase exprimieren zahlreiche extrarenale Zellarten wie Keratinozyten, Monozyten, Makrophagen, Prostata- oder Dickdarmzellen das Enzym CYP27B1 und besitzen die Fähigkeit, 25-Hydroxycholecalciferol in Calcitriol umzuwandeln (1, 2, 7). Nach heutiger Auffassung wird das extrarenal gebildete 1,25-Dihydroxycholecalciferol nicht ins Blut abgegeben sondern reguliert ortsständig Proliferation und Differenzierung sowie gewebsspezifische Funktionen (1).

Ergosterol ist ein Bestandteil der mykotischen Zellmembran und ähnelt der Funktion des Cholesterols bei tierischen Zellen. Unter dem Einfluss von UVB-Strahlung wird aus Ergosterol Viosterol gebildet und im weiteren Syntheseschritt Ergocalciferol. Ergocalciferol ist im menschlichen Körper deutlich weniger aktiv und hat eine kürzere Halbwertszeit als Cholecalciferol. Es wird dem menschlichen Körper vor allem durch den Konsum angereicherter Lebensmittel wie Milch, Margarine, Cerealien oder Orangensaft zugeführt (1).

2.1.3. Transport

Vitamin D und seine Metaboliten sind nicht wasserlöslich und liegen zu 99 % an Protein gebunden vor. Das spezifische Transportprotein ist das Vitamin-D-bindende Protein (DBP), auch Transcalciferin genannt. Transcalciferin ist ein Glykoprotein und gehört in die Gruppe der Albumine. Die Proteinbindung erschwert die Aufnahme von Vitamin D durch die Zielzellen sowie die hepatische Verstoffwechslung und biliäre Ausscheidung, wodurch sich die Halbwertszeit verlängert. Die Bindungsstärke der Metaboliten unterscheidet sich und ist am höchsten für $25(\text{OH})\text{D}$ und $24,25(\text{OH})_2\text{D}_3$. Calcitriol bindet mit mittlerer Affinität und Provitamin D_3 mit schwacher Affinität an DBP (1).

Eine Besonderheit ist, dass die Serumkonzentration des Transportproteins die Konzentration der Vitaminmetaboliten um das Zwanzigfache übersteigt. Diskutiert werden eine Pufferfunktion gegen Spiegelschwankungen sowie vielfältige immunologische und inflammatorische Aufgaben des Proteins, wie die Entfernung von Aktin aus dem Blutplasma, die Chemotaxis und die Aktivierung von Makrophagen sowie der Transport von Fettsäuren. Endgültig geklärt ist die Ursache bislang jedoch nicht (1).

2.1.4. Regelkreis

Der Vitamin-D-Haushalt ist eng an die Bedürfnisse des Mineralstoffwechsels gebunden und unterliegt, zum Gewährleisten stabiler Elektrolytkonzentrationen, einer strengen Regulation. Die Vitamin-D-Synthese wird primär durch die Aktivität der renalen 1α -Hydroxylase reguliert. Niedrige Calcium- und Phosphat-Serumwerte sowie hohe Parathormon-Konzentrationen oder cAMP-Spiegel steigern die Enzymaktivität. Der Fibroblasten-Growth-Factor-23/Kloto Komplex und Dihydroxycholecalciferol haben einen umgekehrten Einfluss (1-3, 5, 16). Im Rahmen einer Endprodukthemmung regulieren sie die Aktivität der 1α -Hydroxylase herunter und induzieren die $25(\text{OH})_2\text{D}_3$ -24-Hydroxylase (CYP24A1), die $25(\text{OH})\text{D}$ in wasserlösliches, unwirksames $24,25(\text{OH})_2\text{D}_3$ abbaut (1, 2, 5, 16).

Der Einfluss weiterer Hormone, wie den Steroidhormonen, Insulin, Prolaktin, Calcitonin oder Thyroxin, ist noch nicht abschließend geklärt (1, 2).

Die Syntheseleistung der Haut und der Leber unterliegen keinem Regelkreis (1, 2).

2.1.5. Wirkung

2.1.5.1. Zelluläre Wirkung

Calcitriol bindet gezielt an Rezeptoren und löst spezifische Antwortreaktionen aus. Es lassen sich die genomische und die nichtgenomischen Wirkung unterscheiden, die sich durch die Bindung verschiedener Liganden auszeichnen (1, 17).

Die genomische Wirkung des Vitamins erfolgt über Stunden bis Tage und verläuft über die Bindung an im Zytosol liegenden Rezeptoren. Zusammen mit dem Rezeptor und dem Retinoid-X-Rezeptor bildet Calcitriol einen Komplex. Dieser Komplex interagiert mit verschiedenen Transkriptionsfaktoren und beeinflusst die Hoch- und Runterregulation Vitamin-D-sensibler Gene (1, 18). Etwa 3 % des menschlichen Genoms werden $1,25(\text{OH})_2\text{D}_3$ -abhängig transkribiert (18); unter anderem wird die Bildung von Osteocalcin, Osteopontin oder Calbindin induziert während die Synthese von Interleukinen (IL 2, IL 12) oder Parathormon reduziert wird (1).

Die nicht-genomische Wirkung zeigt einen deutlich schnelleren Wirkungseintritt und wird über die Bindung an membranständigen Rezeptoren ausgelöst. Auf diesem Weg wird beispielsweise die schnelle intestinale Aufnahme von Calcium (Transcalthachia) vermittelt und

die Sekretion von Insulin aus den β -Zellen des Pankreas, das Öffnen von Calcium- und Chloridkanälen in Osteoblasten und die Migration von Endothelzellen bewirkt (1).

2.1.5.2. Systemische Wirkung

Die bekannteste Wirkung des Vitamin D ist die Regulation des Mineralstoffhaushalts und die Förderung der Knochengesundheit. Vitamin D bildet ein zentrales Verbindungsglied in der intestinalen, skelettalen, renalen und parathyreoidalen Integrität und gewährleistet zusammen mit dem Parathormon einen stabilen extrazellulären Calcium- und Phosphatspiegel (1, 5, 15). Parathormon hebt den Calciumspiegel und senkt den Phosphatspiegel. Synthesereiz ist eine niedrige Serum-Calcium-Konzentration. Das Hormon induziert den Knochenabbau und erhöht die renale Ausscheidung von Phosphat sowie die renale Reabsorption von Calcium. Zudem steigert Parathormon die Vitamin-D-Synthese (5, 15).

Vitamin D erhöht die Konzentration beider Elektrolyte durch die renale und intestinale Resorption und übt Einfluss auf die Mineralisierung des Knochens, wie im Folgenden beschrieben (1, 5, 15).

Intestitium: Calcitriol steigert im Darm die Aufnahme von Calcium und Phosphat aus der Nahrung durch den Einbau von Calciumkanälen (TRPV 5 und TRPV 6) und Phosphattransportern (Na-Pi-Kotransporter). Calcium wird an Calbindin D gebunden durch die Zellen der Mukosa transportiert und basolateral durch die Calcium-ATPase und den Na-Ca²⁺-Austauscher in die Zirkulation freigesetzt (1). Durch die Induktion der drei Teilschritte kann die Calciumaufnahme durch Calcitriol um bis zu 90 % gesteigert werden (16). Ein Vitaminmangel führt zu einer verminderten Aufnahme von Calcium und Phosphat (6).

Skeletta: Calcitriol fördert bei ausreichender Calciumzufuhr die Mineralisierung und den Umbau des Knochens. Vitamin D induziert die Ausdifferenzierung von Osteoklasten und regt Osteoblasten zur Ausschüttung von Proteinen und Faktoren an, die am Aufbau der Knochenmatrix und Kalzifizierung beteiligt sind. Bei einem Calciummangel setzt Vitamin D Calcium aus dem Knochen frei und wirkt katabol auf die Knochenstruktur (1, 16).

Bei einer Hypovitaminose mobilisiert reaktiv ausgeschüttetes Parathormon Calcium aus dem Knochen und erhöht die renale Phosphatausscheidung (4, 6). Die Folge ist eine Mineralisierungsstörung des Knochens mit Erweichen und Deformierung des Skeletts. Im Kindesalter

kommt es zum Krankheitsbild der Rachitis, bei Erwachsenen treten eine Osteomalazie oder im höheren Alter eine Osteoporose auf (1, 6, 16). Die Betroffenen leiden unter Symptomen wie Knochenschmerzen und -verformung, Fraktur neigung oder Zahnauffälligkeiten (19).

Niere: An den Nieren fördert Calcitriol die Rückresorption von Calcium und Phosphat. Im distalen Tubulus ist die Dichte an Vitamin-D-bindenden Rezeptoren und Calbindin am höchsten, wodurch die Reabsorption hier am stärksten der Regulation durch Vitamin D unterliegt (1). Neben dem Einfluss auf den Mineralstoffhaushalt zeigt Calcitriol an den Nieren eine nephroprotektive Wirkung. In Tierversuchen konnte eine Glomerulosklerose verhindert werden und das Fortschreiten einer Albuminurie, eines Podozytenverlustes und einer Podozytenhypertrophie unter dem Einfluss von Vitamin D verlangsamt werden (1).

Nebenschilddrüse: Vitamin D hemmt die Synthese und Sekretion von Parathormon in den Nebenschilddrüsen. Bei einem Mangel an Vitamin D führen niedrige Calciumkonzentrationen im Blut zu einer gesteigerten Hormonsynthese und liefern durch erhöhte TGF- α - und EGFR-Spiegel einen Wachstumsreiz für das Gewebe. Die Folge ist ein sekundärer Hyperparathyreoidismus und eine reaktive Hyperplasie der Nebenschilddrüsen (1).

2.1.5.3. Nicht-mineralische Wirkung und Symptome

Über den Mineralstoffwechsel hinaus beeinflusst Vitamin D zahlreiche weitere Zelltypen und Gewebe. Der Vitamin-D-Rezeptor wurde unter anderem in Lymphozyten, Haarfollikeln, Fettgewebe, Pankreas- β -Zellen, Krebszellen und im Knochenmark nachgewiesen. Hier scheint im Besonderen das extrarenal produzierte Calcitriol durch autokrine und parakrine Mechanismen das Wachstum, die Differenzierung und die Apoptose von Zellen zu regulieren und zytoschutz zu wirken (1, 3, 7). Ein niedriger Spiegel an Calcitriol und seiner Vorstufe Calcidiol scheint die Entstehung von Krebsleiden, autoimmunen Erkrankungen und weiteren chronischen Krankheitsbildern zu begünstigen (1, 7). Die zugrunde liegenden Mechanismen und Zielgene sind noch nicht vollständig aufgeklärt, werden aber genomisch-vermittelt vermutet (7).

Krebserkrankungen: In-Vitro-Experimente und Tierversuche konnten das proapoptische, entdifferenzierende und antiangiogenetische Potential des Vitamins belegen und eine seltenere Metastasierung unter ausreichender Versorgung feststellen. Beobachtungsstudien wei-

sen auf eine geringere Inzidenz und niedrigere Mortalität unterschiedlicher Krebserkrankungen bei suffizienter Versorgung hin (5, 19). Unter anderem scheinen die Krebszellen beim Prostatakarzinom, Mammakarzinom, kolorektalen Karzinom sowie bei Leukämien und Kaposi Sarkomen Vitamin-D-sensibel zu sein (1, 7). Melanome und Plattenepithelzellkarzinome der Haut, deren Hauptrisikofaktor chronische Lichtschäden sind, zeigen ebenfalls eine niedrigere Inzidenz und einen günstigeren Verlauf bei normwertigem Vitamin D (7). Sehr hoch dosiertes Vitamin D ist möglicherweise mit einem höheren Risiko für langsam wachsende Pankreas- und Mammakarzinome assoziiert (19). Bislang fehlen jedoch Ergebnisse kontrollierter klinischer Studien, die eine Empfehlung zur Karzinomprophylaxe und -therapie ableiten lassen (6, 19). Zuletzt untersuchte die VITAL-Studie als große, doppelblinde, randomisierte Interventionsstudie den Zusammenhang zwischen einer Vitamin-D-Substitution und chronischen Krankheitsbildern, unter anderem Malignomen. Die Einnahme von 2000 IE/d gegenüber einem Placebo wurde über 5,3 Jahre bei fast 26.000 Erwachsenen in den USA verglichen. Die 25(OH)D-Konzentration der Teilnehmenden lag vor Studienbeginn bei durchschnittlich 31 µg/L, nur 12,7 % waren suboptimal oder mangelhaft versorgt. Im Beobachtungszeitraum profitierte die Interventionsgruppe von einer geringen Senkung der Krebsinzidenz bei einer signifikanten Reduktion der Krebsmortalität um 17-25 % (20, 21).

Immunsystem: Vitamin D beeinflusst die angeborene und die erworbene Immunabwehr. Alle Zellen der körpereigenen Abwehr exprimieren den Vitamin-D-Rezeptor, Makrophagen bilden zudem die 1 α -Hydroxylase aus und synthetisieren aktiv 1,25(OH) $_2$ D $_3$ (1).

Infektabwehr: Studienergebnisse weisen auf einen Schutz vor Infektionserkrankungen und auf einen günstigen Krankheitsverlauf durch Vitamin D hin (6).

Bereits Mitte des 19. Jahrhunderts, noch bevor Vitamin D erstmals entdeckt und beschrieben wurde, setzte man das Vitamin unbewusst zur Therapie der Tuberkulose ein. Ohne Kenntnis über die Pathophysiologie erwartete man eine günstige Wirkung von der Einnahme von Lebertran oder dem Sonnenlichtaufenthalt in Kuren (22, 23).

Beobachtungsstudien weisen auf eine niedrigere Inzidenz der Influenza-Grippe und anderen respiratorischen Infektionserkrankungen hin und zählen weniger krankheitsbedingte Fehltagen unter einer guten Vitamin-D-Versorgung. Weitere Studien beschreiben einen günstigen Einfluss auf eine bakterielle Vaginose oder HIV-Infektionen (22).

Bisher ist die Evidenz jedoch gering, sodass keine anerkannten Empfehlungen zum Einsatz von Vitamin D zur Prophylaxe und Therapie von Infektionen und Entzündungen bestehen (6, 19, 22).

Autoimmunerkrankungen: Vitamin D reguliert die Immunantwort und begrenzt die T-Zell-vermittelte Immunaktivität (1, 6). Calcitriol reduziert die T-Zell-Stimulation, hemmt die Proliferation von autoreaktiven T-Zellen und induziert ihre Apoptose. Dendritische Zellen fördern unter dem Einfluss von Vitamin D die Toleranz gegenüber Autoantigenen und die Differenzierung zu regulatorischen T-Zellen (6). Niedrige Vitamin-D-Werte scheinen die Entstehung zahlreicher autoimmunvermittelter Krankheitsbilder zu begünstigen. Epidemiologische Studien deuten auf ein höheres Risiko hin, an einem Typ I Diabetes Mellitus, chronisch-entzündlichen Darmerkrankungen, Multipler Sklerose, Systemischem Lupus Erythematoses oder Rheumatoider Arthritis zu erkranken (1, 5, 24).

Die geographische Verteilung der Multiplen Sklerose, mit steigender Prävalenz mit zunehmendem Abstand zum Äquator, war ein früher Hinweis auf die protektive Wirkung des Vitamins. Beobachtungsstudien beschreiben einen inversen Zusammenhang zwischen dem Erkrankungsrisiko und dem Krankheitsverlauf einer Multiplen Sklerose in Abhängigkeit von der Höhe des Vitamin-D-Spiegels. Der Stellenwert von Analoga zur Prävention und Therapie ist auf Grund fehlender kontrollierter klinischer Studien bislang jedoch unklar (19).

Kardiovaskulär: Vitamin D unterstützt die Gesundheit des Herz-Kreislauf-Systems (1, 5, 19). Das Vitamin beeinflusst das Renin-Angiotensin-Aldosteron-System, reduziert das Wachstum von Endothelzellen, hemmt entzündliche und fibrosierende Prozesse und schützt so die Gefäße.

Ein Vitamin-D-Mangel ist mit vaskulärer Dysfunktion, Arteriosklerose und Dyslipidämien assoziiert (19) und begünstigt die Entwicklung einer arteriellen Hypertonie, koronaren Herzkrankheit oder kardialen Hypertrophie (1, 6, 19). In Beobachtungsstudien sank die Inzidenz und Mortalität kardiovaskulärer Ereignisse wie Schlaganfälle, Herzinfarkte oder ischämischer Herzkrankungen mit steigenden Vitamin-D-Werten. In kontrollierten klinischen Studien ließ sich der Benefit nur teilweise bestätigen (6, 19, 21). Ebenso konnte die VITAL-Studie keinen signifikanten Unterschied zwischen der Einnahme von 2000 IE/d im Vergleich zu einem Placebo in Hinblick auf kardiovaskuläre Erkrankungen und Ereignisse sowie ihre Mortalität zeigen (21, 25).

Stimmung: Vitamin D ist an der Entwicklung des Gehirns und zahlreichen weiteren intrazerebralen Abläufen beteiligt. Der Vitamin-D-Rezeptor wird unter anderem in Hirnregionen exprimiert, die bei Depressionen Veränderungen aufweisen können, wie dem Hippocampus. Beobachtungsstudien deuten auf eine höhere Inzidenz von Depressionen bei erniedrigtem Vitamin D hin (19, 26). Das Auftreten von saisonalen affektiven Störungen in den Herbst- und Wintermonaten und der erfolgreiche Einsatz der Lichttherapie stützen diesen Zusammenhang (26).

Darüber hinaus wird die protektive Wirkung von Vitamin D im Zusammenhang mit Schizophrenien diskutiert. Hierbei scheint eine ausreichende Versorgung in den ersten Lebensjahren besonders wichtig zu sein (26).

Klinisch kontrollierte Studien konnten den Bezug zu neuropsychiatrischen Krankheitsbildern bislang jedoch nicht ausreichend bestätigen und lassen keine Empfehlungen zur Prävention oder Therapie von Depressionen oder Schizophrenien ableiten (19, 26).

Kognitive Leistung: Ebenfalls ist ein Zusammenhang zwischen der kognitiven Leistung und dem Vitamin-D-Status beschrieben (1, 8, 27). Niedrige Vitamin-D-Werte waren in epidemiologischen Studien mit einer höheren Prävalenz und schnelleren Progredienz von kognitiven Dysfunktionen, zerebrovaskulären Ereignissen und Demenzen assoziiert (8, 27).

Neuronen und Gliazellen in kognitiven Hirnbereichen exprimieren die 1α -Hydroxylase und synthetisieren lokal neuroprotektives Calcitriol (8, 27). Der Vitamin-D-Rezeptor wurde im Hippocampus, im Striatum und dem Korpus Callosum nachgewiesen (26). In Tierversuchen und in In-Vitro-Experimenten konnten das vasoprotektive, antioxidative und antiapoptische Potential am Hippocampus gezeigt werden und die günstige Wirkung auf die Phagozytose von Amyloidplaques beobachtet werden (8, 27).

Bislang liegen jedoch keine klinisch kontrollierten Studien vor, die einen Vitaminmangel als Ursache der Demenz belegen, so dass auch ein umgekehrter Ursachen-Wirkungs-Zusammenhang denkbar ist und eine Hypovitaminose in Folge des Krankheitsverlaufs, z.B. durch Mobilitätsverlust, häusliche Pflege etc. auftreten könnte (8, 27).

Bewegungsapparat/ Gleichgewicht: Darüber hinaus ist Vitamin D für die normale Entwicklung und das Wachstum der Muskulatur notwendig (19). Eine unzureichende Versorgung äußert

sich klinisch durch Muskelschwäche und -schmerzen (5, 6, 19). Beim älteren Menschen konnte zudem eine Störung der neuromuskulären Koordination nachgewiesen werden, die sich durch eine Störung des Gleichgewichts, reduzierte körperliche Funktionsfähigkeit und eine erhöhte Sturzneigung mit Frakturrisiko zeigte (1, 3, 5). Da die Ursachen von Stürzen sehr komplex sind, ist die Evidenz bislang heterogen und die optimalen Dosierungen zur Sturzprophylaxe und Frakturprävention werden diskutiert (6).

Lebensqualität: Die Lebensqualität steht in einem engen Zusammenhang mit der körperlichen Funktionsfähigkeit und dem psychischen Wohlergehen einer Person (28, 29). Vitamin D ist an einer Vielzahl von psychischen und physischen Prozessen beteiligt, von denen einige einen wesentlichen Einfluss auf die Lebensqualität haben (28).

Nur wenige Studien untersuchten den Zusammenhang zwischen der Vitamin-D-Versorgung und der Lebensqualität in der Allgemeinbevölkerung, besser ist der Zusammenhang im Kontext einzelner chronischer Krankheitsbilder untersucht.

Klinische Studien berichten einen signifikanten Zusammenhang zwischen niedrigen Vitamin-D-Serumspiegeln und einer subjektiv schlechter empfundenen gesundheitsbezogenen Lebensqualität. Dieser Zusammenhang konnte sowohl bei dialysepflichtigen Patientinnen und Patienten als auch bei Patientinnen und Patienten mit chronisch-entzündlichen Darmerkrankungen oder Rheumatoider Arthritis nachgewiesen werden und war unabhängig vom Schweregrad der Erkrankung (24, 30, 31). Ein starker Zusammenhang wurde im Besonderen für psychoemotionale Aspekte der Lebensqualität festgestellt (30, 31).

Andere Studien fanden hingegen keinen direkten Zusammenhang zwischen einem Vitamin-D-Mangel und einer geringeren Lebensqualität, sondern vermuten, dass eine Hypovitaminose in Folge eines schlechteren Gesundheitszustands auftritt, der zugleich die Ursache für eine geringeren Vitalität und Gesundheit, mehr Schmerzen und einer schlechteren Rollenfunktion ist (32).

2.1.6. Normwerte

Zur Diagnostik der Vitamin-D-Versorgung wird standardisiert die 25-Hydroxycholecalciferol-Konzentration im Serum bestimmt (1, 6). Das 25(OH)D spiegelt sowohl die endogene Synthese als auch die orale Zufuhr des Vitamins wider und ist mit einer Halbwertszeit von 15 Tagen im Blut ein relativ stabiler und genauer Indikator der Bioverfügbarkeit (6, 8, 19). Das aktive 1,25-

Dihydroxycholecalciferol liefert hingegen keine zuverlässigen Informationen über den Vitaminspeicher, da die Halbwertszeit wenige Stunden beträgt und die Serumkonzentration eng der Regulation durch Parathormon, Calcium und Phosphat unterliegt. Der Serumwert des 1,25-Dihydroxycholecalciferol sinkt erst in Folge eines langen und starken Mangels (19).

Die empfohlenen Normwerte für 25-Hydroxycholecalciferol werden in Mikrogramm oder Nanomol pro Liter bzw. in Nanogramm pro Milliliter angegeben (19) und orientieren sich an der skelettalen Gesundheit (1, 8). Die optimalen Referenzwerte sind Gegenstand wissenschaftlicher Diskussionen. Aktuell ist die Einteilung nach Holick verbreitet (6) und wird auch vom National Institute of Health (NIH) und Robert Koch-Institut vertreten (10).

Hiernach entsprechen Werte unterhalb von 12 µg/L (30 nmol/L) einem schweren Mangel mit erhöhtem Risiko für eine Rachitis, Osteomalazie oder Osteoporose. Serumwerte zwischen 12 – 20 µg/L (30 – 50 nmol/L) zeigen eine suboptimale Versorgung mit möglichen Folgen für die Knochengesundheit an. Werte oberhalb von 20 µg/L (50 nmol/L) repräsentieren eine ausreichende Versorgung, ab einer Höhe von 50 µg/L (125 nmol/L) wird auf eine mögliche Überversorgung mit potentiellen Nebenwirkungen hingewiesen (19).

Die Einheit 1 µg/L ist äquivalent zu 1 ng/ml. Zur einheitlichen Darstellung wurde in dieser Arbeit die Angabe in µg/L gewählt.

Eine große Variabilität unterschiedlicher Laborverfahren erschweren die Beurteilung und den Vergleich von Serumwerten. Das internationale „Vitamin D Standardization Program“ verfolgt das Ziel Laboranalysen zukünftig vergleichbar zu machen (19).

In den meisten Regionen reicht die kurzzeitige und begrenzte Sonnenlichtexposition zum Decken des Vitamin-D-Bedarfs. Das Verhältnis zwischen einer ausreichenden Vitamin-D-Versorgung und dem Hautkrebsrisiko sollte ausgewogen sein (8). Einige Autoren empfehlen daher die zwei- bis dreimal wöchentliche Exposition von etwa 18 % der Körperoberfläche (Gesicht, Hände, Arme) für 5 – 15 Minuten in der Mittagszeit zwischen April und Oktober (7, 9, 10, 19). Ein Sonnenbrand sollte dabei unbedingt vermieden werden, da für eine ausreichende Synthese bereits die halbe Erythemdosis ausreicht (10).

Bei gesunden Erwachsenen besteht keine generelle Empfehlung zur Kontrolle der Vitamin-D-Versorgung (19). Die US-Task-Force für Prävention konnte keine Verbesserung des Gesund-

heitsverhaltens und des Outcomes durch ein Screening feststellen (19). Bevölkerungsgruppen mit einem hohen Risiko für einen Mangels sollten jedoch regelmäßig kontrolliert werden (7).

2.1.7. Supplementation

Bei nicht ausreichender Sonnenstrahlung, einseitiger Ernährung oder bestehenden Grunderkrankungen kann die zusätzliche Zufuhr von Vitamin D₃ sinnvoll sein (1). Vitamin-D-Präparate zählen derzeit zu den weltweit am häufigsten verwendeten „Medikamenten“ (9), ihr enthaltender Wirkstoff sind die Vorstufen Cholecalciferol oder Ergocalciferol. Die Absorption der Substrate erfolgt im Dünndarm durch passive Diffusion und membranständige Carrierproteine (19), anschließend werden sie an Chylomikronen gebunden in die Zirkulation freigegeben und langsam auf Vitamin-D-bindendes Protein übertragen (2).

Die Empfehlungen zur Supplementation orientieren sich ebenfalls an der Knochengesundheit (1, 8), sichere Dosierungshinweise bezogen auf eine neurokognitive (8) oder kardioprotektive Wirkung liegen bislang nicht vor (3, 8).

Das National Institute of Health empfiehlt eine Verzehrmenge von 600 IU/d ab dem zweiten Lebensjahr bzw. ab einem Alter über 70 Jahren 800 IU/d unter der Annahme einer minimalen Sonnenlichtexposition. Für Säuglinge unter einem Jahr wird die Supplementation von 400 IU/d empfohlen (1, 9, 19).

Die Leitlinie der Gesellschaft für Kinder- und Jugendmedizin fordert mit 500 IU/d eine etwas höhere Dosierung im ersten Lebensjahr (1, 33).

Auch die Fachgesellschaften für Endokrinologie und Osteologie befürworten höhere Dosierungen. Die US Endocrine Society rät zur Substitution von 1500 – 2000 IU/d um Serumspiegel über 30 µg/L (75 nmol/L) zu gewährleisten (3, 19), vergleichbar mit der S3-Leitlinie des deutschen Dachverbands Osteologie mit einer Empfehlung von 800 – 2000 IU/d (34).

In klinischen Studien zeigte sich die tägliche Einnahme (800 IU) gegenüber der wöchentlichen (5600 IU) oder monatlichen (24000 IU) Substitution gleichwertig zum Heben des Vitamin-D-Spiegels (3). Bei Kindern (< 16 Jahre) und Schwangeren sollte hingegen die tägliche Einnahme erfolgen (4). Insgesamt ist die Evidenz zur Supplementation bei Schwangeren oder stillenden Müttern jedoch gering (9).

Bei Patientinnen und Patienten, die regelmäßig Barbiturate oder Phenytoin einnehmen, unter Glukokortikoidtherapie stehen oder übergewichtig sind, kann eine höhere Dosierung erforderlich sein (3, 6).

Sehr hohe Vitamin-Dosen können zu einer Vitamin-D-Intoxikationen mit den Symptomen einer Hypercalciämie, Hypercalciurie oder Hypertension führen (1, 8). Klinisch äußert sich eine Hypercalciämie durch Übelkeit und Erbrechen, Muskelschwäche, neuropsychiatrische Auffälligkeiten, Herzrhythmusstörungen, Polyurie und Nierensteine. Eine massive Überdosierung mit Vitamin D kann zur Niereninsuffizienz, zu Weichteilverkalkungen, zu Herzrhythmusstörungen bis hin zum Tod führen (19).

Hypervitaminosen wurden bei Serumwerten über 150 µg/L (374 nmol/L) und 200 µg/L (500 nmol/L) beschrieben (8). Die sichere obere Einnahmegrenze für Personen ab acht Jahren wird vom National Institute of Health mit 4000 IE/d angegeben, dabei sollten Serumspiegel von 96 µg/L (240 nmol/L) nicht überschritten werden (3).

Die langjährige Einnahme von 800 IU/d im Rahmen der Osteoporoseprophylaxe und -therapie ist nach aktueller Datenlage unbedenklich (3).

Eine Intoxikation durch Sonnenlicht wird durch die lokale Inaktivierung von Provitamin D₃ und Vitamin D₃ verhindert. Die ausgiebige Exposition gegenüber UVB-Strahlen führt zu einer reversiblen Umwandlung von Prävitamin D₃ in Tachysterol und Lumisterol und zu einer irreversiblen Transformation in Toxisterol oder Suprasterol I und II (1, 2). Auf diese Weise werden Konzentrationen entsprechend einer Zufuhr von 10.000 IE nicht überschritten und könnten ein Hinweis auf eine sichere Substitutionsobergrenze sein (8).

Nach viermonatiger Substitutionstherapie wird eine erneute Blutentnahme zur Beurteilung eines adäquaten Therapieansprechens empfohlen (3).

2.2. Epidemiologie der Vitamin-D-Versorgung

Der heutige Lebensstil und die aktuellen Ernährungsgewohnheiten reichen vielfach nicht aus, um den Vitamin-D-Bedarf zu decken (3, 9, 35). Weltweit wurde ein Mangel in den verschiedensten ethnischen Gruppen unterschiedlicher Breitengrade nachgewiesen (4) und betrifft international etwa eine (8) bis drei Milliarden Menschen (4, 9). Die Vitamin-D-Versorgung

weist regional starke Unterschiede auf (9) und unterliegt neben dem Klima und dem Lebensstil auch nationalen Vorgaben zur Anreicherung von Lebensmitteln (1) und zum Zugang zu Präparaten (35). In Entwicklungsländern zeigen bis zu 50 % der Bevölkerung einen schweren Mangel ($< 12 \mu\text{g/L}$), in den USA sind es weniger als 6 % (9, 35).

In Europa weisen Studien auf einen Bevölkerungsanteil von 27,4 % mit insuffizienter Vitamin-D-Versorgung ($12 - 20 \mu\text{g/L}$) und 13 % mit defizitärer Versorgung ($< 12 \mu\text{g/L}$) hin. Besonders betroffen sind ethnische Minderheiten und Jugendliche zwischen 15 und 18 Jahren (36); in einer europaweiten Querschnittsstudie betrug der Anteil an mangelversorgten Jugendlichen 43 % (37).

2.2.1. Nationale Versorgung

Auch die deutsche Bevölkerung ist von einem Mangel an Vitamin D betroffen (10, 11, 38) und liegt im europäischen Vergleich hinter den meisten Nachbarländern (36). Hinweise auf die Versorgungssituation in Deutschland liefern die Studien zur Gesundheit Erwachsener in Deutschland (DEGS) des Robert Koch-Institutes, die erstmals 1998 durchgeführt wurde und im Zeitraum zwischen 2008 bis 2011 wiederholt wurde. Im Rahmen der Erhebungen wurde der Vitamin-D-Status, seine Determinanten, die orale Zufuhr und der Bezug zum Gesundheitsstatus unter Erwachsenen zwischen 18 und 79 Jahren analysiert (10, 11).

Im Rahmen der ersten Untersuchung lag die durchschnittliche orale Vitamin-D-Zufuhr unterhalb der gültigen Empfehlungen (11). Die Deutsche Gesellschaft für Ernährung (DGE) empfiehlt diesbezüglich die tägliche Aufnahme von 200 IE über die Nahrung bzw. für Personen über 65 Jahren die doppelte Menge (39). Ein Anteil von 80,9 % der Männer und 88,5 % der Frauen erreichten diese Dosis nicht, weniger als 3 % substituierten Analoga. Die durchschnittliche 25(OH)D-Serumkonzentration lag 1998 mit $18 \mu\text{g/L}$ im insuffizienten Bereich. Insgesamt wiesen 57 % der Teilnehmenden eine Serumkonzentration unter $20 \mu\text{g/L}$ auf und zeigten eine milde ($20 - 10 \mu\text{g/L}$) oder schwere ($< 10 \mu\text{g/L}$) Hypovitaminose. Das Risiko für eine Minderversorgung stieg mit dem Alter und lag bei Frauen über 65 Jahren bei 75 %. Einen positiven Einfluss auf die Vitamin-D-Konzentration hatten die Sommermonate, die orale Vitamin-D-Zufuhr, körperliche Aktivität, ein normwertiges Körpergewicht und das Leben in einer Partnerschaft (11). Niedrige Vitamin-D-Werte waren bei Frauen mit einem arteriellen Hypertonus, einem Typ II Diabetes Mellitus und weiteren kardiovaskulären Erkrankungen assoziiert, bei Männern wurde vermehrt ein insulinabhängiger Diabetes beobachtet (11).

Die wiederholte Erhebung des RKI bestätigte die insuffiziente Versorgungssituation in Deutschland und maß eine mittlere Serumkonzentration von 18,24 µg/L. Eine insuffiziente oder defizitäre Versorgung wurde bei 61,6 % der Erwachsenen festgestellt, nur 38,4 % zeigten optimale Serumkonzentrationen (> 20 µg/L). Saisonal veränderte sich der Anteil defizitär Versorgter und stieg von 8,3 % im Sommer auf 52 % im Winter. Mit zunehmendem Alter wuchs der Anteil stark unterversorgter Frauen von 25,1 % unter 29 Jahren auf 32,9 % ab 65 Jahren. Daneben prädisponierte ein niedriger sozialer Status für eine Unterversorgung. In der Gruppe mit niedrigem sozialem Status zeigten 38,6 % einen schweren Mangel, mit hohem sozialem Status nur 24,8 %. Erneut zeigte sich eine positive Assoziation zur Einnahme von Supplementen, zu sportlicher Aktivität und den sonnenreichen Jahreszeiten sowie erstmalig ein negativer Zusammenhang zu Übergewicht und Medienkonsum (10).

Auch Diehl et al. wiesen eine suboptimale Versorgungssituation in Norddeutschland nach und beschrieben Männer und Frauen aller Altersgruppen, besonders in den sonnenarmen Monaten, von einer Hypovitaminose betroffen (38).

Die Nationalen Verzehrstudien (NVS I und II) aus den Jahren 2008 und 2013 liefern Daten zum Ernährungsverhalten und bieten Hinweise auf die orale Vitamin-D-Zufuhr. Im Jahr 2008 konsumierten lediglich 9 % der Frauen mit einer durchschnittlichen Zufuhr von 88 IE/d und 18 % der Männer mit einer durchschnittlichen Zufuhr von 116 IE/d die empfohlene Tagesdosis (entsprechend 200 IE/d). Bei der wiederholten Befragung sank der durchschnittliche Konsum auf 72 IE/d bei Frauen und 92 IE/d bei Männern (40).

Die Unterversorgung mit Vitamin D ist bereits im Kindes- und Jugendalter nachzuvollziehen. Die Studie des RKI zur Gesundheit von Kindern und Jugendlichen in Deutschland zwischen 2003 und 2006 (KIGGS) deutete darauf hin, dass 87 % der Kinder zwischen 3 und 17 Jahren nicht optimal mit Vitamin D versorgt waren. Kindern mit Migrationshintergrund waren mit einem Anteil von über 92 % besonders häufig betroffen (4).

In einer europaweiten Untersuchung wiesen deutsche Jugendliche mit einem Mittelwert von 18,2 µg/L die niedrigste Vitamin-D-Konzentration auf (37).

2.2.2. Risikogruppen

Der Vitamin-D-Haushalt unterliegt zahlreichen endogenen und exogenen Einflüssen, die sowohl die Synthese als auch die gastrointestinale Resorption beeinflussen. Zahlreiche Studien

untersuchten soziale, demografische, genetische oder gesundheitliche Determinanten und versuchten, Risikogruppen zu identifizieren (8).

Die Photokonversion in der Haut erfolgt abhängig von UVB-Strahlen. Eine maximale Syntheseleistung wird bei einer Wellenlänge von 298 nm erreicht. Vielfache ungleiche Standortfaktoren beeinflussen die einfallende Strahlendosis und die Wellenlänge. So unterliegt die Dosis unter anderem dem Ozongehalt der Atmosphäre oder den Witterungsbedingungen, während sich die Wellenlänge in Abhängigkeit vom Breitengrad und der Jahreszeit verändert (1, 2). Eine ganzjährige Synthese ist nur in Regionen unterhalb des 35. Breitengrades möglich. Deutschland liegt zwischen dem 47. und 55. Breitengrad; hier ist die Eigensynthese nur im Zeitraum zwischen März und Oktober möglich, während der Körper in den Wintermonaten auf die angelegten Speicher zurückgreift (10).

Unter den persönlichen Merkmalen zeigten sich das Alter, die Hautfarbe, das Körpergewicht und Vorerkrankungen als wichtige Determinanten für den Vitamin-D-Haushalt (5).

Sowohl besonders junges Alter als auch hohes Alter prädisponieren für einen Mangel (9). Durch den geringen Vitamin-D-Gehalt in der Muttermilch (25 – 78 IU/L) sind gestillte Säuglinge gefährdet, einen Mangel zu entwickeln. Begünstigt wird die Entwicklung durch die Empfehlung, Kinder in den ersten sechs Lebensmonaten keiner direkten Sonneneinstrahlung auszusetzen und ihre Haut, im Falle einer Exposition, mit Bekleidung und Sonnencreme zu bedecken, um langfristige Lichtschäden vorzubeugen (9, 19). Um dennoch eine gesunde Mineralisierung des heranwachsenden Skeletts zu gewährleisten, hat sich die Empfehlung zur täglichen Substitution von 400 bzw. 500 IE Vitamin D₃ im ersten Lebensjahr durchgesetzt (9). Beobachtungsstudien zeigten jedoch, dass nur 20,5 % der gestillten und 31,1 % der gefütterten Kinder die empfohlene Menge an Vitamin D₃ erhielten (19).

Auch das hohe Alter ist ein Risiko für eine Hypovitaminose. Mit zunehmendem Alter sinkt die 7-Dihydrocholesterol-Konzentration in der Haut, sodass die Synthesefähigkeit um bis zu 70 % zurück geht (2, 5, 7). Verstärkt wird das Risiko durch oft einseitige Ernährungsgewohnheiten und Einschränkungen in der Mobilität, die die Betroffenen ans Haus binden (8, 9, 19). Studien weisen auf eine Prävalenz über 95 % an Minderversorgten in geriatrischen Einrichtungen hin (4).

Zudem beeinflusst die Hautfarbe die kutane Synthesekapazität (2, 9, 19). Das Melanin in der Haut konkurriert mit 7-Dihydrocholesterol um UVB-Photonen und reduziert die Vitaminsynthese bei stark pigmentierter Haut. Dieser Mechanismus dient dem Schutz vor einer Vitamin-D-Intoxikation in sonnenreichen Gegenden (2). Personen mit dunkler Hautfarbe (Fitzgerald 4 – 6) bedürfen daher eine sechsmal längere Sonnenlichtexposition, um die gleiche Menge an Vitamin D₃ zu synthetisieren wie Personen mit hellem Kolorit (9).

Darüber hinaus wirken sich zahlreiche Erkrankungen nachteilig auf den Vitamin-D-Haushalt aus (6, 11, 19, 24). Erkrankungen des Gastrointestinaltraktes können die Resorption des fettlöslichen Vitamins senken, den enterohepatischen Kreislauf unterbinden oder bestimmte Diäten erfordern. So sind niedrigere Serumwerte etwa im Zusammenhang mit einer Mukoviszidose, einer Zöliakie, chronisch-entzündlichen Darmerkrankungen oder nach Magen-Bypass-Operation beschrieben (6, 19, 24).

Widererwartend werden auch bei starkem Übergewicht vielfach erniedrigte Vitamin-D-Konzentrationen gemessen (6, 19). Trotz der insgesamt erhöhten Nahrungszufuhr enthalten die gewählten Lebensmittel oft einen geringen Anteil an Mikronährstoffen und Vitaminen, sodass der Bedarf nicht durch orale Aufnahme gedeckt wird. Das vermehrte Unterhautfettgewebe hält das kutan gebildete Vitamin D₃ zurück und begünstigt die Prädisposition zu niedrigen Konzentrationen im Blut (19).

Weitere Risikofaktoren sind Erkrankungen der Nieren und der Leber, die zu einer beeinträchtigten Organfunktion und herabgesetzten Syntheseleistung führen (6) sowie eine Therapie mit Antikonvulsiva, Glukokortikoiden oder HIV-Medikamenten, die mit den Zytochrom P-450-Enzymen der Leber interagieren (5, 6, 11).

Darüber hinaus beeinflussen zahlreiche individuelle Lebensweisen in Hinblick auf die Ernährung, die Kleidung, den Sonnenschutz, den Außenaufenthalt oder den Ort der Arbeit die Sonnenlichtexposition und die Vitamin-Versorgung (2, 7, 19).

2.3. Vitamin D unter klinischem Personal

Zur Vitamin-D-Versorgung von Beschäftigten im Gesundheitssystem liegen nur wenige Daten vor. Grundsätzlich scheint der Arbeitsplatz im Krankenhaus durch lange Arbeitstage und feh-

lende Sonneneinstrahlung die Entwicklung eines Vitamin-D-Mangels zu begünstigen (12-14, 41-43), unregelmäßige und ungesunde Ernährungsgewohnheiten erhöhen dieses Risiko (14, 41, 43).

Nur wenige Studien objektivieren die Vitamin-D-Versorgung des medizinischen Personals (14). Die meisten Studien zu dieser Thematik wurden in Südasien (Pakistan, Indien, Bangladesch) durchgeführt. Aufgrund einer anderen geografischen Lage und Klimazone sowie unterschiedlichen Kulturen, Essgewohnheiten und Traditionen (z.B. Kleidungsgewohnheiten) und abweichenden Arbeitsbedingungen sind die Ergebnisse nur bedingt auf andere Regionen übertragbar. Zum Krankenhauspersonal in Mitteleuropa liegen bislang keine Informationen vor.

Der Vergleich zwischen Studien und Populationen wird zudem durch unterschiedliche Analysemethoden und abweichende Referenzwerte erschwert (10). Zur leichteren Vergleichbarkeit und besseren Übersicht werden die Ergebnisse der Literatur auf Basis der Normwerte des RKI, mit einer Mangelversorgung unterhalb von 20 µg/L, berichtet und in „µg/L“ angegeben (10). Die verfügbaren Daten weisen übereinstimmend auf eine kritische Versorgungssituation von Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern im Krankenhaus hin (12-14, 41-43). Das durchschnittliche Calcidiol im Serum wurde mit 4,6 µg/L bzw. 11,6 µg/L in Indien (43), 10,9 µg/L in Pakistan (41), 13,7 µg/L in Bangladesch (13), 15 µg/L in Israel (12) und 26,8 µg/L in Boston, USA, (42) gemessen. Der Anteil insuffizienter Proben lag zwischen 97 % in Pakistan (Multan) (41) und 25 % in den USA (Boston) (42). Detaillierte Angaben und Ergebnisse zu den einzelnen Studien sind der Tabelle 5 im Anhang zu entnehmen.

Günstigen Einfluss auf die Vitamin-D-Versorgung unter medizinischem Personal hatten ein höheres Alter und eine längere Arbeitserfahrung (12, 13). Darüber hinaus korrelierten die gemessenen Serumwerte mit der Dauer der Sonnenlichtexposition, ein längerer Aufenthalt im Freien war mit höheren Messwerten assoziiert (12, 41). Auch die Einnahme von Vitaminpräparaten (13, 42) und das Reisen in Äquatornähe (42) zeigten einen günstigen Einfluss.

Als Risikofaktor für eine Mangelversorgung ließen sich Vorerkrankungen identifizieren (13). Islam et al. wiesen einen ungünstigen Einfluss einer Adipositas, eines Nikotinabusus, einer arteriellen Hypertonie und chronischer Herzerkrankungen nach (13). Darüber hinaus wurde ein signifikanter Zusammenhang zur Ethnizität festgestellt (12, 42). In Boston war ein dunkles Hautkolorit (42) und in Israel war die arabische gegenüber der jüdischen Ethnizität mit niedrigeren Serumwerten assoziiert (12). Als weiterer Risikofaktor wurde das Arbeiten in Nachtschichten beschrieben (12).

Die Daten zum geschlechtsspezifischen Risiko unterscheiden sich zwischen den Studien; während Frauen in Südasien auf Grund der traditionellen islamischen Kleidungsgewohnheiten einem höheren Risiko ausgesetzt sind (13, 14, 41), scheint das weibliche Geschlecht im Westen ein protektives Merkmal zu sein (42).

Naseem analysierte in einer Querschnittstudie neben der Vitamin-D-Versorgung auch die Auswirkungen auf den Knochenstoffwechsel und diagnostizierte bei 71,3 % (n = 107) der teilnehmenden pakistanischen Assistenzärzte eine Osteomalazie und bei weiteren 9,3 % (n = 14) eine Osteoporose (41).

Im Vergleich zu niedergelassenen Medizinerinnen und Medizinern stellten Munter et al. eine signifikant niedrigere Vitamin-D-Versorgung bei klinisch-tätigem Personal fest. Während das Risiko ambulant-tätiger Ärztinnen und Ärzte vergleichbar mit anderen Innenarbeitsplätzen in Israel war, wiesen die Klinikerinnen und Kliniker signifikant niedrigere Serumkonzentrationen (15 µg/L vs. 19,4 µg/L) und einen signifikant höheren Anteil defizitär versorgter Teilnehmender (68 % vs. 77 %) auf (12). Als Ursache vermuteten Munter et al. das Arbeiten an Wochenenden und die fehlende Unterbrechung langer Arbeitstage (12).

Während die meisten Studien allein das ärztliche Personal untersuchten, verglichen Jadoon et al. die Versorgungssituation zwischen ärztlichem und pflegerischem Krankenhauspersonal und beschrieben für die Pflegekräfte ein erhöhtes Risiko (14). Die Pflege sei laut Jadoon durch das Arbeiten im Schichtdienst, mit langen Arbeitstagen und unregelmäßigen Mahlzeiten, durch das Tragen schützender Uniformen und einen hohen Frauenanteil besonders gefährdet (14).

In Anbetracht der hohen Prävalenzen, appellieren die Autoren der Studien, die Gesundheit der Beschäftigten im Gesundheitssystem zu fördern und leiten die Empfehlung für eine ausgewogene, Vitamin-D-reiche Ernährung und einen bewussten Sonnenlichtaufenthalt ab (41, 42). Darüber hinaus fordern einige Autoren eine regelmäßige Kontrolle der Serumwerte (12, 14, 42) und empfehlen die eigenständige Substitution von Vitamin D (12-14).

3. Methodik

3.1. Durchführung und Ablauf

Die E-VitaD Studie wurde als vierarmige Querschnittstudie mit zwei Erhebungszeitpunkten zwischen Februar und Oktober 2021 durchgeführt (Abbildung 2). Die Daten wurden am Pius-Hospital Oldenburg und dem Abfallwirtschaftsbetrieb der Stadt Oldenburg erhoben.

Der erste Messzeitpunkt lag in der 8. Kalenderwoche zwischen dem 22.02. und dem 28.02.2021. Die zweite Erhebung erfolgte zum Ende der Sommermonate in der 36. Kalenderwoche zwischen dem 06.09. und dem 12.09.2021. Da dieser Zeitraum bei einigen Teilnehmerinnen und Teilnehmern in die Urlaubszeit fiel, wurde der zweite Messzeitpunkt um zwei weitere Wochen verlängert.

Das Personal des Pius-Hospitals und des AWB wurde per Rundschreiben über einen E-Mail-verteiler der Geschäftsführung und mittels Auslagen über die Art und das Format der Studie informiert. Sie erhielten Informationen zu dem Studienziel, den Anforderungen, dem Ablauf sowie Datenschutzbestimmungen und möglichen Risiken der Studie. Die Arbeitnehmerinnen und Arbeitnehmer wurden aufgefordert, sich bei Interesse zur Terminabsprache zu melden.

Nach Gabe des Einverständnisses, erfolgte bei den Teilnehmenden zu beiden Erhebungszeitpunkten eine venöse Blutentnahme. Die Teilnehmenden wurden zudem gebeten, an beiden Zeitpunkten zwei Fragebögen auszufüllen. Der eine Fragebogen erhob Einflussfaktoren auf die Vitamin-D-Versorgung, der zweite Fragebogen fragte die gesundheitsbezogene Lebensqualität ab.

Die Probandinnen und Probanden wurden abhängig von ihrem beruflichen Tätigkeitsfeld in die Gruppen des stationären vs. operativen vs. administrativen Klinikpersonals oder extraklinische Müllwerker eingeteilt.

Nach Vorliegen der Laborergebnisse wurden die Teilnehmerinnen und Teilnehmer über ihren individuellen Serumwert informiert und bei Bedarf durch die Betriebsärztin beraten. Die Mitteilung erfolgt mit Zustimmung der Teilnehmenden erst nach der wiederholten Messung im Sommer. Teilnehmende mit ungenügenden Serumwerten wurden aus ethischen Überlegungen bereits nach dem ersten Messzeitpunkt informiert.

Eine Aufwandsentschädigung für die Studienteilnahme erfolgt nicht.

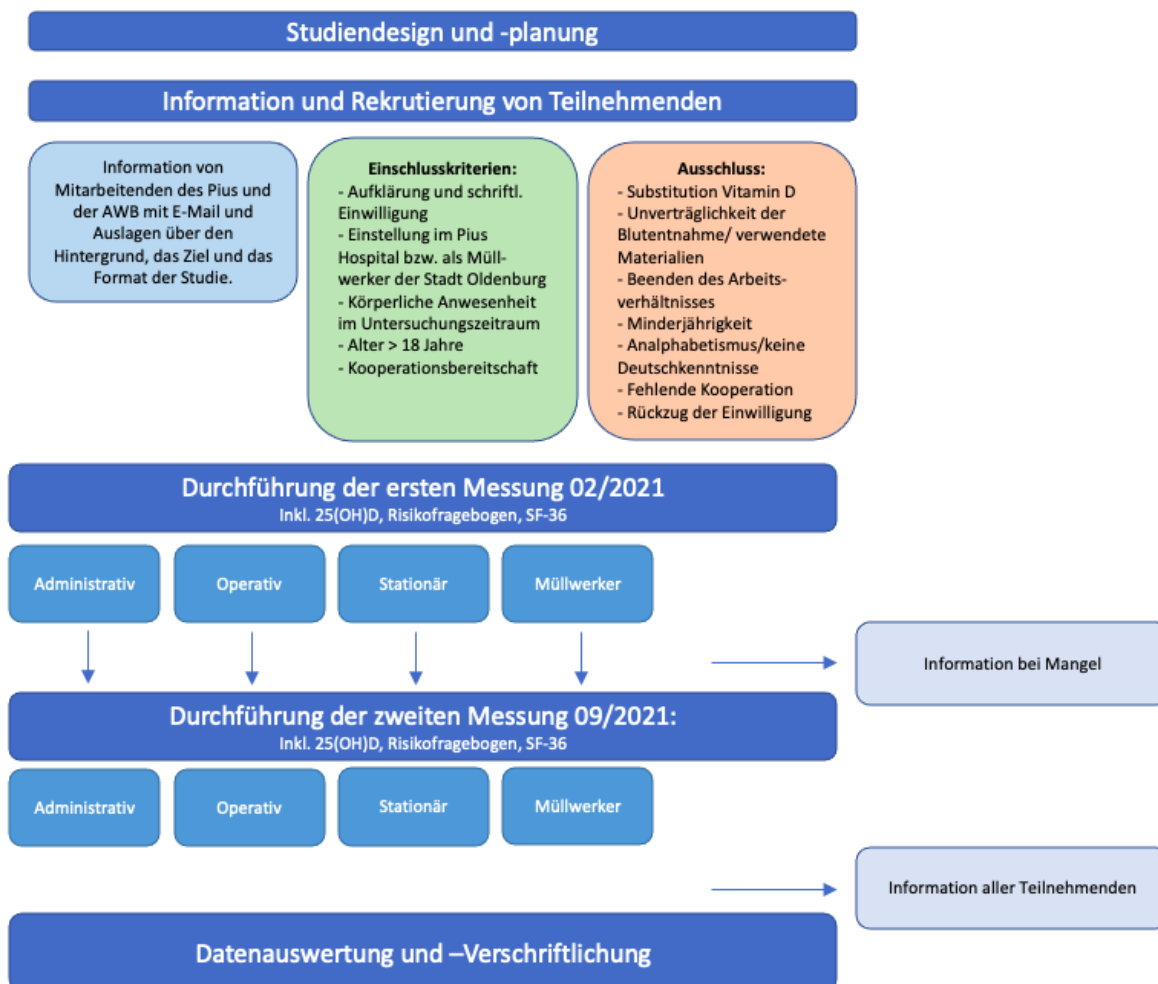


Abbildung 2: Studiendurchführung und -ablauf

3.2. Teilnehmerinnen und Teilnehmer

Die E-VitaD Studie untersuchte in einem vierarmigen Aufbau die Vitamin-D-Versorgung in verschiedenen Tätigkeitsbereichen. Verglichen wurden drei Tätigkeitsfelder im Krankenhaus und eine nicht-klinische Berufsgruppe am Außenarbeitsplatz (Vgl. Abbildung 3). Das klinische Personal war im Pius-Hospital Oldenburg tätig und verteilte sich auf die Bereiche der stationären Versorgung, der operativen Versorgung und der administrativen Tätigkeit. Das stationäre Personal umfasste die Berufsgruppen der Krankenpflege, der Krankenpflegehilfe, der Physiotherapie, Personal des Service und der Raumpflege sowie Ärztinnen und Ärzten mit ausschließlich stationärer Tätigkeit. Die operativ tätige Gruppe bildeten die OP-Pflege, die

Anästhesie-Pflege, die Anästhesie und chirurgisch-tätige Ärztinnen und Ärzte. Das administrative Personal setzte sich aus dem Personal der Anmeldung, Organisation und Verwaltung, Personal der IT-Technik, wissenschaftlichen Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern sowie Sekretärinnen und Sekretären zusammen.

Im Pius-Hospital wurde das Projekt dem Datenschutzbeauftragten und dem Betriebsrat vorgelegt und durch sie bewilligt. Die Rekrutierung des Krankenhauspersonals erfolgte durch Auslagen und Rundschreiben, die über die Geschäftsführung verschickt wurden.

Die Berufsgruppe am Außenarbeitsplatz bildeten die Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter des Abfallwirtschaftsbetriebs Oldenburg, die im Bereich der Abfallsammlung eingesetzt waren.

Die Information der Müllwerkerinnen und Müllwerker über die Studie erfolgte über die Geschäftsleitung des AWB in Form von Rundschreiben per E-Mail und Aushängen.

Der Einschluss der Probandinnen und Probanden erfolgte unter Beachtung der Ein- und Ausschlusskriterien. Voraussetzung für die Teilnahme war die Aufklärung der Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter und ihre schriftliche Einwilligung. Nur Personal, das zum Untersuchungszeitpunkt volljährig und örtlich anwesend war, konnte eingeschlossen werden. Ebenfalls war die aktive Einstellung beim Pius-Hospital oder beim AWB und der Einsatz in einem der untersuchten Tätigkeitsfelder erforderlich. Krankenhausmitarbeiterinnen und -mitarbeiter, die sich nicht den drei Tätigkeitsbereichen zuordnen ließen, konnten nicht in die Studie aufgenommen werden. Dies betraf unter anderem das Personal des Labors, der Reinigung und Bettenversorgung oder der Küche.

Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter, die bereits Vitamin D substituierten, wurden von der Teilnahme ausgeschlossen. Ebenso wurden Beschäftigte, bei denen die Aufklärung und das Beantworten der Fragebögen aufgrund von Analphabetismus oder fehlender Deutschkenntnisse nicht möglich waren, ausgeschlossen. Ein weiterer Grund zum Studienausschluss war eine Unverträglichkeit gegenüber bei der Blutentnahme verwendeter Materialien oder die Unmöglichkeit einer Blutentnahme.

Die Teilnehmerinnen und Teilnehmer wurden eindringlich gebeten, zwischen den zwei Messungen von einer Substitutionstherapie oder bewussten Verhaltensveränderungen abzusehen.

Teilnehmende die dennoch eine Ergänzungstherapie begannen, wurde weiterhin in der Studie eingeschlossen. Es erfolgte jedoch die getrennte Auswertung des zweiten Messzeitpunkts, einschließlich und ausschließlich substituierender Probandinnen und Probanden.

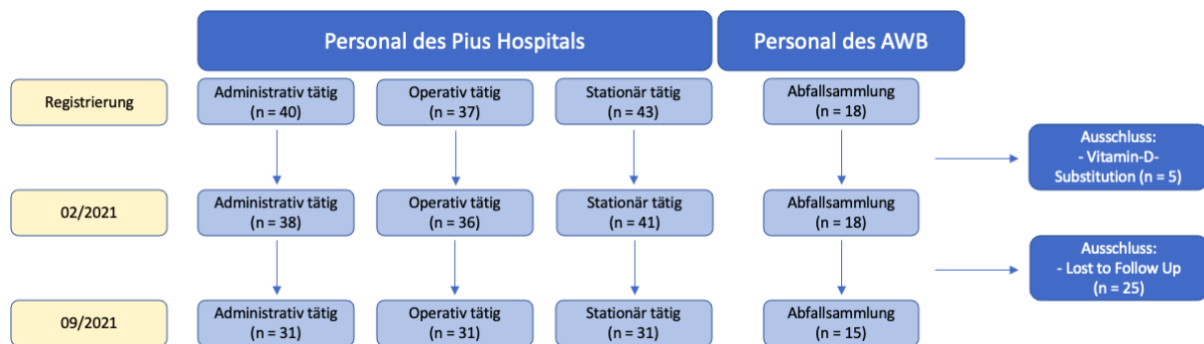


Abbildung 3: Flussdiagramm Teilnehmereinschluss

3.3. Short Form Health 36 Questionnaire

Der „Short Form Health 36 Questionnaire“ (SF-36) von 1991 ist ein validierter Fragebogen zum Erfassen der gesundheitsbezogenen Lebensqualität. Der SF-36 wird vielfach verwendet, um allgemeine und spezifische Bevölkerungsgruppen zu vergleichen, die relative Belastung unterschiedlicher Krankheiten zu bewerten und den gesundheitlichen Nutzen verschiedener Behandlungen zu unterscheiden. Der ursprünglich amerikanische Fragebogen „SF-36 Health Survey“ liegt in verschiedenen Übersetzungen vor und wurde international psychometrisch geprüft und normiert. Das Tool ist ab einem Alter von 14 Jahren validiert (28, 44). In dieser Studie wurde das für Deutschland angepasste Tool eingesetzt.

Im Selbstbericht bearbeitet der Proband oder die Probandin 36 Fragen zum sozialen, physischen und psychischen Wohlbefinden und wählt für jedes Item die Antwort, die seinem oder ihrem Befinden am nächsten kommt. Die Fragen lassen sich den acht Dimensionen Vitalität, körperliche Funktionsfähigkeit, körperliche Rollenfunktion, soziale Funktionsfähigkeit, psychisches Wohlbefinden, emotionale Rollenfunktion, körperliche Schmerzen und allgemeine Gesundheitswahrnehmung zuordnen. Die Antwortkategorien reichen von binären bis zu sechsstufigen Antwortskalen. In jeder Kategorie können zwischen 0 und 100 Punkten erzielt werden, wobei eine höhere Punktzahl einer besseren Lebensqualität entspricht. Das Bearbeiten des Fragebogens dauert zwischen fünf und zehn Minuten (44).

In dieser Studie waren neben dem Gesamtwert insbesondere die Items von Interesse, die klassische Symptome eines Vitamin-D-Mangels abfragen. Dazu gehörten die Skalen körperliche Schmerzen, Vitalität, psychisches Wohlbefinden und allgemeine Gesundheitswahrnehmung.

3.4. Risikofragebogen

Ein selbsterstellter Fragebogen diente der Analyse von Einflussfaktoren auf die Vitamin-D-Versorgung. Der Fragebogen erhob anhand von 30 Fragen Informationen zu persönlichen Angaben, zu berufsbedingten Faktoren, zum Sonnen- und Freizeitverhalten und zu Ernährungsgewohnheiten. Die Teilnehmenden wurden aufgefordert, die zutreffende Antwortmöglichkeit zu wählen oder zu formulieren; teilweise waren Mehrfachnennungen möglich.

Die persönlichen Angaben umfassten das Alter, das Geschlecht, das Gewicht, die Körpergröße, den Hauttypen, Vorerkrankungen und eine Medikamenteneinnahme. Anhand der Angaben wurde der Body-Mass-Index (BMI) berechnet. Die berufsbezogenen Fragen bezogen sich auf die Wochenarbeitsstunden, die Arbeitszeiten, den Tätigkeitsbereich, die Berufsjahre, die Tageslichtexposition am Arbeitsplatz und die Länge und Form des Dienstwegs. Das Freizeitverhalten wurde in Hinsicht auf die Uhrzeit und Länge des Außenaufenthaltes, das Nutzen von Sonnencreme, das Aufsuchen von Schatten und das Reisen abgefragt. Zum Ernährungsverhalten wurde die Verzehrhäufigkeit Vitamin-D-haltiger Nahrungsmittel wie Ei, Milchprodukte, Käse, Fisch oder Fleisch, Margarine und Orangensaft abgefragt und der Konsum von Nikotin und Nahrungsergänzungsmitteln erhoben.

3.5. Laboranalyse

Die Probengewinnung erfolgte als venöse Blutentnahme entsprechend der gängigen Standardvorgehensweise. Es erfolgte die Entnahme mit einer 5,5 ml Serum-Monovette, die im Anschluss zentrifugiert und eingefroren wurde. Nach der Blutentnahme wurden die Blutröhrchen kühl und vor Sonnenlicht geschützt gelagert, transportiert und weiterverarbeitet. Zum Ende eines jeweiligen Erhebungszeitpunktes wurden die Blutproben gesammelt an das Medizinische Labor Oldenburg versandt und dort mittels des Elecsys FS Roche Assays analysiert. Die untere Detektionsgrenze lag bei 3 µg/L. Die Teilnehmenden (n = 1) unterhalb dieser Grenze wurden mit einem Serumwert von 2,5 µg/L geführt.

Die Beurteilung der Vitamin-D-Werte erfolgte entsprechend der aktuellen Empfehlungen des RKI. Serumwerte zwischen 20 – 50 µg/L entsprechen einer optimalen Versorgung, Serumwerte zwischen 12 – 20 µg/L entsprechen einer suboptimalen Versorgung und weisen auf einen moderaten Mangel hin, Werte unter 12 µg/L werden als defizitär bewertet und zeigen einen schweren Mangel an. Vitamin-D-Werte oberhalb von 50 µg/L weisen auf eine mögliche Überversorgen hin (45).

Teilnehmerinnen und Teilnehmer mit Serumwerten unterhalb von 20 µg/L wurden aus ethischen Überlegungen bereits nach dem ersten Untersuchungszeitpunkt über den Wert mittels E-Mail informiert.

Parathormon und die Serum-Calcium-Konzentration wurden nicht gemessen.

3.6. Ort der Durchführung

Die Durchführung der Studie erfolgte an zwei Standorten.

Hauptstudienort war das Pius-Hospital in Oldenburg. Das Pius-Hospital ist seit 2014 Teil des Medizinischen Campus der Universität Oldenburg und beherbergt sechs Universitätskliniken sowie zehn weitere Kliniken und Fachabteilungen, in denen jährlich annähernd 20.000 Patientenfälle stationär und teilstationär bearbeitet werden. Als interdisziplinäres Akutkrankenhaus ist das Pius-Hospital mit 400 Betten und 1350 Beschäftigten ein Versorger mittlerer Größe (46).

Der zweite Studienort war der Abfallwirtschaftsbetrieb der Stadt Oldenburg. Der AWB ist ein öffentlich-rechtlicher Entsorgungsträger und ein Eigenbetrieb der Stadt Oldenburg. Insgesamt beschäftigt der Betrieb 170 Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter in unterschiedlichen Aufgabebereichen, im Bereich der Abfallsammlung sind 80 Mitarbeiter eingesetzt (47).

3.7. Statistik

Die Grundlage für die Berechnung der Power waren über 18 Monate erhobene Vitamin-D-Werte bei der Betriebsärztin (Mittelwert: 21,8 µg/L; Standardabweichung: 10,9; Varianz 118). Basierend auf den Daten betrug die berechnete Effektstärke 0,25. Bei einem Studiendesign mit zwei Messzeitpunkten mit insgesamt vier Gruppen und einem p-Wert von 0,05 und einer Power von 0,8 ergab sich laut G*Power (Version 3.1.9.4; Heinrich-Heine-Universität, Düssel-

dorf, Deutschland) für eine ANOVA mit Messwiederholung und Analyse der Zwischensubjekt-faktoren (Berufsgruppen) eine Gesamtfallzahl von 112 Probandinnen und Probanden. Dies entsprach einer Gruppenstärke von etwa 30 Teilnehmenden.

Um auch nach dem Ausscheiden von Teilnehmenden, bei der zweiten Erhebung ausreichend Werte zu haben und eine Normalverteilung abbilden zu können, planten wir mit 40 Probandinnen und Probanden pro Gruppe.

Die statistische Auswertung erfolgte mit dem Software Paket SPSS Statistical Software (Version 27; SPSS, Chicago, IL, USA).

Es erfolgte die deskriptive Darstellung der Studiengruppe und der erhobenen Parameter mit Angabe der absoluten und relativen Häufigkeiten, Mittelwerte (MW), Minima, Maxima und Standardabweichungen (SD). Die Vitamin-D-Versorgung der verschiedenen Tätigkeitsbereiche wurde mittels einer ANOVA mit Messwiederholung verglichen.

Um die Einflussstärke weiterer Variablen auf den 25(OH)D-Wert zu untersuchen, wurde für die metrischen Variablen (Alter, Körpergewicht, Körpergröße, BMI, Jahre im Beruf, Arbeitszeit ohne Tageslicht, Strecke des Dienstwegs, Aufenthaltsdauer im Freien) der Korrelationskoeffizient nach Pearson berechnet. Ein p-Wert $< 0,05$ wurde als statistisch signifikant beurteilt. Zum Adjustieren des α -Niveaus bei Mehrfachtestung nutzten wir den Rechner der Internetseite statistikguru.de (48) und berechneten den korrigierten p-Wert mittels der Korrektur nach Benjamini und Hochberg (49). Im Folgenden werden ausschließlich die korrigierten p-Werte berichtet.

Bei ordinalen und kategorialen Variablen erfolgte die Berechnung der Mittelwerte und die Angabe der 95 % Konfidenzintervalle (KI).

3.8. Ethik

Das Studienvorhaben wurde der medizinischen Ethikkommission der Carl von Ossietzky Universität Oldenburg vorgelegt und durch diese bewilligt. Die Nummer des Ethik-Votums ist 2020-172. Die Durchführung ist in Übereinstimmung mit der Deklaration von Helsinki. Die Studienteilnahme erfolgte freiwillig, alle Teilnehmerinnen und Teilnehmer wurden ausführlich informiert und willigten schriftlich in die Durchführung ein.

3.9. Datenschutz

Die Bearbeitung der erhobenen Daten und der persönlichen Mitteilungen erfolgten vertraulich. Die Studie wurde pseudonymisiert durchgeführt. Jeder Teilnehmende erhielt eine am Computer zufällig erstellte Kombination aus Zahlen und Buchstaben. Die für die Studie relevanten Daten und Listen wurden allein unter diesen Pseudonymen geführt. Zugriff auf die Pseudonymisierungsliste hatten nur die das Projekt durchführenden Personen. Zu keinem Zeitpunkt wurde die Liste kopiert oder digital gespeichert, die Vernichtung der Liste erfolgte im Anschluss an die Datenanalyse. Für den Fall, dass ein Teilnehmer oder eine Teilnehmerin die Teilnahme zurückzog, war das Löschen der Daten nur so lange möglich, wie die Pseudonymisierungsliste bestand. Nach dem Vernichten der Liste, konnten individuelle Daten nicht mehr gelöscht werden.

Die Umsetzung des Datenschutzes ist im Einklang mit der Deklaration von Helsinki und den Bestimmungen der DSGVO und der katholischen Datenschutzverordnung KDO.

3.10. Finanzierung

Die Studie wurde aus Bordmitteln der Universitätsklinik für Viszeralchirurgie des Pius-Hospitals Oldenburg finanziert.

4. Ergebnisse

4.1. Teilnehmerinnen und Teilnehmer

An dem ersten Erhebungszeitpunkt nahmen insgesamt 138 Teilnehmerinnen und Teilnehmer teil. Unter ihnen substituierten fünf Teilnehmerinnen bereits Vitamin-D-Präparate, sodass insgesamt 133 Probandinnen und Probanden in die Studie eingeschlossen wurden. Die Mehrzahl der Teilnehmenden (n = 115) war im klinischen Bereich tätig und verteilte sich mit 41 Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern auf den stationären Bereich, mit 38 Teilnehmerinnen und Teilnehmern auf administrative Tätigkeiten und mit weiteren 36 Arbeitnehmerinnen und Arbeitnehmern auf das operative Tätigkeitsfeld. Der Frauenanteil lag unter dem klinischen Personal mit 81,7 % über dem der Männer. Aus dem extraklinischen Tätigkeitsbereich wurden 18 Müllwerker der Stadt Oldenburg eingeschlossen. Die Teilnehmer waren ausschließlich männlich. Eine detaillierte Übersicht über die Merkmale der verschiedenen Untersuchungsgruppen bietet die Tabelle 1. Während die Gruppen hinsichtlich Alter, BMI und Hautfarbe vergleichbar sind, fällt der hohe Anteil an Vorerkrankungen (50 %) beim administrativen Personal auf.

Tabelle 1: Merkmale der Untersuchungsgruppen im Rahmen der ersten Erhebung (02/2021)

	Administrativ (n = 38)	Operativ (n = 36)	Stationär (n = 41)	AWB (n = 18)	Gesamt (n = 133)
Alter in Jahren; MW, (SD)	42,4 (13,5)	40,1 (12,4)	44,0 (13,1)	48,5 (11,3)	43,1 (12,9)
Weiblich, n (%)	34 (89,5 %)	25 (69,4 %)	35 (85,4 %)	0	94 (70,7 %)
Männlich, n (%)	4 (10,5 %)	11 (30,6 %)	6 (14,6 %)	18 (100 %)	39 (29,3 %)
BMI in kg/m ² ; MW (SD)	25,2 (4,3)	25,3 (4,4)	26,9 (5,3)	28,9 (4,9)	26,2 (4,9)
Hauttyp:					
Hauttyp 1; n (%)	0	1 (2,9 %)	4 (9,8 %)	0	5 (3,8 %)
Hauttyp 2; n (%)	17 (45,9 %)	21 (60 %)	24 (58,5 %)	11 (61,1 %)	73 (55,7 %)
Hauttyp 3; n (%)	17 (45,9 %)	10 (28,6 %)	12 (29,3 %)	6 (33,3 %)	45 (34,4 %)
Hauttyp 4; n (%)	3 (8,1 %)	2 (5,7 %)	1 (2,4 %)	1 (5,6 %)	7 (5,3 %)
Hauttyp 5; n (%)	0	0	0	0	0
Hauttyp 6; n (%)	0	1 (2,9 %)	0	0	1 (0,8 %)
Vorerkrankt; n (%)	19 (50 %)	9 (25 %)	13 (31,7 %)	4 (22,2 %)	45 (33,8 %)

Im Rahmen der zweiten Erhebung im September, erhielten wir Rückmeldung von 108 Teilnehmerinnen und Teilnehmern, entsprechend einem Rücklauf von 81,2 %. Die Teilnehmenden verteilten sich gleichmäßig auf die klinischen Arbeitsbereiche mit 31 Mitarbeiterinnen

und Mitarbeitern im stationären, 31 im operativen und 31 Arbeitnehmerinnen und Arbeitnehmern im administrativen Tätigkeitsbereich, sowie 15 Mitarbeiter von der Abfallwirtschaft. Die Mehrheit der Teilnehmenden war weiblich (62,6 %), beim klinischen Personal lag der Anteil bei 77,4 %, unter den Müllwerkern nahmen wieder ausschließlich Männer teil. Vier Probandinnen und Probanden begannen nach der ersten Erhebung eine Substitutionstherapie mit Vitamin D.

Die Merkmale der verschiedenen Untersuchungsgruppen sind in Tabelle 2 gegenübergestellt. Der Anteil an Beschäftigten mit Vorerkrankungen war in der administrativen Gruppe erneut deutlich höher (45,2 %).

Tabelle 2: Merkmale der Untersuchungsgruppen im Rahmen der zweiten Erhebung (09/2021)

	Administrativ (n = 31)	Operativ (n = 31)	Stationär (n = 31)	AWB (n = 15)	Gesamt (n = 108)
Alter in Jahren; MW (SD)	42,4 (14,4)	40,8 (12,3)	43,6 (13,5)	49,1 (11,9)	43,23 (13,3)
Weiblich; n (%)	27 (87,1 %)	20 (64,5 %)	25 (80,6 %)	0	72 (62,6 %)
Männlich; n (%)	4 (12,9 %)	11 (35,5 %)	6 (19,4 %)	15 (100 %)	35 (31,3 %)
BMI in kg/m ² ; MW (SD)	25,4 (4,4)	25,4 (4,5)	26,8 (5,1)	29,0 (5,2)	26,3 (4,9)
Hauttyp:					
Hauttyp 1; n (%)	0	1 (3,2 %)	3 (9,7 %)	0	4 (3,7 %)
Hauttyp 2; n (%)	17 (54,8 %)	16 (51,6 %)	17 (54,8 %)	10 (66,7 %)	60 (55,6 %)
Hauttyp 3; n (%)	13 (41,9 %)	11 (35,5 %)	10 (32,3 %)	5 (33,3 %)	39 (36,1 %)
Hauttyp 4; n (%)	1 (3,2 %)	2 (6,5 %)	1 (3,2 %)	0	4 (3,7 %)
Hauttyp 5; n (%)	0	0	0	0	0
Hauttyp 6; n (%)	0	1 (3,2 %)	0	0	1 (0,9 %)
Vorerkrankt, n (%)	14 (45,2 %)	8 (25,8 %)	8 (25,8 %)	4 (26,7 %)	40 (34,8 %)

Bei der Analyse der Vitamin-D-Versorgung in Hinsicht auf den Tätigkeitsbereich und auf die Jahreszeit, wurden im Rahmen einer ANOVA mit Messwiederholung nur Teilnehmerinnen und Teilnehmer eingeschlossen, die an beiden Erhebungen teilnahmen (n = 108). Die Analyse der Einflussfaktoren und der Lebensqualität umfasst die gesamten Probandinnen und Probanden eines jeweiligen Messzeitpunkts (n = 133 bzw. n = 108).

4.2. Vitamin-D-Versorgung

Februar:

Der mittlere 25(OH)D-Wert war im Februar mit 16,01 µg/L (SD 8,71) im suboptimalen Referenzbereich einzuordnen. Die gemessenen Serumkonzentrationen reichten von < 3 µg/L bis

maximal 63,1 µg/L. Insgesamt waren 47 Teilnehmerinnen und Teilnehmer (35,3 %) defizitär mit Vitamin D₃ versorgt, 51 Teilnehmende (38,3 %) zeigten suboptimale 25(OH)D-Werte und 35 Teilnehmerinnen und Teilnehmer (26,3 %) waren normalversorgt. Eine Teilnehmerin (0,8 %) wies eine mögliche Überversorgung mit Vitamin D₃ auf. Abbildung 4 bildet die Verteilung der 25(OH)D-Serumwerte im Februar ab.

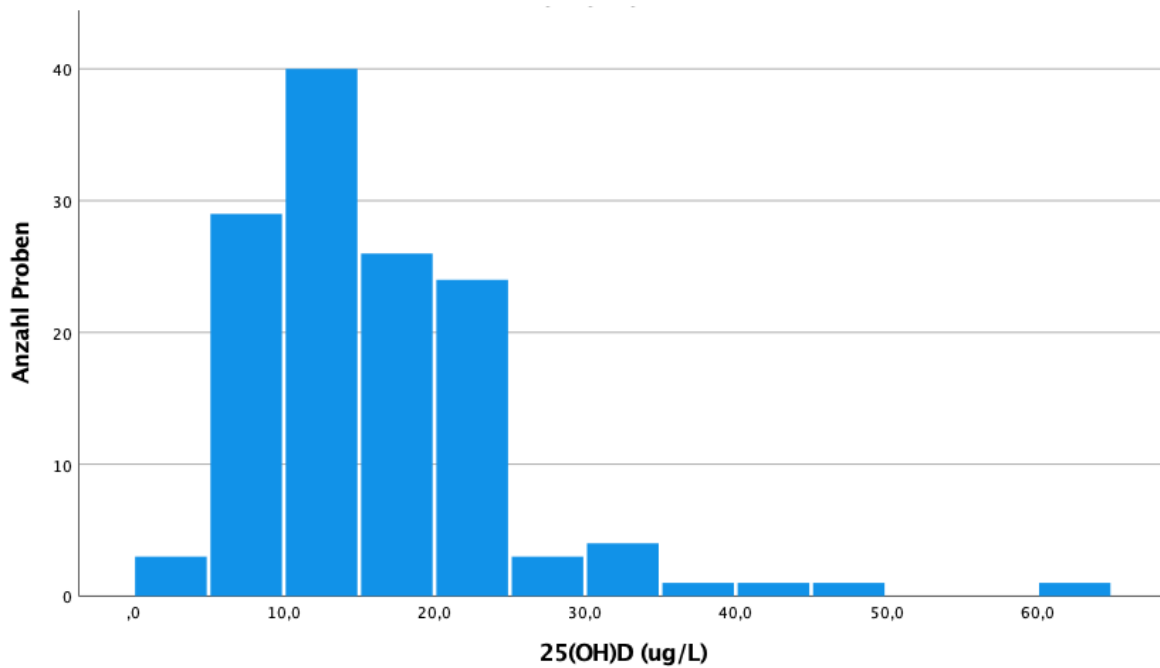


Abbildung 4: Verteilung der 25(OH)D-Serumwerte (µg/L) im Rahmen der ersten Erhebung. Die X-Achse bildet die 25(OH)D-Konzentration in µg/L ab, die Y-Achse gibt die Anzahl der Proben wieder, (Gesamtzahl = 133).

September:

Der durchschnittliche 25(OH)D-Spiegel lag im September bei 27,3 µg/L (SD 8,3) und damit im optimalen Versorgungsbereich. Die Werte reichten von mindestens 7,7 µg/L bis maximal 61,2 µg/L. Insgesamt lagen 90 Teilnehmerinnen und Teilnehmer (83,3 %) im optimalen Bereich, 14 (12,9 %) im suboptimalen und 3 (2,7 %) im unterversorgten Bereich. Ein Teilnehmer (0,9 %) wies eine mögliche Überversorgung auf. Abbildung 5 bildet die Verteilung der 25(OH)D-Serumwerte im Rahmen der zweiten Erhebung ab.

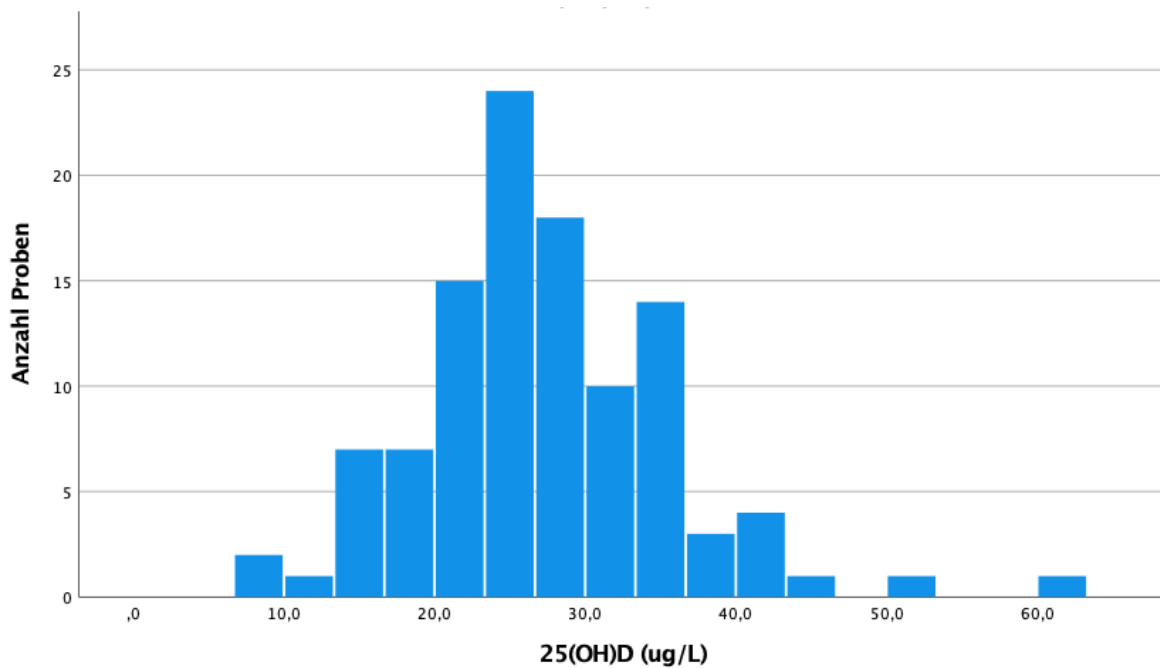


Abbildung 5: Verteilung der 25(OH)D-Serumwerte ($\mu\text{g/L}$) im Rahmen der zweiten Erhebung. Die X-Achse bildet die 25(OH)D-Konzentration in $\mu\text{g/L}$ ab, die Y-Achse gibt die Anzahl der Proben wieder, (Gesamtzahl = 108).

4.3. Vitamin D in Abhängigkeit vom Tätigkeitsfeld

Beim Vergleich der untersuchten Tätigkeitsbereiche, war das operativ tätige Krankenhauspersonal im Februar von der geringsten Vitamin-D-Versorgung betroffen. Die durchschnittliche 25(OH)D-Konzentration war in dieser Gruppe mit $13,8 \mu\text{g/L}$ (SD $8,1$) am niedrigsten und der Anteil an Beschäftigten mit einem schweren Vitaminmangel am höchsten (Vgl. Tabelle 3). Die einzelnen Messwerte des operativen Personals reichten von minimal $4,3 \mu\text{g/L}$ bis maximal $48,4 \mu\text{g/L}$.

Die nächsthöhere 25(OH)D-Versorgung wurde für die Gruppe des administrativen Klinikpersonals festgestellt. Diese Untersuchungsgruppe zeigte die größte Verteilungsbreite und wies sowohl den niedrigsten Wert der Erhebung mit $< 3 \mu\text{g/L}$ als auch den höchsten Serumspiegel mit $63,3 \mu\text{g/L}$ auf.

Das stationäre Krankenhauspersonal zeigte im Februar die höchste mittlere 25(OH)D-Konzentration und hatte den größten Anteil an normalversorgten Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern. Die einzelnen Serumkonzentrationen reichten von mindestens $5,3 \mu\text{g/L}$ bis maximal $38,8 \mu\text{g/L}$.

Beim nicht-klinischen Personal wurde ein mittlerer 25(OH)D-Wert von 17,1 µg/L (SD 9,1) gemessen. Die einzelnen Messwerte dieser Gruppe erstreckten sich von mindestens 6,3 µg/L bis maximal 44,0 µg/L.

Die Vitamin-D-Versorgung und 25(OH)D-Konzentrationen der Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter, die an beiden Erhebungen teilnahmen, sind der Tabelle 4 zu entnehmen.

Tabelle 3: 25(OH)D-Versorgung im Februar 2021 (gesamte Untersuchungsgruppe)

	Administrativ (n = 38)	Operativ (n = 36)	Stationär (n = 41)	AWB (n = 18)	Gesamt (n = 133)
25(OH)D im Serum in µg/L; MW (SD)	16,3 (10,2)	13,8 (8,1)	17,2 (7,4)	17,1 (9,1)	16 (8,7)
Optimal (20-50 µg/L); n (%)	6 (15,8 %)	6 (16,7 %)	17 (41,5 %)	5 (27,8 %)	34 (25,6 %)
Insuffizient (12-20 µg/L); n (%)	20 (52,6 %)	13 (36,1 %)	12 (29,3 %)	6 (33,3 %)	51 (38,3 %)
Defizitär (< 12 µg/L); n (%)	11 (28,9 %)	17 (47,2 %)	12 (29,3 %)	7 (38,9 %)	47 (35,3 %)
Hypervitaminose (> 50 µg/L); n (%)	1 (2,6 %)	0	0	0	1 (0,8 %)

Tabelle 4: 25(OH)D-Versorgung im Februar 2021 (ausschließlich Teilnehmende, die an beiden Messungen teilnahmen)

	Administrativ (n = 31)	Operativ (n = 31)	Stationär (n = 31)	AWB (n = 15)	Gesamt (n = 108)
25(OH)D im Serum in µg/L; MW (SD)	16,4 (10,6)	13,8 (8,5)	17,4 (7,6)	16,7 (9,0)	16,0 (9,0)
Optimal (20-50 µg/L); n (%)	5 (16,1 %)	6 (19,4 %)	13 (41,9 %)	3 (20,0 %)	27 (25,0 %)
Insuffizient (12-20 µg/L); n (%)	16 (51,6 %)	9 (29,0 %)	9 (29,0 %)	6 (40,0 %)	40 (37,0 %)
Defizitär (< 12 µg/L); n (%)	9 (29,0 %)	16 (51,6 %)	9 (29,0 %)	6 (40,0 %)	40 (37,0 %)
Hypervitaminose (> 50 µg/L); n (%)	1 (3,2 %)	0	0	0	1 (0,9 %)

Auch bei der wiederholten Erhebung im September hatte das operativ tätige Personal mit 25,7 µg/L (SD 7,5) die niedrigste durchschnittliche 25(OH)D-Konzentration und den kleinsten Anteil an ausreichend versorgten Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern (Vgl. Tabelle 5). Die einzelnen Serumkonzentrationen reichten von minimal 7,7 µg/L bis maximal 42,3 µg/L. Mit 7,7 µg/L wurde in dieser Gruppe der niedrigste Wert der zweiten Erhebung gemessen.

Mit geringfügig höheren Serumkonzentrationen folgten das administrative und das stationäre Klinikpersonal. Unter den administrativ tätigen Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern wurden Blutwerte zwischen mindestens 9,5 µg/L und maximal 45,4 µg/L gemessen und unter den stationären Beschäftigten verteilten sich die 25(OH)D-Konzentrationen über eine Spanne von minimal 14,1 µg/L bis maximal 61,2 µg/L. Dieser Wert entsprach dem Höchstwert der zweiten Messung.

Die höchsten 25(OH)D-Konzentrationen der zweiten Erhebung wurden mit einem durchschnittlichen Wert von 31,2 µg/L (SD 7,3) bei der nicht-klinischen Versuchsgruppe gemessen. Mit dem kleinsten Wert von 20,5 µg/L und einem Maximum von 50,1 µg/L lagen alle Mitarbeiter der Abfallwirtschaft im Bereich einer optimalen Vitamin-D-Versorgung.

Tabelle 5: 25(OH)D-Versorgung der Teilnehmenden im September 2021

	Administrativ (n = 31)	Operativ (n = 31)	Stationär (n = 31)	AWB (n = 15)	Gesamt (n = 108)
25(OH)D im Serum in µg/L; MW (SD)	26,7 (8,2)	25,7 (7,5)	27,6 (9,3)	31,2 (7,3)	27,3 (8,3)
Optimal (20-50 µg/L); n (%)	25 (80,6 %)	24 (77,4 %)	26 (83,9 %)	15 (100 %)	90 (83,3 %)
Insuffizient (12-20 µg/L); n (%)	5 (16,1 %)	5 (16,1 %)	4 (12,9 %)	0	14 (13,0 %)
Defizitär (< 12 µg/L); n (%)	1 (3,2 %)	2 (6,5 %)	0	0	3 (2,8 %)
Hypervitaminose (> 50 µg/L); n (%)	0	0	1 (3,2 %)	0	1 (0,9 %)

Unter den Probandinnen und Probanden, die an beiden Erhebungen teilnahmen, stieg das durchschnittliche 25(OH)D im Serum um 11,3 µg/L von 16,0 µg/L (SD 9,0) auf 27,3 µg/L (SD 8,3).

In jeder der untersuchten Berufsgruppen nahm die Vitamin-D-Versorgung über die Sommermonate signifikant zu (Vgl. Abbildung 6). Die Gruppe mit dem höchsten 25(OH)D-Anstieg waren die Mitarbeiter in der Abfallwirtschaft. Unter ihnen stieg der mittlere 25(OH)D-Wert um 14,5 µg/L. Bei den Krankenhausmitarbeitern zeigte das operativ tätige Personal einen durchschnittlichen Zuwachs von 11,8 µg/L, das administrative Personal einen Zuwachs von 10,4 µg/L und die stationären Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter einen Anstieg von 10,1 µg/L.

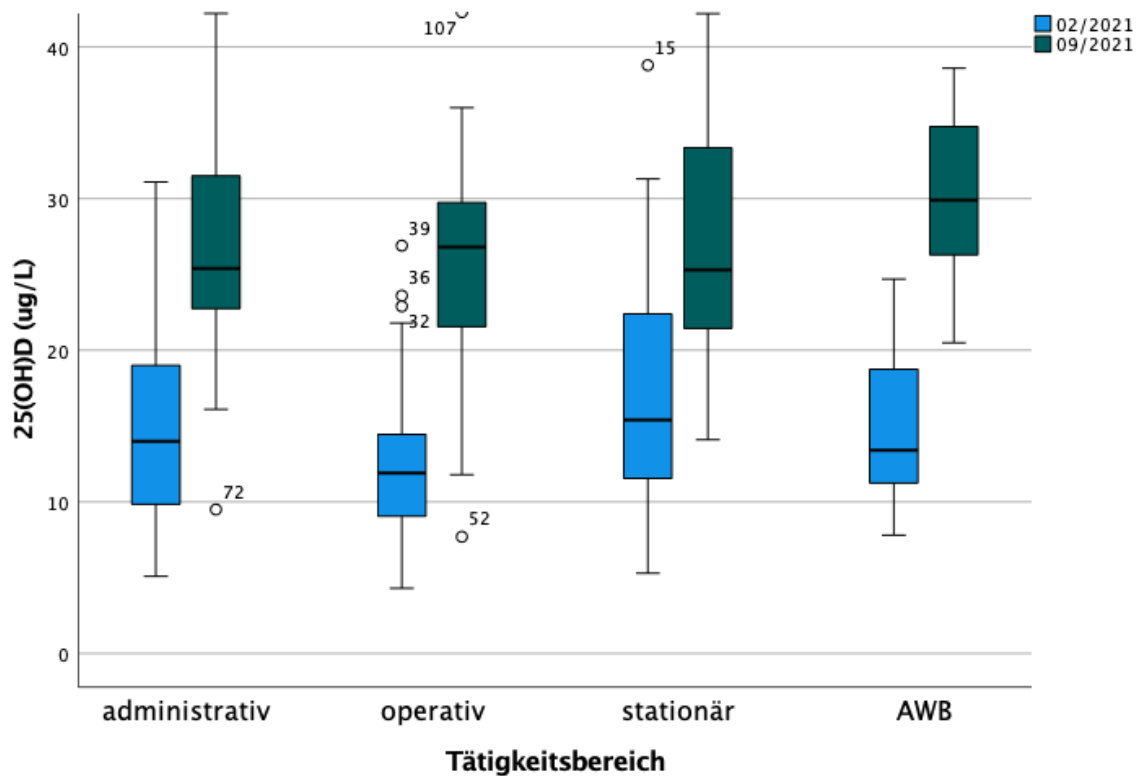


Abbildung 6: 25(OH)D-Versorgung ($\mu\text{g/L}$) der verschiedenen Tätigkeitsbereiche im Februar (blau) und September (grün) 2021. Die Boxen bilden das 1. und das 3. Quartil sowie den Median ab, die Whiskers bilden den 1,5 Interquartilabstand (IQA) ab, Ausreißer sind als Kreise dargestellt.

Eine ANOVA mit Messwiederholung zeigte keinen signifikanten Unterschied in der Vitamin-D-Versorgung zwischen den verschiedenen Tätigkeitsfeldern. Sowohl die absoluten 25(OH)D-Werte als auch die Entwicklung der Werte unterschieden sich zwischen den vier Versuchsgruppen nicht signifikant, $p = 0,49$.

Die Jahreszeit der Erhebung hatte einen signifikanten Einfluss auf die Höhe des 25(OH)D-Spiegels. Eine ANOVA mit Messwiederholung mit Greenhouse-Geisser-Korrektur zeigte einen signifikanten Anstieg der Vitamin-D-Versorgung über die Sommermonate, $F(1, 104) = 141,84$; $p < 0,001$.

4.4. Weitere Einflussgrößen

Februar:

Bei der Untersuchung von weiteren Einflussgrößen auf die 25(OH)D-Serumkonzentration, wurde in der Korrelationsanalyse nach Pearson ein signifikanter Zusammenhang zwischen dem Lebensalter und der Höhe des 25(OH)D-Wertes gefunden, $r(132) = 0,232$; $p = 0,036$. Teil-

nehmerinnen und Teilnehmern im höheren Alter wiesen höhere 25(OH)D-Konzentrationen im Serum vor (Vgl. Abbildung 7).

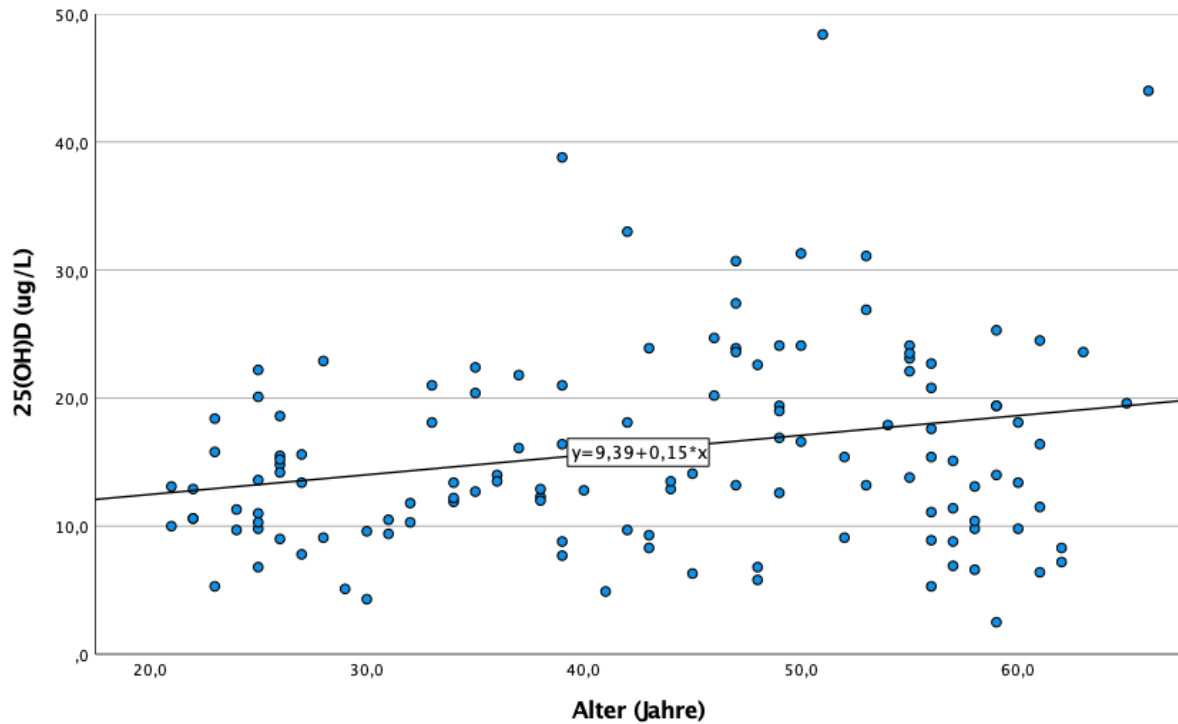


Abbildung 7: Zusammenhang zwischen den Lebensjahren und dem 25(OH)D-Serumwert im Februar 2021. Die X-Achse bildet das Lebensalter der Teilnehmenden in Jahren ab, die Y-Achse gibt die 25(OH)D-Konzentration in µg/L wieder, die eingezeichnete Gerade bildet die lineare Anpassungsfunktion ab, (Gesamtzahl = 133)

Daneben bestand ein signifikanter Zusammenhang zwischen der Arbeitserfahrung im Berufsfeld und dem gemessenen 25(OH)D, $r(128) = 0,282$; $p = 0,036$. Mit zunehmenden Jahren im Tätigkeitsfeld stieg in der Untersuchungsgruppe die Serumkonzentration an 25(OH)D (Vgl. Abbildung 8).

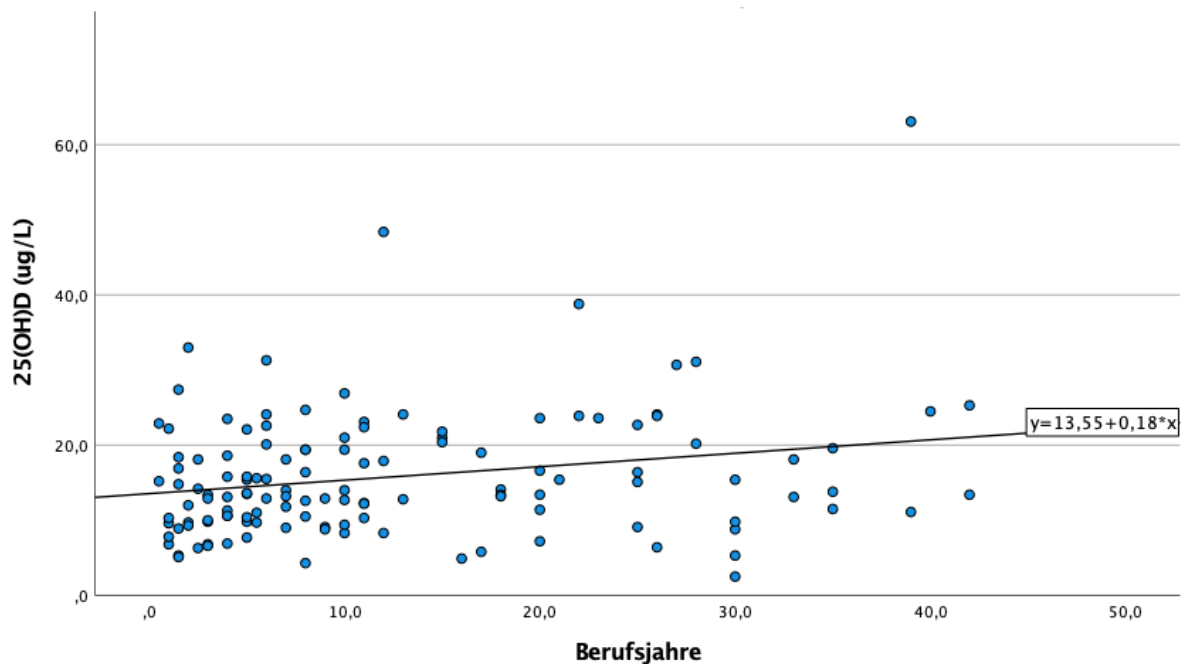


Abbildung 8: Zusammenhang zwischen den Berufsjahren im Tätigkeitsfeld und dem 25(OH)D-Serumwert im Februar 2021. Die X-Achse bildet die Berufserfahrung der Teilnehmenden in Jahren ab, die Y-Achse gibt die 25(OH)D-Konzentration in $\mu\text{g/L}$ wieder, die eingezeichnete Gerade bildet die lineare Anpassungsfunktion ab, (Gesamtzahl = 129).

Bei der Testung auf Unabhängigkeit, zeigte sich eine signifikante Beziehung zwischen dem Lebensalter einer Person und ihrer Berufserfahrung im Tätigkeitsfeld, $r(127) = 0,616$; $p < 0,001$.

September:

Bei der zweiten Erhebung bestand eine signifikante Assoziation zwischen dem Verzehr von Nahrungsergänzungsmitteln und der 25(OH)D-Serumkonzentration. Teilnehmende, die angaben, Vitamine, Elektrolyte oder Spurenelemente zu substituieren, zeigten beim zweiten Messzeitpunkt signifikant höhere Serumwerte. Der durchschnittliche Serumwert lag in dieser Gruppe bei $33,04 \mu\text{g/L}$; 95 % KI [28,15 – 37,94] gegenüber $25,44 \mu\text{g/L}$; 95 % KI [23,95 – 26,95] in der Gruppe ohne Einnahme von Nahrungsergänzungsmitteln (Vgl. Abbildung 9).

Die Nahrungsergänzungsmittel waren: Magnesium (5x), Vitamin D (4x), BCAA (2x), OPC (2x), Vitamin B12 (2x), β -Carotin (1x), Eisen (1x), Kieselerde (1x), Multivitamine (1x), Omega-3-Fettsäuren (1x), Orthomol-Immun (1x), Vitamin C (1x), keine Angabe (1x).

Auch nach Ausschluss der Probandinnen und Probanden, die Vitamin-D-Präparate substituieren, bestand der signifikante Zusammenhang zu höheren 25(OH)D-Werten unter der Zufuhr

von Nahrungsergänzungsmitteln anderer Art; MW 33,96 µg/L; 95 % KI [27,66 – 40,27] vs. 25,85 µg/L; 95 % KI [24,37 – 27,33].

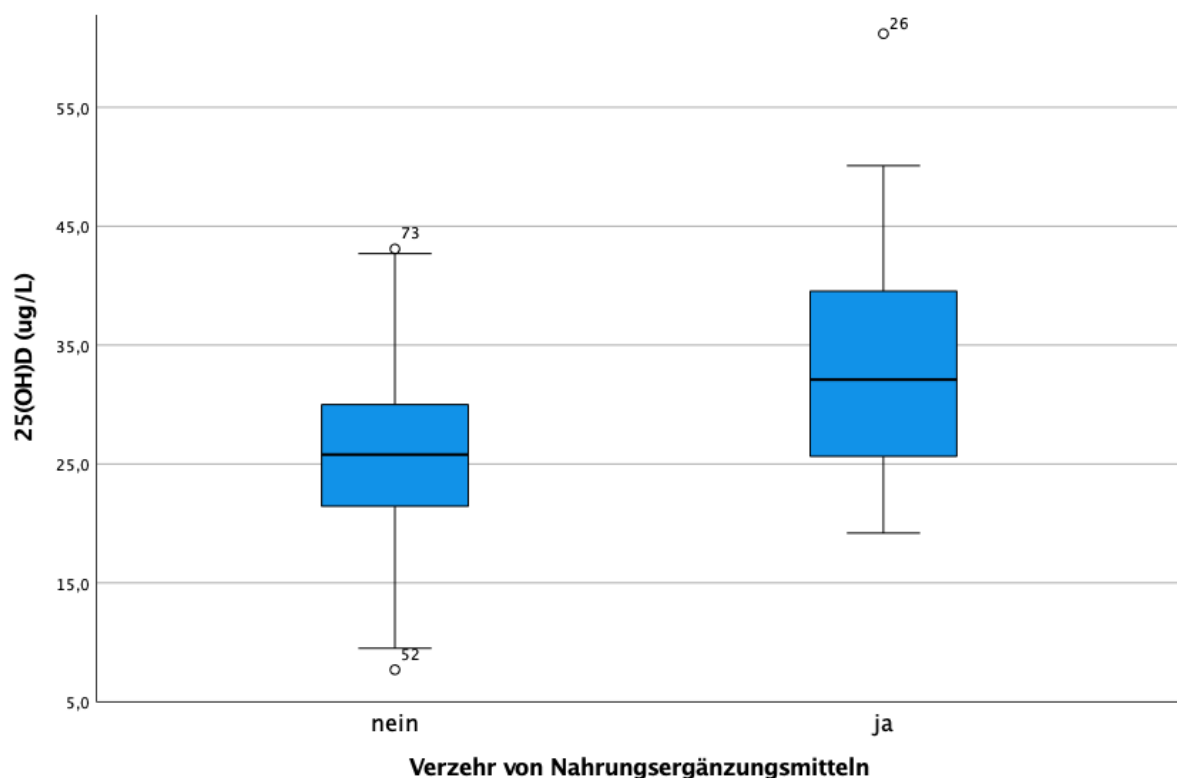


Abbildung 9: 25(OH)D-Versorgung in Abhängigkeit von der Einnahme von Nahrungsergänzungsmitteln im September 2021. Die Boxen bilden das 1. und das 3. Quartil sowie den Median ab, die Whiskers bilden den 1,5-fachen IQA ab, Ausreißer sind als Kreise dargestellt.

Nach Ausschluss der Teilnehmerinnen und Teilnehmer, die eine Substitutionstherapie mit Vitamin D begannen, zeigte sich darüber hinaus ein signifikanter Zusammenhang zwischen dem Reiseverhalten und der Vitamin-Versorgung. Teilnehmende, die angaben, in den letzten sechs Wochen verreist zu sein, zeigten signifikant höhere 25(OH)D-Werte. Unter ihnen lag der mittlere 25(OH)D-Wert bei 28,91 µg/L; 95 % KI [26,47 – 31,35] im Vergleich zu 24,55 µg/L; 95 % KI [22,64 – 26,46] in der Gruppe, die nicht gereist ist (Vgl. Abbildung 10).

Die Reiseziele waren: innerhalb von Deutschland (20x), Spanien (5x), Griechenland (2x), Italien (2x), Dänemark (1x), Frankreich (1x), Kroatien (1x), Niederlande (1x), Portugal (1x), Österreich (1x), Schweiz (1x), Türkei (1x), ohne Angabe (2x).

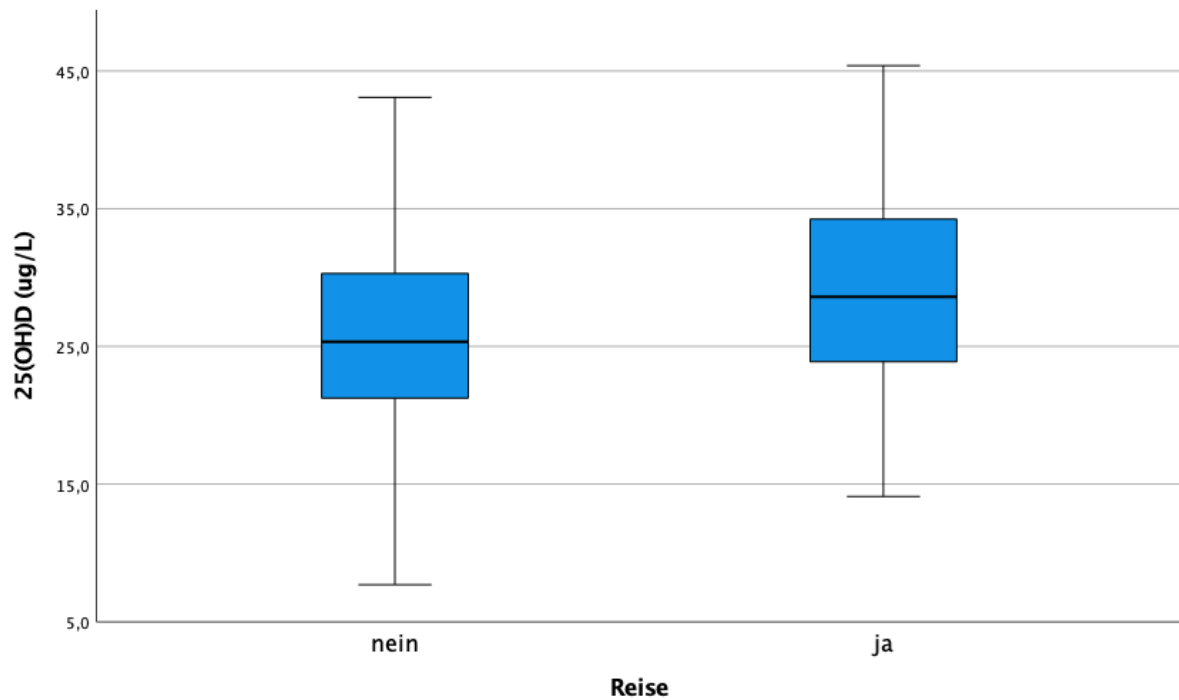


Abbildung 10: 25(OH)D-Versorgung in Abhängigkeit vom Reisestatus im September 2021. Die Boxen bilden das 1. und das 3. Quartil sowie den Median ab, die Whiskers bilden den 1,5-fachen IQA ab.

Alle weiteren Variablen zu persönlichen Angaben, Arbeitsplatzfaktoren, Freizeitverhalten und Ernährungsgewohnheiten zeigten keinen signifikanten Bezug zur Höhe des 25(OH)D im Serum. Die Mittelwerte und Konfidenzintervalle der erhobenen Variablen sind im Anhang in Tabelle 4 zusammengestellt.

4.5. Vitamin D und Lebensqualität

Februar:

Die Studiengruppe erreichte im SF-36 eine durchschnittliche Gesamtpunktzahl von 79,8 Punkten (SD 12,5). Die Gesamtpunktwerte der verschiedenen Tätigkeitsbereiche waren vergleichbar. Das klinische Personal beurteilte die Kategorien Vitalität und psychisches Wohlbefinden etwas schlechter als das nicht-klinische Personal, berichtete jedoch, weniger unter Schmerzen zu leiden. Tabelle 6 stellt die Punktwerte der unterschiedlichen Tätigkeitsfelder gegenüber.

Tabelle 6: Lebensqualität gemessen in Punkträngen des SF-36 im Februar 2021. (Ein höherer Punktwert entspricht einer besseren Lebensqualität. Maximal sind 100 Punkte zu erreichen.)

	Administrativ (n = 38)	Operativ (n = 36)	Stationär (n = 41)	AWB (n = 18)	Gesamt (n = 133)
Vitalität; MW (SD)	53,3 (16,1)	55,88 (14,1)	50,11 (14,9)	65,3 (20,2)	54,8 (16,4)
Psychisches Wohlbe- finden; MW (SD)	69,7 (17,6)	75,2 (12,6)	75,8 (12,7)	80,6 (13,2)	74,5 (14,6)

Schmerzen; MW (SD)	81,1 (22,5)	89,1 (20,5)	84 (19,7)	76,9 (26,2)	83,6 (21,8)
Gesundheit; MW (SD)	65,8 (17,2)	74,9 (13,0)	69,7 (14,1)	72,4 (19,2)	70,3 (15,7)
Gesamtwert; MW (SD)	77,3 (14,7)	83,3 (9,8)	78,3 (11,2)	81,4 (14,3)	79,8 (12,5)

Der im SF-36 durchschnittlich erzielte Gesamtwert lag im Februar in jedem der untersuchten Tätigkeitsfelder oberhalb des altersnormierten Referenzwerts für Deutschland (Vgl. Abbildung 11). Mit geringen Differenzen zwischen den Gruppen erzielte das operativ tätige Personal den höchsten Gesamtwert.

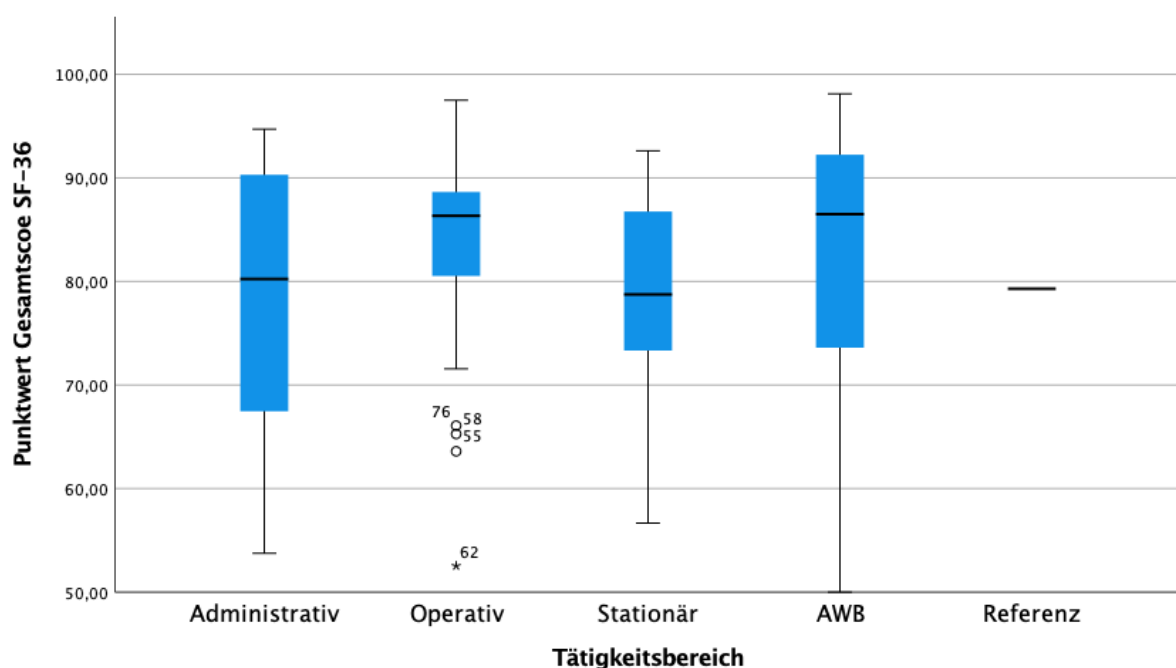


Abbildung 11: Punktwert im Gesamtscore des SF-36 in Abhängigkeit des Tätigkeitsbereichs gegenüber der altersnormierten Referenz im Rahmen der Erhebung im Februar. Die Boxen bilden das 1. und das 3. Quartil sowie den Median ab, die Whiskers bilden den 1,5-fachen IQA ab.

September:

Die Teilnehmenden bewerteten ihre Lebensqualität im September mit einer mittleren Gesamtpunktzahl von 81,1 Punkten (SD 12,7). Die Skalen für Vitalität und psychisches Wohlbefinden verbesserten sich unter dem Klinikpersonal seit der ersten Befragung gering. Die Ergebnisse der verschiedenen Tätigkeitsfelder sind in Tabelle 7 gegenübergestellt.

Tabelle 7: Lebensqualität gemessen in Punkträngen des SF-36 im September 2021 (Ein höherer Punktwert entspricht einer besseren Lebensqualität. Maximal sind 100 Punkte zu erreichen.)

	Administrativ (n = 31)	Operativ (n = 31)	Stationär (n = 31)	AWB (n = 15)	Gesamt (n = 108)
Vitalität; MW (SD)	51,9 (20,8)	61,6 (16,7)	50,3 (16,9)	70,8 (19,7)	56,9 (19,6)
Psychisches Wohlbefinden; MW (SD)	73,7 (18,3)	80,5 (9,6)	69,7 (17,5)	86,5 (10,9)	76,3 (16,0)
Schmerzen; MW (SD)	78,7 (23,1)	92,8 (11,6)	84,3 (21,0)	85,5 (20,2)	85,3 (20,1)
Gesundheit; MW (SD)	66,1 (18,2)	76,6 (11,6)	70,9 (17,1)	75,3 (20,8)	71,7 (17,0)
Gesamtwert; MW (SD)	78,2 (14,2)	86,1 (5,7)	77,0 (13,4)	85,4 (14,4)	81,1 (12,7)

Auch im September erreichten alle Tätigkeitsbereiche einen Gesamtwert oberhalb der altersnormierten, deutschen Referenz (Vgl. Abbildung 12). Während die administrativen und stationären Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter einen nahezu unveränderten Durchschnittswert erzielten, verbesserten sich die Gruppen des operativen Personals und der Müllwerker leicht.

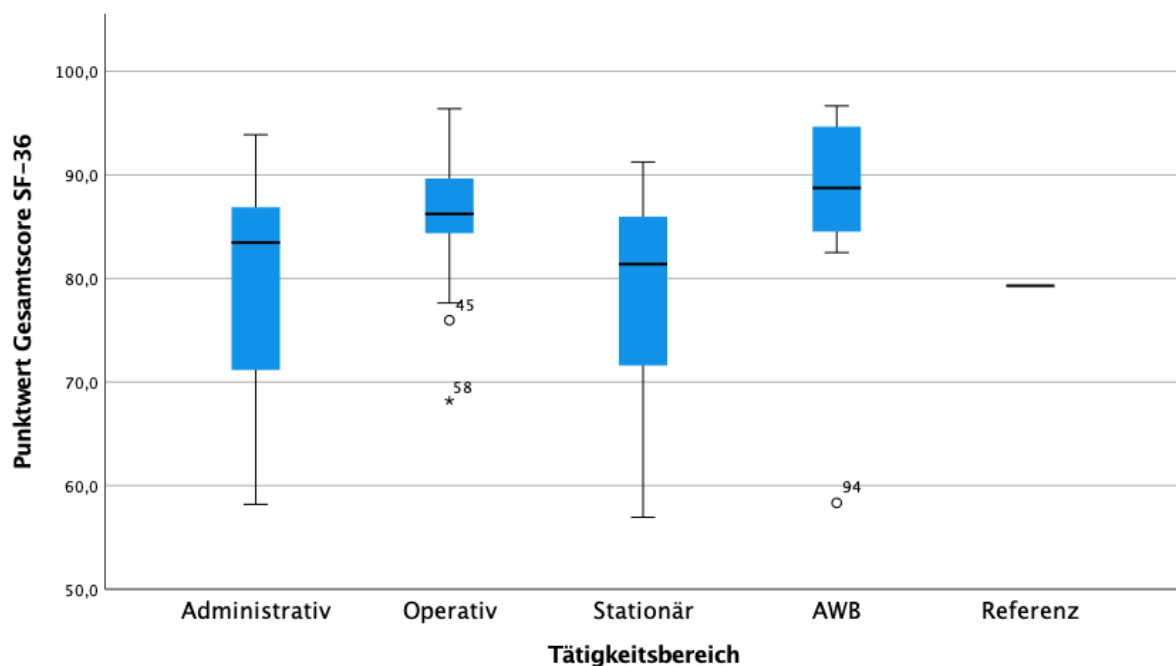


Abbildung 12: Punktwert im Gesamtscore des SF-36 in Abhängigkeit des Tätigkeitsbereichs gegenüber der altersnormierten Referenz im Rahmen der Erhebung im September. Die Boxen bilden das 1. und das 3. Quartil sowie den Median ab, die Whiskers bilden den 1,5-fachen IQA ab.

Es konnte zu keinem Zeitpunkt ein signifikanter Zusammenhang zwischen dem 25(OH)D-Wert und der gesundheitsbezogenen Lebensqualität nachgewiesen werden. Bei der Korrelationsanalyse zeigte sich keine signifikante Beziehung zwischen der Serumkonzentration und dem erzielten Wert im Gesamtscore des SF-36 sowie in den Unterskalen Vitalität, Schmerzen, psychisches Wohlbefinden und Gesundheit.

Im Vergleich mit altersadjustierten Normwerten (40 – 49 Jahre) für Deutschland erreichten die Teilnehmerinnen und Teilnehmer unserer Studie (43,1 Jahre) einen übereinstimmenden Gesamtscore (Vgl. Tabelle 8). Auch in den Unterskalen körperliche Funktionalität, soziale Funktionalität, psychisches Wohlbefinden, emotionale Rollenfunktion und generelle Gesundheit waren die Punktränge zwischen den deutschen Normwerten und den erhobenen Fragebögen vergleichbar. Die Teilnehmenden beurteilten ihre körperliche Rollenfunktion und körperliche Schmerzen besser als der Durchschnitt, gaben ihre Vitalität jedoch als geringer an (28).

Tabelle 8: Punktränge im SF-36 zum ersten und zweiten Erhebungszeitpunkt verglichen mit altersnormierten Referenzwerten für Deutschland. (Ein höherer Punktwert entspricht einer besseren Lebensqualität. Maximal sind 100 Punkte zu erreichen.)

	02/2021	09/2021	Referenzwerte (28)
Körperliche Funktionalität; MW (SD)	90,2 (14,2)	92,3 (12,4)	89,5
Körperliche Rollenfunktion; MW (SD)	91,8 (18,6)	90,3 (23,3)	85,5
Soziale Funktionalität; MW (SD)	82,8 (24,2)	85,3 (20,2)	85,6
Psychisches Wohlbefinden; MW (SD)	74,5 (14,6)	76,3 (16,0)	72,8
Emotionale Rollenfunktion; MW (SD)	90,1 (22,4)	91,3 (21,6)	86,8
Vitalität; MW (SD)	54,8 (16,4)	56,9 (19,6)	60,7
Schmerzen; MW (SD)	83,6 (21,8)	85,3 (20,1)	75,3
Generelle Gesundheit; MW (SD)	70,3 (15,7)	71,7 (17,0)	69,9
Gesamtwert; MW (SD)	79,8 (12,5)	81,1 (12,7)	79,3

5. Diskussion

Die Vitamin-D-Versorgung in Norddeutschland:

Die E-VitaD Studie erhob als erste Studie die Vitamin-D-Versorgung unter klinischem Personal in Norddeutschland. Die Ergebnisse der Erhebung weisen auf eine hohe Prävalenz eines Vitamin-D-Mangels unter Erwachsenen in Norddeutschland hin. Im Februar lag die mittlere Serumkonzentration in unserer Untersuchungsgruppe mit 16 µg/L im insuffizienten Bereich. Nur bei einem Viertel der Teilnehmenden wurde eine normwertige Vitamin-D-Versorgung gemessen, die weiteren Teilnehmerinnen und Teilnehmer waren insuffizient oder defizitär versorgt. Die Vitamin-D-Werte unterlagen einer saisonalen Dynamik und verbesserten sich über die sonnenreichen Monate signifikant auf eine mittlere 25(OH)D-Konzentration von 27,3 µg/L, entsprechend einer normwertigen Versorgung. Im Rahmen der zweiten Messung waren mehr als 80 % der Teilnehmenden optimal mit Vitamin D₃ versorgt.

Die Ergebnisse nationaler Studien decken sich mit unseren Beobachtungen und beschreiben eine kritische Vitamin-D-Versorgung in weiten Teilen der Bevölkerung. Zuletzt erhob das RKI zwischen 2008 und 2011 die deutschlandweite Vitamin-D-Versorgung. Rabenbeck et al. ermittelten einen Anteil von 8,3 % an defizitär und 65,8 % an optimal versorgten Erwachsenen in den Sommermonaten. In den Wintermonaten verschoben sich diese Anteile zu 52 % defizitär und 17,6 % optimal versorgten (10).

Auch Diehl et al. bestätigten für den gleichen Zeitraum eine hohe Prävalenz in Norddeutschland. In einer retrospektiven Studie werteten sie über 99.000 Blutproben aus und beobachteten, dass Männer und Frauen aller Altersgruppen von einer suboptimalen Versorgungssituation betroffen seien, die sich besonders in den sonnenarmen Monaten ausprägte. Im Winter erreichte der Anteil an Patientinnen und Patienten mit einem schwerem Vitamin-Defizit 30 % (38). Aktuelle Daten und zuverlässige Informationen zur derzeitigen Versorgungslage in Deutschland sind jedoch spärlich.

Vitamin D und Saisonalität:

Die E-VitaD Studie identifizierte die Jahreszeit als signifikante Einflussgröße auf die Vitamin-D-Versorgung.

Entsprechend der Beurteilung des Deutschen Wetterdienstes können die Jahreszeiten als repräsentativ für die niedersächsische Region beurteilt werden. Für den Winter 2020/2021 ermittelte der Wetterdienst eine Durchschnittstemperatur von 2,6 °C und eine Gesamtnieder-

schlagsmenge von 177 L/m² sowie annähernd 155 Sonnenstunden. Damit waren die Wintermonate geringfügig wärmer (+ 1,4 °C), feuchter (+ 7 L) und sonniger (+ 20 Sonnenstunden) als im international anerkannten Referenzzeitraum zwischen 1961 – 1990 (50). In den Sommermonaten lag die durchschnittliche Temperatur in Niedersachsen bei 18,0 °C und es fielen 245 L/m² Regen. Der Sommer war somit ebenfalls etwas wärmer und feuchter als die Referenzwerte (+1,8 °C und +26 L/m²), während die Sonnenscheindauer mit 565 Stunden gering unterhalb des Referenzwertes lag (- 19 h) (51).

Oldenburg liegt auf dem 53. Breitengrad (52). Die einfallende Wellenlänge und Strahlenintensität ermöglicht hier nur in den Sommermonaten die körpereigene Vitaminsynthese. In den Wintermonaten greift der Körper auf seine angelegten Speicher und auf das oral zugeführte Vitamin D zurück (1, 10). Die ganzjährige Vitaminsynthese ist nur an Orten unterhalb des 35. Breitengrades möglich (10). Da der Vitamin-D-Bedarf zu 80 – 90 % über die körpereigene Synthese gedeckt wird (1), unterliegt die Vitamin-D-Versorgung in Deutschland und großen Teilen Europas einer starken saisonalen Dynamik (10, 11, 36, 38). In einer europaweiten Erhebung verdoppelte sich der Anteil an Mangelversorgten von Sommer zu Winter und stieg von 8,3 % auf 17,7 % (36), in Deutschland versechsfachte sich der Anteil auf 52 % (10).

Über den europäischen Raum hinaus beschrieben auch Singh et al. in einer zweistufigen Querschnittsstudie unter Ärztinnen und Ärzten in Nordindien eine mangelhafte Versorgungssituation, die einer signifikanten jahreszeitlichen Abhängigkeit unterlag. Unter niedergelassenen Ärztinnen und Ärzten sank das durchschnittliche 25(OH)D von 11,6 µg/L im Sommer auf 4,4 µg/L im Winter; der Anteil unzureichend Versorgter stieg von 82,5 % auf 95 % (43). Abweichend von unserem Studiendesign untersuchten Singh et al. jedoch unterschiedliche Teilnehmergruppen zu beiden Zeitpunkten.

Vitamin D und Tätigkeitsbereich:

Im Rahmen der E-VitaD Studie zeigte sich keine signifikante Prädisposition für eine Hypovitaminose in Abhängigkeit vom Arbeitsplatz. Sowohl klinisches als auch nicht-klinisches Personal war von einem Mangel betroffen. Die Hypothese, Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter des Krankenhauses, im Besonderen im Bereich des OPs, seien durch das Arbeiten ohne Tageslicht einem besonderen Risiko ausgesetzt, bestätigte sich nicht. Obwohl der Anteil an Teilnehmenden

mit einem schweren Mangel beim operativen Personal fast die Hälfte betrug, im Vergleich zu etwa 30 % in den anderen klinischen Bereichen, waren die Unterschiede in den 25(OH)D-Serumkonzentrationen zwischen den Gruppen nicht signifikant. Auch die Müllwerker am Außenarbeitsplatz waren im Winter von einem Mangel betroffen, verzeichneten jedoch über die Sommermonate den stärksten Anstieg der Serumkonzentrationen. Die Sonnenlichtexposition bei der Arbeit im Freien bot der Vergleichsgruppe die beste Voraussetzung für die körpereigene Synthese als Hauptquelle von Vitamin D. Durch das Tragen langer Schutzkleidung reichten die Speicher möglicherweise aber nicht aus, um den Bedarf auch über den Winter zu decken.

Während unsere Daten auf ein vergleichbares Risiko zur gesamten deutschen Bevölkerung hinweisen, deuten einige Studien auf Grund langer Arbeitstage und fehlender Sonneneinstrahlung (12-14, 41-43) sowie unregelmäßigen und ungesunden Ernährungsgewohnheiten auf ein erhöhtes Risiko für medizinisches Personal hin (12-14, 41-43). In einer Übersichtsarbeit zur Vitamin-D-Versorgung verschiedener Berufsgruppen beurteilten Sowah et al. das Arbeiten am Innenarbeitsplatz, das Arbeiten im Schichtdienst und die Tätigkeit im Gesundheitssektor als besonders ungünstige Voraussetzungen für die Versorgungssituation (53).

In Hinblick auf eine hohe Prävalenz trotz medizinischer Fachkenntnisse decken sich die Beobachtungen der E-VitaD Studie dennoch mit den Ergebnissen internationaler Studien. In allen Studien wurde eine kritische Vitamin-D-Versorgung unter Ärztinnen und Ärzten gefunden und bei einem Anteil von 25 % in Boston (42), 47 % (14) und 97 % in Pakistan (41), 89,8 % in Bangladesch (13) und 77 % in Israel (12) eine Mangelversorgung ($< 20 \mu\text{g/L}$) gemessen. Die durchschnittlichen 25(OH)D-Konzentrationen reichten von $10,94 \mu\text{g/L}$ in Paktistan (41) über $13,71 \mu\text{g/L}$ in Bangladesch (13) bis $26,8 \mu\text{g/L}$ in den USA (42). Damit sind die Messwerte unserer Studie nach den Wintermonaten im mittleren und nach den Sommermonaten im oberen Versorgungsdurchschnitt wiederzufinden.

Aufgrund einer anderen geographischen Lage und verschiedener Klimazonen sowie abweichender Arbeitsbedingungen, Ernährungsgewohnheiten und Traditionen an den Orten der Erhebungen sind Unterschiede zwischen der Versorgungssituation zu erwarten. Der Vergleich mit anderen Studien wird auf nationaler und internationaler Ebene zudem durch eine Vielzahl

an Labormethoden beeinflusst und durch unterschiedliche Beurteilungsmaßstäbe erschwert (10).

Vitamin D und weitere Einflussgrößen:

Die Vitamin-D-Versorgung unterliegt einer Vielzahl an endogenen und exogenen Einflüssen (1, 2, 10, 16, 19). Anhand eines Risikofragebogens erhoben wir zahlreiche Faktoren, die in anderen Studienkollektiven als wichtige Prädiktoren identifiziert wurden, und untersuchten ihre Einflussstärke.

Im Februar zeigte sich eine signifikante Assoziation zwischen der Vitamin-D-Versorgung und dem Alter sowie der Arbeitserfahrung der Teilnehmerinnen und Teilnehmer. Physiologisch geht die Syntheseleistung der Haut im höheren Alter zurück und die Serumkonzentration sinkt (2, 7). Epidemiologische Studien weisen auf eine höhere Prävalenz einer Hypovitaminose im Alter hin, die sich bei Frauen ab dem 65. Lebensjahr abzeichnet (10, 11). Entgegen diesen Daten wiesen die Teilnehmenden unserer Untersuchungsgruppe mit zunehmender Lebens- und Berufserfahrung eine bessere Vitamin-D-Versorgung auf. Da die Altersspanne in der Studiengruppe zwischen 21 und 66 Jahren lag, war das Teilnehmerkollektiv möglicherweise zu jung, um den biologischen Alterungsprozess und die epidemiologische Entwicklung abzubilden.

Übereinstimmend berichteten weitere Studien über steigende Serumkonzentrationen unter klinischem Personal im höheren Alter (12, 13, 53). Sowah et al. vermuteten, dass sich lange Arbeitstage, ein hohes Engagement und die Notwendigkeit zum Nacharbeiten und Lernen in der Phase des Berufseinstiegs ungünstig auf die Sonnenlichtexposition auswirken (53).

Im Rahmen der zweiten Erhebung war die Einnahme von Nahrungsergänzungsmitteln in unserer Studiengruppe mit signifikant höheren Vitamin-D-Spiegeln assoziiert. Diese Beziehung war auch nach Ausschluss einer Vitamin-D-Substitution signifikant und deckt sich mit den Beobachtungen von Growdon et al. und Islam et al. in ihren Untersuchungsgruppen (13, 42). Heinemann et al. identifizierten den Wunsch nach einem langfristigen Erhalt der Gesundheit und des Wohlbefindens als Hauptmotivation für die Einnahme von Nahrungsergänzungsmitteln (54). Vor diesem Hintergrund ist ein insgesamt erhöhtes Gesundheitsbewusstsein und das Befolgen eines ausgewogenen Ernährungs- und Lebensstils der Teilnehmenden mit Kon-

sum von Nahrungsergänzungsmitteln denkbar. Darüber hinaus nahmen einige Teilnehmerinnen und Teilnehmer möglicherweise Multivitamin- oder Kombinationspräparate ein, ohne zu wissen, dass Vitamin D enthalten ist und wurden daher nicht von der Studie ausgeschlossen.

Im September stellte sich zudem ein positiver Einfluss von Reisen auf den Vitamin-D-Haushalt dar. Auch Growdon et al. beschrieben signifikant höhere Vitamin-D-Werte im Zusammenhang mit Reisen in Äquatornähe (42). Obwohl die Teilnehmerinnen und Teilnehmer dieser Erhebung vorwiegend innerhalb von Deutschland reisten, zeigten diese signifikant höhere Vitamin-D-Werte als Teilnehmende, die zu Hause blieben. Diese Beobachtung legt nahe, dass nicht nur das Reiseziel und das Klima den positiven Effekt des Reisens bestimmen, sondern auch Verhaltensveränderungen im Urlaub einen wesentlichen Einfluss haben.

Darüber hinaus ließen sich in unserer Untersuchungsgruppe keine weiteren signifikanten Zusammenhänge zwischen der Vitamin-D-Versorgung und den erhobenen Variablen feststellen. Aufgrund der relativ kleinen und homogenen Studiengruppe ($n = 133$ und $n = 108$) konnten weniger starke Effekte möglicherweise nicht gezeigt werden oder Subgruppen waren zu klein, um weitere Analysen durchzuführen.

Abweichend von unseren Beobachtungen wurde international der günstige Einfluss einer Vitamin-D-reichen Diät beschrieben (35, 55). Wir erhoben im Fragebogen den Verzehr und die Verzehrhäufigkeit natürlich Vitamin-D-reicher oder angereicherter Nahrungsmittel. Hierbei zeigte sich kein signifikanter Zusammenhang zwischen den Ernährungsgewohnheiten und den gemessenen Serumkonzentrationen. Da der Vitamin-D-Haushalt grundsätzlich nur zu 10 – 20 % alimentär gedeckt wird (1), waren die oral zugeführten Mengen und die Unterschiede zwischen den Teilnehmenden möglicherweise zu klein, um einen signifikanten Effekt zu zeigen. Der Ernährungsbericht der DGE belegt, dass die orale Vitamin-D-Zufuhr deutschlandweit gering ist. Weniger als 20 % der Bevölkerung konsumieren die von der DGE empfohlene Tagesdosis (11, 56), als Hauptquellen werden Fisch und Fleischgerichte sowie Fette, Eier, Milch und Milchprodukte verzehrt (56). Um dieses Defizit zu decken, fordern einige Autoren, weitere Lebensmittel mit Vitamin D anzureichern, so wie es in den USA, Kanada und Skandinavien bereits erfolgreich umgesetzt wurde (56, 57).

Die Probandinnen und Probanden der E-VitaD Studie gaben einen guten Gesundheitszustand an. Hinsichtlich Grunderkrankungen konnte kein signifikanter Zusammenhang zur Vitamin-D-Versorgung festgestellt werden. Epidemiologisch wurde die ungünstige Wirkung von Erkrankungen der Nieren, der Leber oder des Verdauungstraktes auf die Versorgungslage gemessen (6, 19, 24) und die protektive Wirkung des Vitamins bei der Vorbeugung zahlreicher chronischer Erkrankungen aufgezeigt (1, 4, 6, 8, 10, 18). Islam et al. beobachtete auch bei ärztlichem Personal die ungünstige Beziehung zwischen niedrigen Vitamin-D-Spiegeln und vermehrten kardiovaskulären Erkrankungen (13).

Gleichermaßen ließen sich in der E-VitaD Studie keine Risikogruppen anhand der Sonnengewohnheiten abgrenzen. Die Tageszeit und die Dauer des Außenaufenthaltes sowie der Sonnenschutz durch Sonnencreme oder Schatten zeigten keinen signifikanten Zusammenhang zur Vitamin-D-Versorgung der Teilnehmenden.

Andere Erhebungen unter medizinischem Personal konnten eine Abhängigkeit der 25(OH)D-Serumkonzentration von der Länge des Sonnenlichtaufenthaltes, insbesondere in der Mittagszeit, beobachten (12, 41) und die Bedeutung der Sonnenstrahlung für die Synthese nachvollziehen (1, 41). Da Schatten und Sonnencreme die kutan verfügbaren UVB-Strahlen reduzieren, wurde ihr Gebrauch in Studien mit niedrigeren Vitamin-D-Werten in Verbindung gebracht (19, 58).

Weiterhin konnten in unserem Kollektiv keine signifikanten Zusammenhänge zwischen der Vitamin-D-Versorgung und weiteren Arbeitsplatzfaktoren wie der täglichen Arbeitsdauer, den Arbeitszeiten und -schichten oder dem Dienstweg nachgewiesen werden. Demgegenüber benannten andere Autoren das Arbeiten in Schichten (53), im Besonderen in Nachtschichten, als Risikofaktoren für eine ungünstige Versorgung von klinischem Personal (12). Munter et al. maßen bei klinisch-tätigen Medizinerinnen und Medizinern eine signifikant schlechtere Versorgung als bei in der Niederlassung tätigen (12).

Unsere Studiengruppe war in Hinblick auf die Hautfarbe und Ethnizität sehr homogen. Fast 90 % der Teilnehmenden ließen sich Hauttyp 2 oder 3 nach Fitzpatrick zuordnen. Eine Risiko-beurteilung nach Hautkolorit ergab keine Signifikanz. Physiologisch konkurriert das Melatonin

in der Haut mit 7-Dihydrocholesterol um UVB-Photonen und reduziert die Vitaminsynthese bei stark pigmentierter Haut. Dieser Mechanismus schützt vor einer Vitamin-D-Intoxikation in sonnenreichen Gegenden (1). Die Teilnehmerzahl mit entsprechend dunkler Hautfarbe war in unserer Studiengruppe jedoch zu klein, um diese Wirkung nachvollziehen zu können. Munter et al. maßen hingegen signifikant höhere Vitamin-D-Konzentrationen bei jüdischen als bei arabischen Ärzten in Israel (12) und Growdon et al. berichteten über die bessere Versorgung von Klinikpersonal mit heller Hautfarbe im Vergleich zu asiatischen oder dunkelhäutigen Ärztinnen und Ärzten in Boston (42).

Darüber hinaus ermittelten einige Vitamin-D-Erhebungen unter Gesundheitspersonal eine signifikante Bedeutung des Geschlechts (13, 14, 42). Während das weibliche Geschlecht in westlichen Kulturen einen protektiven Wert hatte (42), wurde es in islamischen Kulturen mit niedrigeren Vitamin-D-Werten in Verbindung gebracht (13, 14). In unserer Studie ließ sich kein signifikanter Zusammenhang zwischen dem Geschlecht und der Vitamin-D-Versorgung messen. Auffallend war jedoch die hohe Rückmeldung durch Frauen. Bei der ersten Erhebung lag der Anteil an Teilnehmerinnen bei 70,7 % und erreichte unter dem Krankenhauspersonal 81,7 %. Diese Beobachtung weist möglicherweise auf ein höheres Gesundheitsbewusstsein unter Frauen hin und steht im Einklang mit dem Früherkennungsbericht der AOK, der für Frauen eine deutlich höhere Teilnahmequote an Präventionsangeboten und Früherkennungsprogrammen feststellte (59). Auch Growdon et al. schlossen in einer vergleichbaren Erhebung eine Mehrzahl an Frauen ein (42).

Begünstigt wird die hohe Rückmeldung durch Frauen zudem durch den großen Anteil weiblicher Mitarbeiterinnen im Gesundheitssystem, der im Krankenhaus bundesweit bei 75 % liegt (60). Somit kann die Studiengruppe als repräsentativ für das Personal im Krankenhaus angesehen werden kann.

Vitamin D und Lebensqualität:

Die teilnehmenden Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter beurteilten ihre gesundheitsbezogene Lebensqualität anhand des SF-36 als gut. Gemessen an altersadjustierten Normwerten erreichten die Teilnehmenden etwas höhere Punktränge (28). Ein signifikanter Zusammenhang zwischen der Vitamin-D-Versorgung und der Lebensqualität ließ sich nicht feststellen. Da unser Kollektiv aus gesunden, relativ jungen Probandinnen und Probanden bestand, war der SF-

36 als Tool möglicherweise nicht empfindlich genug, um kleinere Unterschiede aufzudecken. Im Rahmen eines Deckeneffektes gingen differenzierte Informationen möglicherweise verloren.

Bislang untersuchten nur wenige Studien den Zusammenhang zwischen der Vitamin-D-Versorgung und der Lebensqualität. Da Vitamin D an zahlreichen psychischen und physischen Prozessen im Körper beteiligt ist und vor der Entwicklung unterschiedlicher Symptome und Erkrankungen schützt (1, 6), scheint ein Zusammenhang naheliegend. Belegt wurde die positive Wirkung des Vitamins auf die Lebensqualität bei Patientinnen und Patienten mit terminaler Niereninsuffizienz, rheumatoider Arthritis oder chronisch-entzündlichen Darmerkrankungen (24, 30, 31). Für die gesunde Bevölkerung oder andere Krankheitsbilder konnte bislang keine signifikante Abhängigkeit gesichert werden (32, 61).

Hoffmann et al. haben in einer Übersichtsarbeit den Einfluss einer Vitamin-D-Substitution auf die Lebensqualität herausgearbeitet und eine moderate Verbesserung dieser bei Menschen mit Vorerkrankungen durch die kurzzeitige Substitution festgestellt. Die positive Wirkung bei Langzeitanwendung oder bei Gesunden konnten nicht nachgewiesen werden (61).

Bemerkenswert ist die hohe gesundheitsbezogene Lebensqualität der Teilnehmenden in unserer Studiengruppe. Bundesweite Umfragen weisen auf eine subjektiv schlechter empfundene Gesundheit von Krankenhauspersonal gegenüber der Allgemeinbevölkerung hin (62, 63). Insbesondere das Pflegepersonal beurteilte seinen Gesundheitszustand geringer und gab häufiger Schmerzen des Bewegungsapparates, psychische Beschwerden und gastrointestinale Symptome an (62, 64).

Vitamin-D-Mangel und Therapieansätze

Grundsätzlich kann der Körper genügend Vitamin D selber herstellen, um seinen Bedarf zu decken. Hierdurch lässt sich Vitamin D von den Vitaminen abgrenzen und den Hormonen zuordnen (15). In den meisten Regionen reicht hierfür die kurzzeitige und begrenzte Sonnenlichtexposition (8). Einige Autoren empfehlen während der Sommermonate eine zwei- bis dreimal wöchentliche Exposition von Gesicht und Armen für 5 – 15 Minuten in der Mittagszeit (5, 7, 9, 10, 19).

Auf Grund der vielseitigen Bedeutung von Vitamin D sollte eine ausreichende Versorgung angestrebt werden (10, 20, 65). Die Definition eines Mangels unterscheidet sich in der Literatur stark in Abhängigkeit der zuständigen Fachgesellschaft, des Patientenkollektives und des Therapieziels (6, 10, 34, 65).

In unserer Studie verwendeten wir die eher zurückhaltenden Grenzwerte des RKI, die sich an der Knochengesundheit orientieren (10). Abweichend hiervon streben zahlreiche Institutionen höhere Konzentrationen an und argumentieren mit dem günstigen Einfluss des Vitamins auf zahlreiche weitere Krankheitsbilder (6, 20, 65).

Belegt werden konnte im Rahmen der VITAL-Studie der günstige Einfluss einer Substitution auf die Krebsmortalität. Die Einnahme von 2000 IE/d konnte in der Interventionsgruppe die Inzidenz einer malignen Erkrankung geringfügig senken und ihre Mortalität signifikant um 17 – 25 % reduzieren (21). Das kardiovaskuläre und neurodegenerative Risiko, das Sturz- und Frakturrisiko sowie die Knochendichte und die Gesamtmortalität blieben durch die Substitution unverändert (20, 25, 66-68). Die Autoren leiten daher keinen Nutzen einer Substitution für gesunde Erwachsene ab (20). Bei der Einordnung der Ergebnisse sind die hohe Serumkonzentration der Vergleichsgruppe mit einem mittleren 25(OH)D von 31 µg/L bei Studieneinschluss und die zulässige Substitution von 800 IE/d während der Erhebung erwähnenswert (20).

Die DGE und das National Institute of Health erwägen bei fehlender Sonnenstrahlung, einseitiger Ernährung, bestehenden Grunderkrankungen oder anderen Risikofaktoren (hohes Alter, Heimbewohner) die zusätzliche Zufuhr von Vitamin D₃, um gesunde Serumkonzentrationen zu erreichen (19, 39, 56). Die gängigen Empfehlungen zur Supplementation orientieren sich ebenfalls an der Knochengesundheit (1, 8). Das National Institute of Health empfiehlt unter der Annahme einer minimalen Sonnenlichtexposition eine Verzehrmenge von 600 IU/d ab dem zweiten Lebensjahr bzw. ab einem Alter über 70 Jahren 800 IU/d (1, 9, 19). Die langjährige Einnahme von 800 IE/d zur Osteoporoseprophylaxe gilt als unbedenklich (3).

Vor diesem Hintergrund argumentiert Holick, dass der potenzielle Nutzen einer Substitution die Kosten der Laboranalyse überwiegt und rät zur prophylaktischen Einnahme von mindestens 800 IE/d. Bei nachgewiesenem Mangel befürwortet er höhere Dosierungen von initial 5000 IE/d, die in einer Erhaltungsdosis von 2000 – 3000 IE/d fortgesetzt werden, um Serumkonzentrationen von 40 – 60 µg/L zu erreichen (65).

Im Gegensatz zu den üblichen Interventionsstudien unterscheidet sich die Teilnehmergruppe unserer Querschnittstudie durch ein jüngeres Alter und einen guten Gesundheitszustand. Daher sehen wir von einer generellen Substitutionsempfehlung ab und möchten entsprechend der Empfehlung des RKI zunächst für eine gesunde Ernährung und ausreichende Sonnenlichtexposition sensibilisieren.

Die Umsetzung und der Nutzen von Interventionen wie Schulungen, Veränderungen des Lebensstils oder der Ernährung, Umgestaltungen am Arbeitsplatz oder die Einnahme von Supplementen könnten in folgenden Studien untersucht werden.

Nach unserem Kenntnisstand ist dies die erste Studie, die die Vitamin-D-Versorgung des Krankenhauspersonals in Norddeutschland untersuchte. Vergleichbare Studien lagen bisher vor allem zu Kliniken in Südasien vor, deren Ergebnisse nur eingeschränkt auf Deutschland übertragbar sind.

Als erste Erhebung untersuchten wir die Vitamin-D-Versorgung der selben Personengruppe zu zwei Zeitpunkten, um Hinweise auf die saisonale Dynamik der Versorgungssituation zu gewinnen. Die gewählten Erhebungszeitpunkte zum Ende des Winters und zum Ende des Sommers sollen ein Minimum bzw. ein Maximum der Serumspiegel abbilden.

Abweichend von der Mehrzahl vorangegangenen Studien untersuchten wir nicht allein die Berufsgruppe der Ärztinnen und Ärzte sondern unterschieden klinisches Personal in Hinsicht auf ihr Tätigkeitsfeld und stellten diesen eine außerklinische Berufsgruppe gegenüber.

Eine Stärke der Studie ist die Gewinnung der Proben innerhalb kurzer Zeit, wodurch Spiegelschwankungen aufgrund kurzfristiger Veränderungen der Witterungsbedingungen minimiert wurden. Um die Vergleichbarkeit zwischen den zwei Messzeitpunkten der Studie zu gewährleisten, erfolgten die Laboranalysen nach der gleichen Methodik im selben Labor.

6. Limitationen

Die Ergebnisse der Arbeit sollen einen ersten Hinweis auf die Vitamin-D-Versorgung des klinischen Personals in Norddeutschland liefern, das durch die Beschäftigten im Pius-Hospital Oldenburg repräsentiert wurde. Da die Vitamin-D-Synthese zahlreichen privaten, beruflichen, kulturellen oder geographischen Einflüssen unterliegt, sind die Beobachtungen der Studie nicht ohne weiteres auf andere Kollektive zu übertragen.

Mit einer Teilnehmerzahl von 133 bzw. 108 Probandinnen und Probanden war die Untersuchungsgruppe verhältnismäßig klein. Während die klinischen Gruppen vergleichbar groß waren, lag die Anzahl der teilnehmenden Müllwerker nur bei der Hälfte. Auf Grund des insgesamt relativ kleinen Kollektivs, ließen sich schwächere Zusammenhänge zur Vitamin-D-Versorgung möglicherweise nicht abbilden oder differenzierte Subanalysen, z.B. in Hinsicht auf Vorerkrankungen, waren nicht möglich.

Das Studiendesign untersuchte das arbeitsplatzbezogene Risiko, bot jedoch keine Differenzierung zwischen verschiedenen Berufsgruppen. Infolgedessen fielen beispielsweise die Beschäftigten der Raumpflege, der Pflege und des ärztlichen Dienstes in die Gruppe des stationären Personals. Möglicherweise bestehen Unterschiede in der Vitamin-D-Versorgung zwischen den Berufsgruppen, die durch die Arbeitskleidung, die Arbeitszeiten, die medizinischen Kenntnisse sowie soziodemographische Aspekte begründet sind und in zukünftigen Untersuchungen berücksichtigt werden sollten.

Eine weitere Limitation ergibt sich aus der Mitteilung einiger Messwerte bereits nach der ersten Blutentnahme. Entsprechend der Forderung der Ethikkommission wurden alle Teilnehmerinnen und Teilnehmer mit Serumwerten $< 20 \mu\text{g/L}$ bereits nach der ersten Messung über eine unzureichende Versorgung informiert. Dadurch sind bewusste und unbewusste Verhaltensveränderungen denkbar, die neben der Jahreszeit Einfluss auf die Versorgungssituation hatten. Wir versuchten dies durch gezieltes Nachfragen im Fragebogen herauszufinden.

Inwiefern die Ergebnisse dem Einfluss der Corona-Pandemie unterlagen, ist unklar. Aufgrund der eingeschränkten Möglichkeiten der Freizeitgestaltung und der erhöhten beruflichen Belastung sind niedrigere Werte im Rahmen der Pandemie denkbar. Während die erste Messung

in den Zeitraum des zweiten Lockdowns fiel, der seit Mitte Oktober 2020 anhielt und beispielsweise das Verbot von Fernreisen, die Schließung von Sonnenstudios oder eine Maskenpflicht an öffentlichen Plätzen anordnete, entspannte sich über den Sommer die pandemische Situation in Deutschland. Mit dem Rückgang der hospitalisierten Covid-Patientinnen und Patienten erfolgte auch die Aufhebung vieler Verbote, sodass mehr Möglichkeiten der Freizeitgestaltung, der sozialen Kontakte und des Reisens möglich waren. Die berufliche Belastung im Krankenhaus nahm ab und die Möglichkeiten der Sonnenlichtexposition verbesserten sich, eine vollständige Rückkehr in den Alltag blieb jedoch aus.

7. Fazit

Die E-VitaD Studie identifizierte einen hohen Anteil an klinischem und nicht-klinischem Personal mit niedrigem Vitamin-D-Spiegel. Besonders stark war die Mangelversorgung am Ende des Winters ausgeprägt. Trotz eines deutlichen Anstiegs über die Sommermonate und weitgehend normalen Serumwerten im September reichte der Vitamin-D-Speicher offenbar nicht aus, um den Bedarf im Winter zu decken.

Die Erhaltung und Verbesserung der Gesundheit der Patienten ist eine selbstverständliche Motivation der Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter im Gesundheitssystem. Unklar ist, ob die Unwissenheit über die persönliche Versorgungssituation oder das Zurückstellen der eigenen Gesundheit Gründe für die ausgeprägte Mangelversorgung waren, wenn grundsätzlich gute medizinische Kenntnisse vorliegen.

Die üblichen Risikofaktoren wie Alter, Vorerkrankungen oder einen niedrigen sozialen Status, wie sie in epidemiologischen Studien identifiziert wurden (38), ließen sich auf unsere Studiengruppe nicht übertragen. Aufgrund des jungen Alters und einer guten Gesundheit wären die meisten Teilnehmenden daher nicht in einer Screening-Untersuchung aufgenommen worden.

Auch wenn ein Mangel an Vitamin D nicht mit einer aktiven Erkrankung gleichzusetzen ist, prädisponiert eine Hypovitaminose dennoch zur Entwicklung zahlreicher Beschwerden und Krankheitsbilder. Um die Gesundheit und Zufriedenheit der Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter, im Besonderen zu Zeiten des Personalmangels, zu erhalten, schließen wir uns der Empfehlung zur ausreichenden und bewussten Sonnenlichtexposition an. Internationaler Konsens besteht hinsichtlich der Empfehlung zur zwei- bis dreimaligen Exposition von unbedecktem Gesicht und Armen pro Woche (5). Da die Supplementation von Vitamin-D-Präparaten nur bei anhaltendem Mangel trotz Ernährungs- und Verhaltensumstellung empfohlen wird (10), kann ein niederschwelliges Screening-Angebot die Identifikation von Risikopersonen und ihre Therapie unterstützen.

8. Zusammenfassung

Hintergrund: Ein Mangel an Vitamin D ist weltweit verbreitet und erreicht auch unter Erwachsenen in Deutschland eine hohe Prävalenz (10). Der Arbeitsplatz im Krankenhaus begünstigt möglicherweise durch lange Arbeitstage, einen Innenraum-Arbeitsplatz und das Arbeiten in Nachtschichten die Entwicklung eines solchen Mangels.

Methodik: In einer zweizeitigen Querschnittstudie untersuchten wir den Vitamin-D-Status unter medizinischem Personal im Pius-Hospital Oldenburg. In einem vierarmigen Aufbau verglichen wir die Vitamin-Versorgung unterschiedlicher klinischer Tätigkeitsbereiche (stationär vs. operativ vs. administrativ) und eines nicht-klinischen Tätigkeitsbereichs (Müllwerker). Zu zwei Zeitpunkten (02/2021 und 09/2021) erfolgte die Messung des 25(OH)D-Serumwerts sowie die Erhebung von zwei Fragebögen. Anhand der Fragebögen untersuchten wir weitere Einflussgrößen auf die Versorgung und einen möglichen Zusammenhang zur Lebensqualität.

Ergebnisse: Im Rahmen der ersten Messung wurden 133 Teilnehmende, bei der zweiten Messung 108 Teilnehmende eingeschlossen. Im Februar lag der durchschnittliche 25(OH)D-Serumwert mit 16,01 µg/L (SD 8,71) im insuffizienten Bereich, insgesamt 73,6 % der Teilnehmenden zeigten einen moderaten oder schweren Mangel. Im September stieg die durchschnittliche 25(OH)D-Konzentration signifikant auf 27,3 µg/L (SD 8,3) und lag im optimalen Bereich, der Anteil Unterversorgter betrug 16,4 %. Neben der Jahreszeit zeigte sich im Februar eine signifikante Assoziation zum Alter ($p = 0,036$) und zur Berufserfahrung ($p = 0,036$) der Teilnehmenden. Im September waren die Einnahme von Nahrungsergänzungsmitteln (33,04 µg/L; 95 % KI [28,15 – 37,94] vs. 25,44 µg/L; 95 % KI [23,95 – 26,95]) und das Verreisen in den vergangenen sechs Wochen (28,91 µg/L; 95 % KI [26,47 – 31,35] vs. 24,55 µg/L; 95 % KI [22,64 – 26,46]) mit signifikant höheren Serumwerten assoziiert. Die Unterschiede zwischen den Berufsgruppen waren nicht signifikant ($p = 0,49$). Ebenfalls wurde kein Zusammenhang zur Lebensqualität festgestellt.

Fazit: Obwohl unter klinischem Personal die medizinischen Kenntnisse vorhanden sind, deuten die Daten auf eine unzureichende Vitamin-D-Versorgung der Beschäftigten hin, die im Februar besonders ausgeprägt ist. Neben einem bewussten Sonnen- und Ernährungsverhalten kann ein niederschwelliges Screening-Angebot sinnvoll sein, um Risikopersonen zu identifizieren und die Gesundheit zu fördern.

8.1 Summary

Background: Vitamin D deficiency is a widespread diagnosis and has a high prevalence in adults in Germany (10). Due to long working days, an indoor workplace and night shifts, hospital staff might be particularly at risk of developing such a deficiency.

Methods: In a two-stage cross-sectional study, we examined the vitamin D status of the medical staff at the Pius-Hospital Oldenburg. In a four-armed design, we compared the vitamin D supply in different clinical fields (inpatient vs. surgical vs. administrative) and one non-clinical field of activity (garbage collector). At two points of time, the 25(OH)D serum value was measured, and two questionnaires were answered (02/2021 and 09/2021). Based on the questionnaires, we examined a connection to other risk factors and a possible influence on quality of life.

Results: A total of 133 participants took part in the first measurement and 108 participants participated in the second measurement. In February, the mean 25(OH)D serum concentration was 16.01 µg/L (SD 8.71) which indicates an insufficient level; in total 73.6 % of the participants had a moderate or severe deficiency. In September, the mean 25(OH)D serum concentration increased significantly to 27.3 µg/L (SD 8.3), which indicates normal supply; the proportion of deficient participants decreased to 16.4 %. Besides the season, there was a significant positive association with age ($p = 0,036$) and work experience ($p = 0,036$) in February. In September, the use of dietary supplements (33,04 µg/L; 95 % KI [28,15 – 37,94] vs. 25,44 µg/L; 95 % KI [23,95 – 26,95]) and traveling within the previous six weeks (28,91 µg/L; 95 % KI [26,47 – 31,35] vs. 24,55 µg/L; 95 % KI [22,64 – 26,46]) were associated with significantly higher serum values. There were no significant differences between the fields of activity, nor did we observe an influence on the quality of life.

Conclusion: Despite medical knowledge, the data indicates an inadequate vitamin D supply among medical staff, which is particularly pronounced in February. In addition to healthy sun seeking and eating habits, a screening might be useful to identify people at risk and promote health.

Danksagung

Die vorliegende Dissertation wurde in der Zeit von November 2020 bis Februar 2022 in der Universitätsklinik für Allgemein- und Viszeralchirurgie im Pius-Hospital Oldenburg unter der Leitung von Herrn Prof. Dr. med. Dirk Weyhe angefertigt.

An dieser Stelle möchte ich Herrn Prof. Dr. Weyhe dafür danken, dass er das interessante Thema bewilligt hat und die Durchführung der Studie durch die Bereitstellung des Arbeitsplatzes und der finanziellen Mittel ermöglicht hat.

Besonderer Dank gilt Frau Dr. rer. nat. Verena Nicole Uslar für die immerwährende Unterstützung, die sehr gute Betreuung und die konstruktive Kritik. Ich danke für die vielen förderlichen Ratschläge bei der Organisation und Durchführung des Projektes und beim Verfassen der Dissertation.

Ich danke Frau Beate Bartner für die Bereitstellung ihrer Daten und Messwerte als Grundlage für die Fallzahlberechnung und für die Befürwortung des Projekts seitens der Betriebsmedizin.

Ich danke Herrn Dr. med. Navid Tabriz für das konstruktive Feedback bei der Verschriftlichung der Arbeit.

Ich bedanke mich bei Frau Heike Freese als Mitarbeiterin und Ansprechpartnerin bei der Abfallwirtschaft für die herzliche Zusammenarbeit.

Den Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern des Pius-Hospitals und der Abfallwirtschaft danke ich für das Interesse an der Studie und ihre Teilnahme.

9. Referenz

1. Gallieni M, Cozzolino M, Fallabrino G, Pasho S, Olivi L, Brancaccio D. Vitamin D: physiology and pathophysiology. *Int J Artif Organs*. 2009;32(2):87-94.
2. Lehmann B, Meurer M. Vitamin D metabolism. *Dermatol Ther*. 2010;23(1):2-12.
3. Lange U. Vitamin D metabolism. *Z Rheumatol*. 2012;71(5):360-2.
4. Amling M. Calcium and vitamin D in bone metabolism: Clinical importance for fracture treatment. *Unfallchirurg*. 2015;118(12):995-9.
5. Holick MF. Vitamin D deficiency. *N Engl J Med*. 2007;357(3):266-81.
6. Schlereth F, Badenhoop K. Vitamin D : More than just a bone hormone. *Internist*. 2016;57(7):646-55.
7. Tremezaygues L, Reichrath J. The significance of vitamin D metabolism in human skin. An update. *Hautarzt*. 2010;61(6):478, 80-6.
8. Dickens AP, Lang IA, Langa KM, Kos K, Llewellyn DJ. Vitamin D, cognitive dysfunction and dementia in older adults. *CNS Drugs*. 2011;25(8):629-39.
9. Bouillon R. Comparative analysis of nutritional guidelines for vitamin D. *Nat Rev Endocrinol*. 2017;13(8):466-79.
10. Rabenberg M, Scheidt-Nave C, Busch MA, Rieckmann N, Hintzpeter B, Mensink GB. Vitamin D status among adults in Germany--results from the German Health Interview and Examination Survey for Adults (DEGS1). *BMC Public Health*. 2015;15:641.
11. Hintzpeter B, Mensink GB, Thierfelder W, Muller MJ, Scheidt-Nave C. Vitamin D status and health correlates among German adults. *Eur J Clin Nutr*. 2008;62(9):1079-89.
12. Munter G, Levi-Vineberg T, Sylvestsky N. Vitamin D deficiency among physicians: a comparison between hospitalists and community-based physicians. *Osteoporos Int*. 2015;26(6):1673-6.
13. Islam SS, Mollah MAG, Rahman MM, Reza MA, Hossen M, Rahman M, et al. Evaluation of vitamin D status among doctors of a specialized hospital in Bangladesh. *The Journal of Bangladesh Orthopaedic Society*. 2016;31(2):80-4.
14. Jadoon SA, Ahmed A, Alam MA. Vitamin D Deficiency In Pakistan: Tip Of Iceberg. *J Ayub Med Coll Abbottabad*. 2019;30(1):78-80.
15. Behrends J, Bischofberger J, Deutzmann R, Ehmke H, Frings S, Grissmer S, et al. *Physiologie*. 4. Auflage. Stuttgart: Thieme; 2021.
16. Heinrich PC, Graeve L, Müller M. *Löffler/Petrides Biochemie und Pathobiochemie*. 9. Auflage. Berlin, Heidelberg: Springer; 2014.
17. Norman AW, Ishizuka S, Okamura WH. Ligands for the vitamin D endocrine system: different shapes function as agonists and antagonists for genomic and rapid response receptors or as a ligand for the plasma vitamin D binding protein. *J Steroid Biochem Mol Biol*. 2001;76(1-5):49-59.
18. Bouillon R, Carmeliet G, Verlinden L, van Etten E, Verstuyf A, Luderer HF, et al. Vitamin D and human health: lessons from vitamin D receptor null mice. *Endocr Rev*. 2008;29(6):726-76.
19. National Institut of Health. Vitamin D - Fact Sheet for Health Professionals. (Internet). 2021. [cited 2021, 06.06.]. Available from: <https://ods.od.nih.gov/factsheets/VitaminD-HealthProfessional/>.

20. Bischoff-Ferrari HA. Hype about vitamin D substitution: what remains? *Internist (Berl)*. 2020;61(11):1196-203.
21. Manson JE, Bassuk SS, Buring JE, Group VR. Principal results of the VITamin D and Omega-3 Trial (VITAL) and updated meta-analyses of relevant vitamin D trials. *J Steroid Biochem Mol Biol*. 2020;198:105522.
22. Aranow C. Vitamin D and the immune system. *J Investig Med*. 2011;59(6):881-6.
23. Williams C. On the Use and Administration of Cod-Liver Oil in Pulmonary Consumption. *The Ohio Medical and Surgical Journal (1848-1878)*. 1849;2(1):50.
24. Ulitsky A, Ananthakrishnan AN, Naik A, Skaros S, Zadvornova Y, Binion DG, et al. Vitamin D deficiency in patients with inflammatory bowel disease: association with disease activity and quality of life. *JPEN J Parenter Enteral Nutr*. 2011;35(3):308-16.
25. Cummings SR, Rosen C. VITAL Findings - A Decisive Verdict on Vitamin D Supplementation. *N Engl J Med*. 2022;387(4):368-70.
26. Berk M, Sanders KM, Pasco JA, Jacka FN, Williams LJ, Hayles AL, et al. Vitamin D deficiency may play a role in depression. *Med Hypotheses*. 2007;69(6):1316-9.
27. Soni M, Kos K, Lang IA, Jones K, Melzer D, Llewellyn DJ. Vitamin D and cognitive function. *Scand J Clin Lab Invest Suppl*. 2012;243:79-82.
28. Ellert U, Kurth BM. Gesundheitsbezogene Lebensqualität bei Erwachsenen in Deutschland. *Bundesgesundheitsblatt-Gesundheitsforschung-Gesundheitsschutz*. 2013;56:643-9
29. Bullinger M, Kirchberger I, Ware J. Der deutsche SF-36 Health Survey Übersetzung und psychometrische Testung eines krankheitsübergreifenden Instruments zur Erfassung der gesundheitsbezogenen Lebensqualität. *Zeitschrift für Gesundheitswissenschaften*. 1995;3, 21.
30. Anand S, Kaysen GA, Chertow GM, Johansen KL, Grimes B, Dalrymple LS, et al. Vitamin D deficiency, self-reported physical activity and health-related quality of life: the Comprehensive Dialysis Study. *Nephrol Dial Transplant*. 2011;26(11):3683-8.
31. Raczkiwicz A, Kisiel B, Kulig M, Tlustochowicz W. Vitamin D status and its association with quality of life, physical activity, and disease activity in rheumatoid arthritis patients. *J Clin Rheumatol*. 2015;21(3):126-30.
32. Martino G, Catalano A, Bellone F, Langher V, Lasco C, Penna A, et al. Quality of life in postmenopausal women: which role for vitamin D? *Mediterranean Journal of Clinical Psychology MJCP*. 2018;6 N.2.
33. Deutsche Gesellschaft für Kinderendokrinologie und -diabetologie. S1-Leitlinie – Vitamin-D-Mangel-Rachitis. (Internet). AWMF. Version 3. 2022. [cited 2022, 16.10.]. Available from: https://www.awmf.org/uploads/tx_szleitlinien/174-007l_S1_Vitamin-D-Mangel_Rachitis_2022-07.pdf
34. Dachverband für Osteologie. Prophylaxe, Diagnostik und Therapie der Osteoporose bei Erwachsenen. (Internet). AWMF. 2009. [cited 2021, 07.06.]. Available from: <http://www.leitliniensekretariat.de/files/MyLayout/pdf/034-003k.pdf>.
35. Liu X, Baylin A, Levy PD. Vitamin D deficiency and insufficiency among US adults: prevalence, predictors and clinical implications. *Br J Nutr*. 2018;119(8):928-36.
36. Cashman KD, Dowling KG, Skrabakova Z, Gonzalez-Gross M, Valtuena J, De Henauw S, et al. Vitamin D deficiency in Europe: pandemic? *Am J Clin Nutr*. 2016;103(4):1033-44.
37. Gonzalez-Gross M, Valtuena J, Breidenassel C, Moreno LA, Ferrari M, Kersting M, et al. Vitamin D status among adolescents in Europe: the Healthy Lifestyle in Europe by Nutrition in Adolescence study. *Br J Nutr*. 2012;107(5):755-64.

38. Kramer J, Diehl A, Lehnert H. Epidemiological study on the dimension of vitamin D deficiency in North Germany. Dtsch Med Wochenschr. 2014;139(10):470-5.
39. Linseisen J, Bechthold A, Bischoff-Ferrari HA, Hintzpeter B, Leschik-Bonnet E, Reichrath J, et al. Stellungnahme - Vitamin D und Prävention ausgewählter chronischer Krankheiten. (Internet). 2011. [cited 2021, 28.06.]. Available from: <https://www.dge.de/fileadmin/public/doc/ws/stellungnahme/DGE-Stellungnahme-VitD-111220.pdf>.
40. Krems C, Walter C, Heuer T, Hoffmann I. Nationale Verzehrsstudie II Lebensmittelverzehr und Nährstoffzufuhr auf Basis von 24h-Recalls. (Internet). 2013. [cited 2021, 28.06.]. Available from: https://www.mri.bund.de/fileadmin/MRI/Institute/EV/Lebensmittelverzehr_Naehrstoffzufuhr_24h-recalls-neu.pdf.
41. Naseem N. Bone mineral density measured by ultrasound among resident doctors of Multan and their correlation with common risk factors. Methodology. 2013.
42. Growdon AS, Camargo CA, Clark S, Hannon M, Mansbach JM. Serum 25-hydroxyvitamin D levels among Boston trainee doctors in winter. Nutrients. 2012;4(3):197-207.
43. Singh SK, Prakash V, Tiwari S, Daliparthy DP, Singh S, Jain P. Summer and winter prevalence of vitamin D deficiency of young resident doctors in North Indian. Nutrition & Dietetics. 2011;68:280-4.
44. Ware JE Jr., Gandek B. Overview of the SF-36 Health Survey and the International Quality of Life Assessment (IQOLA) Project. J Clin Epidemiol. 1998;51(11):903-12.
45. Robert Koch-Institut. Antworten des Robert Koch-Instituts auf häufig gestellte Fragen zu Vitamin D. (Internet). 2019 [cited 2022, 10.10.]. Available from: https://www.rki.de/SharedDocs/FAQ/Vitamin_D/Vitamin_D_FAQ-Liste.html.
46. Sandbrink E. Referenzbericht 2018-Pius-Hospital Oldenburg, Medizinischer Campus Universität Oldenburg. (Internet). 2020 [cited 2021, 30.10.]. Available from: <https://www.pius-hospital.de/sites/default/files/daten/dokumente/Downloads/referenzbericht-260340773-00-2018-xml.pdf>.
47. Stadt Oldenburg. Abfallwirtschaftsbetrieb Stadt Oldenburg. (Internet). 2021 [cited 2021, 30.10.]. Available from: <https://www.oldenburg.de/startseite/leben-umwelt/awb/ueber-den-awb.html>.
48. Hemmerich W. Rechner zur Adjustierung des α -Niveaus. Statistik Guru. (Internet). 2016 [cited 2022, 25.01.]. Available from: <https://statistikguru.de/rechner/adjustierung-des-alphaniveaus.html>.
49. Benjamini Y, Hochberg, Y. Controlling the False Discovery Rate: A Practical and Powerful Approach to Multiple Testing. Journal of the Royal Statistical Society Series B (Methodological). 1995.
50. Deutscher Wetterdienst. Deutschlandwetter im Winter 2020/21. (Internet). 2021 [cited 2021, 10.09.]. Available from: https://www.dwd.de/DE/presse/pressemitteilungen/DE/2021/20210226_deutschlandwetter_winter2020_2021_news.html.
51. Deutscher Wetterdienst. Deutschlandwetter im Sommer 2021. (Internet). 2021. [cited 2021, 10.09.]. Available from: https://www.dwd.de/DE/presse/pressemitteilungen/DE/2021/20210830_deutschlandwetter_sommer2021_news.htm1.

52. Menz P. Längengrad, Breitengrad, GPS-Koordinaten von Oldenburg. (Internet). 2022. [cited 2022, 12.03.]. Available from: <https://www.laengengrad-breitengrad.de/gps-koordinaten-von-oldenburg>.
53. Sowah D, Fan X, Dennett L, Hagtvedt R, Straube S. Vitamin D levels and deficiency with different occupations: a systematic review. BMC Public Health. 2017;17(1):519.
54. Heinemann M, Willers J, Bitterlich N, Hahn A. Verwendung von Nahrungsergänzungsmitteln mit Vitaminen und Mineralstoffen – Ergebnisse einer deutschlandweiten Verbraucherbefragung. Journal für Verbraucherschutz und Lebensmittelsicherheit. 2015;10(2):131-42.
55. Herrick KA, Storandt RJ, Afful J, Pfeiffer CM, Schleicher RL, Gahche JJ, et al. Vitamin D status in the United States, 2011-2014. Am J Clin Nutr. 2019;110(1):150-7.
56. Brown J, Amling M, Barvencik F Möglichkeiten zur Verbesserung des Vitamin D-Status der Bevölkerung. J MINER STOFFWECHS 2011;2011; 18 (3):104 - 9.
57. O'Donnell S, Cranney A, Horsley T, Weiler HA, Atkinson SA, Hanley DA, et al. Efficacy of food fortification on serum 25-hydroxyvitamin D concentrations: systematic review. Am J Clin Nutr. 2008;88(6):1528-34.
58. Nabak AC, Johnson RE, Keuler NS, Hansen KE. Can a questionnaire predict vitamin D status in postmenopausal women? Public Health Nutr. 2014;17(4):739-46.
59. Günster C, Klauber J, Robra BP, Schmacke N, Schmucker C. Versorgungs-Report Früherkennung: MWV Medizinisch Wissenschaftliche Verlagsgesellschaft; 2019.
60. Statistisches Bundesamt (Destatis). Gesundheit - Gesundheitspersonal. (Internet). 2021 [cited 2021, 11.11]. Available from: <https://www-genesis.destatis.de/genesis/online?sequenz=tabelleErgebnis&selectionname=23621-0001&zeitscheiben=10#abreadcrumb>.
61. Hoffmann MR, Senior PA, Mager DR. Vitamin D supplementation and health-related quality of life: a systematic review of the literature. J Acad Nutr Diet. 2015;115(3):406-18.
62. Trojan A, Nickel S, Werner S. Mitarbeiter(innen)orientierung und -gesundheit im Krankenhaus. Gesundheitswesen2002. 2002;64:207-13.
63. Hielscher V, Krupp E. Betriebliche Prävention im Gesundheitswesen - Forschungsförderung Working Paper. (Internet). 2019.[cited 2022, 13.03.]:[56 p.]. Available from: https://www.boeckler.de/de/faust-detail.htm?sync_id=HBS-007473.
64. Karl-Trummer U, Novak-Zezula S. Evidence for Action: Gesundheit – Mitarbeiter-Krankenhaus. Public Health Forum. 2008;16:28-9.
65. Holick MF. The vitamin D deficiency pandemic: Approaches for diagnosis, treatment and prevention. Rev Endocr Metab Disord. 2017;18(2):153-65.
66. LeBoff MS, Chou SH, Murata EM, Donlon CM, Cook NR, Mora S, et al. Effects of Supplemental Vitamin D on Bone Health Outcomes in Women and Men in the VITamin D and Omega-3 Trial (VITAL). J Bone Miner Res. 2020;35(5):883-93.
67. Kang JH, Vyas CM, Okereke OI, Ogata S, Albert M, Lee IM, et al. Effect of vitamin D on cognitive decline: results from two ancillary studies of the VITAL randomized trial. Sci Rep. 2021;11(1):23253.
68. LeBoff MS, Murata EM, Cook NR, Cawthon P, Chou SH, Kotler G, et al. VITamin D and Omega-3 Trial (VITAL): Effects of Vitamin D Supplements on Risk of Falls in the US Population. J Clin Endocrinol Metab. 2020;105(9).
69. von Elm E, Altman DG, Egger M, Pocock SJ, Gotsche PC, Vandenbroucke JP. The Strengthening the Reporting of Observational Studies in Epidemiology [STROBE] statement: guidelines for reporting observational studies. Gac Sanit. 2008;22(2):144-50.

Anhang

- Tabelle 1: Probandencharakteristika der untersuchten Tätigkeitsbereiche im Februar 20212
- Tabelle 2: Probandencharakteristika der untersuchten Tätigkeitsbereiche im Februar 2021 (ausschließlich Teilnehmende, die an beiden Erhebungen teilnahmen)5
- Tabelle 3: Probandencharakteristika der untersuchten Tätigkeitsbereiche im September 20218
- Tabelle 4: Mittelwerte und 95% Konfidenzintervalle der nominal und ordinal skalierten Variablen.....11
- Tabelle 5: Tabellarische Übersicht des Forschungsstandes zur Vitamin-D-Versorgung unter klinischem Personal16
- Tabelle 6: Checkliste nach STROBE-Statement19

Tabelle 1: Eigenschaften der untersuchten Tätigkeitsbereiche im Februar 2021.

	Administrativ (n = 38)	Operativ (n = 36)	Stationär (n = 41)	AWB (n = 18)	Gesamt (n = 133)
Persönliche Angaben					
Alter in Jahren; MW (SD)	42,4 (SD 13,5)	40,1 (SD 12,4)	44,0 (SD 13,1)	48,5 (SD 11,3)	43,1 (SD 12,9)
Weiblich; n (%)	34 (89,5 %)	25 (69,4 %)	35 (85,4 %)	0	94 (70,7 %)
Männlich; n (%)	4 (10,5 %)	11 (30,6 %)	6 (14,6 %)	18 (100 %)	39 (29,3 %)
Körpergewicht in kg; MW (SD)	73,8 (SD 15,0)	76,6 (SD 16,6)	80,2 (SD 18,3)	95,3 (SD 19,5)	79,4 (SD 18,2)
Körpergröße in cm; MW (SD)	171 (SD 7,3)	173,4 (SD 8,2)	171,8 (SD 9,0)	181,4 (SD 8,1)	173,3 (SD 8,8)
BMI in kg/m ² ; MW (SD)	25,2 (SD 4,3)	25,3 (SD 4,4)	26,9 (SD 5,3)	28,9 (SD 4,9)	26,2 (SD 4,9)
Hauttyp:					
Hauttyp 1; n (%)	0	1 (2,9 %)	4 (9,8 %)	0	5 (3,8 %)
Hauttyp 2; n (%)	17 (45,9 %)	21 (60,0 %)	24 (58,5 %)	11 (61,1 %)	73 (55,7 %)
Hauttyp 3; n (%)	17 (45,9 %)	10 (28,6 %)	12 (29,3 %)	6 (33,3 %)	45 (34,4 %)
Hauttyp 4; n (%)	3 (8,1 %)	2 (5,7 %)	1 (2,4 %)	1 (5,6 %)	7 (5,3 %)
Hauttyp 5; n (%)	0	0	0	0	0
Hauttyp 6; n (%)	0	1 (2,9 %)	0	0	1 (0,8 %)
Vorerkrankt; n (%)	19 (50,0 %)	9 (25,0 %)	13 (31,7 %)	4 (22,2 %)	45 (33,8 %)
Medikation; n (%)	15 (29,5 %)	12 (33,3 %)	11 (26,8 %)	2 (11,1 %)	40 (30,1 %)
Arbeitsplatzfaktoren					
Wochenarbeitszeit:					
Arbeitszeit <20h; n (%)	4 (10,5 %)	2 (5,6 %)	2 (4,9 %)	1 (5,6 %)	9 (6,8 %)
Arbeitszeit 20-30h; n (%)	9 (23,7 %)	6 (16,7 %)	12 (29,3 %)	0	27 (20,3 %)
Arbeitszeit 30-40h; n (%)	17 (44,7 %)	16 (44,4 %)	23 (56,1 %)	14 (77,8 %)	70 (52,6 %)
Arbeitszeit >40h; n (%)	8 (21,1 %)	12 (33,3 %)	4 (9,8 %)	3 (16,7 %)	27 (20,3 %)
Arbeitsschichten:					
Frühschicht; n (%)	8 (21,1 %)	28 (77,8 %)	29 (70,7 %)	0	65 (48,9 %)
Spätschicht; n (%)	6 (15,8 %)	24 (66,7 %)	27 (65,9 %)	0	57 (42,9 %)
Nachtschicht; n (%)	4 (10,5 %)	19 (52,8 %)	14 (34,1 %)	0	37 (28,1 %)
Keine Schichten; n (%)	30 (78,9 %)	8 (22,2 %)	11 (26,8 %)	18 (100 %)	67 (50,1 %)
Arbeitszeit ohne Tageslicht in h; MW (SD)	3,6 (SD 3,4)	7,1 (SD 2,0)	2,9 (SD 3,3)	0,4 (SD 1,2)	3,9 (SD 3,6)
Arbeitsjahre; MW (SD)	13,1 (SD 13,1)	11,9 (SD 8,8)	12,9 (SD 10,2)	12,4 (SD 12,7)	12,6 (SD 11,0)
Dienstweg:					
Zu Fuß; n (%)	8 (22,2 %)	6 (16,7 %)	2 (4,9 %)	0	16 (12,2 %)
Fahrrad; n (%)	24 (64,9 %)	23 (63,9 %)	23 (56,1 %)	7 (38,9 %)	77 (58,3 %)
PKW; n (%)	16 (43,2 %)	13 (36,1 %)	25 (61,0 %)	14 (77,8 %)	68 (51,5 %)
Bus; n (%)	2 (5,4 %)	1 (2,8 %)	6 (14,6 %)	0	9 (6,8 %)
Bahn; n (%)	4 (10,8 %)	2 (5,6 %)	1 (2,4 %)	0	7 (5,3 %)
eRoller; n (%)	1 (2,7 %)	0	1 (2,4 %)	0	2 (1,5 %)
Arbeitsweg in km; MW (SD)	14,1 (SD 16,4)	13,4 (SD 15,6)	13,1 (SD 11,4)	11,4 (SD 7,6)	13,3 (SD 13,7)
Freizeitverhalten					
Außenaufenthalt in min; MW (SD)	120 (SD 64,4)	107,3 (SD 44,9)	130,0 (SD 53,4)	398,1 (SD 227)	151,7 (SD 127,6)

Tageszeit des Außenaufenthaltes					
7 – 11 h; n (%)	11 (31,4 %)	8 (22,2 %)	12 (30,8 %)	14 (87,5 %)	45 (35,7 %)
11 – 15 h; n (%)	8 (22,9 %)	6 (16,7 %)	8 (20,5 %)	10 (62,5 %)	32 (25,4 %)
15 – 19 h; n (%)	31 (88,6 %)	28 (77,8 %)	35 (89,7 %)	5 (31,3 %)	99 (78,6 %)
Nach 19 h; n (%)	8 (22,9 %)	13 (36,1 %)	8 (20,5 %)	0	29 (23,0 %)
Sonnenexposition					
Kopf/ Gesicht; n (%)	36 (100 %)	36 (100 %)	40 (100 %)	17 (100 %)	129 (100 %)
Hände; n (%)	31 (86,1 %)	31 (86,1 %)	38 (95,0 %)	15 (88,2 %)	115 (89,1 %)
Arme; n (%)	10 (27,8 %)	11 (30,6 %)	20 (50,0 %)	15 (88,2 %)	56 (43,4 %)
Beine; n (%)	1 (2,8 %)	5 (13,9 %)	5 (12,5 %)	1 (5,9 %)	12 (9,3 %)
Aufenthalt im Schatten:					
Schatten immer; n (%)	0	0	1 (2,5 %)	0	1 (0,8 %)
Schatten meist; n (%)	17 (47,2 %)	10 (27,8 %)	18 (45,0 %)	5 (29,4 %)	50 (38,8 %)
Schatten selten; n (%)	18 (50,0 %)	25 (69,4 %)	20 (50,0 %)	11 (64,7 %)	74 (57,4 %)
Schatten nie; n (%)	1 (2,8 %)	1 (2,8 %)	1 (2,5 %)	1 (5,9 %)	4 (3,1 %)
Auftragen von Sonnencreme					
Sonnencreme immer; n (%)	3 (8,3 %)	3 (8,3 %)	1 (2,5 %)	2 (11,8 %)	9 (7,0 %)
Sonnencreme meist; n (%)	10 (27,8 %)	11 (30,6 %)	14 (35,0 %)	2 (11,8 %)	37 (28,7 %)
Sonnencreme selten; n (%)	20 (55,6 %)	15 (41,7 %)	21 (52,5 %)	11 (64,7 %)	67 (51,9 %)
Sonnencreme nie; n (%)	3 (8,3 %)	7 (19,4 %)	4 (10 %)	2 (11,8 %)	16 (12,4 %)
Reise; n (%)	0	0	0	0	0
Ernährungsverhalten					
Verzehr von Ei:					
Ei nie; n (%)	1 (2,7 %)	2 (5,6 %)	4 (10,3 %)	2 (11,8 %)	9 (7,0 %)
Ei gelegentlich; n (%)	16 (43,2 %)	13 (36,1 %)	20 (51,3 %)	8 (47,1 %)	57 (44,2 %)
Ei regelmäßig; n (%)	16 (43,2 %)	19 (52,8 %)	9 (23,1 %)	4 (23,5 %)	48 (37,2 %)
Ei täglich; n (%)	4 (10,8 %)	2 (5,6 %)	6 (15,4 %)	3 (17,6 %)	15 (11,6 %)
Verzehr Margarine:					
Margarine nie; n (%)	24 (64,9 %)	20 (57,1 %)	22 (56,4 %)	6 (35,3 %)	72 (56,3 %)
Margarine gelegentlich; n (%)	7 (18,9 %)	6 (17,1 %)	4 (10,3 %)	3 (17,6 %)	20 (15,6 %)
Margarine regelmäßig; n (%)	3 (8,1 %)	3 (8,6 %)	5 (12,8 %)	4 (23,5 %)	15 (11,7 %)
Margarine täglich; n (%)	3 (8,1 %)	6 (17,1 %)	8 (20,5 %)	4 (23,5 %)	21 (16,4 %)
Verzehr Milch					
Milchprodukte nie; n (%)	1 (2,7 %)	1 (2,8 %)	0	0	2 (1,5 %)
Milchprodukte gelegentlich; n (%)	6 (16,2 %)	4 (11,1 %)	5 (12,5 %)	3 (17,6 %)	18 (13,8 %)
Milchprodukte regelmäßig; n (%)	17 (45,9 %)	11 (30,6 %)	10 (25,0 %)	9 (52,9 %)	47 (36,2 %)
Milchprodukte täglich; n (%)	13 (35,1 %)	20 (55,6 %)	25 (62,5 %)	5 (29,4 %)	63 (48,5 %)
Verzehr Käse:					
Käse nie; n (%)	1 (2,7 %)	1 (2,8 %)	1 (2,5 %)	0	3 (2,3 %)
Käse gelegentlich; n (%)	6 (16,2 %)	4 (11,1 %)	8 (20,0 %)	2 (12,5 %)	20 (15,5 %)
Käse regelmäßig; n (%)	21 (56,8 %)	19 (52,8 %)	14 (35,0 %)	8 (50,0 %)	62 (48,1 %)

Käse täglich; n (%)	9 (24,3 %)	12 (33,3 %)	17 (42,5 %)	6 (37,5 %)	44 (34,1 %)
Verzehr Fisch/ Fleisch					
Fisch/ Fleisch nie; n (%)	2 (5,4 %)	0	2 (5,0 %)	0	4 (3,1 %)
Fisch/ Fleisch gelegentlich; n (%)	13 (35,1 %)	10 (27,8 %)	12 (30,0 %)	1 (5,9 %)	36 (27,7 %)
Fisch/ Fleisch regelmäßig; n (%)	19 (51,4 %)	18 (50,0 %)	20 (50,0 %)	12 (70,6 %)	69 (53,1 %)
Fisch/ Fleisch täglich; n (%)	3 (8,1 %)	8 (22,2 %)	6 (15,0 %)	4 (23,5 %)	21 (16,2 %)
Verzehr Orangensaft					
Orangensaft nie; n (%)	17 (45,9 %)	17 (47,2 %)	23 (57,5 %)	8 (44,4 %)	65 (49,6 %)
Orangensaft gelegentlich; n (%)	11 (29,7 %)	10 (27,8 %)	15 (37,5 %)	7 (38,9 %)	43 (32,8 %)
Orangensaft regelmäßig; n (%)	4 (10,8 %)	5 (13,9 %)	1 (2,5 %)	3 (16,7 %)	13 (9,9 %)
Orangensaft täglich; n (%)	5 (13,5 %)	4 (11,1 %)	1 (2,5 %)	0	10 (7,6 %)
Verzehr Nahrungsergänzung; n (%)	3 (8,1 %)	4 (11,1 %)	6 (15,0 %)	4 (25,0 %)	17 (13,2 %)
Rauchen; n (%)	5 (13,5 %)	4 (11,1 %)	10 (25,0 %)	4 (25,0 %)	23 (17,8 %)
Gesundheitsbezogene Lebensqualität					
Körperliche Funktionalität in Punkten; MW (SD)	88,9 (SD 14,3)	94,3 (SD 8,6)	88,9 (SD 15)	87,7 (SD 19,5)	90,2 (SD 14,2)
Körperliche Rollenfunktion in Punkten; MW (SD)	91,8 (SD 21,8)	95,1 (SD 13,1)	89,0 (SD 20,2)	91,7 (SD 17,1)	91,8 (SD 18,6)
Emotionale Rollenfunktion in Punkten; MW (SD)	90,4 (SD 26,7)	92,6 (SD 18,0)	88,2 (SD 21,8)	88,9 (SD 22,9)	90,1 (SD 22,4)
Vitalität in Punkten; MW (SD)	53,3 (16,1)	55,88 (SD 14,1)	50,1 (SD 14,9)	65,3 (SD 20,2)	54,8 (SD 16,4%)
Psychisches Wohlbefinden in Punkten; MW (SD)	69,7 (SD 17,6)	75,2 (SD 12,6)	75,8 (SD 12,7)	80,6 (SD 13,2)	74,5 (SD 14,6)
Soziale Funktionalität in Punkten; MW (SD)	77,0 (SD 26,4)	89,6 (SD 18,8)	80,2 (SD 24,7)	87,6 (SD 25,0)	82,8 (SD 24,2)
Schmerzen in Punkten; MW (SD)	81,1 (SD 22,5)	89,1 (SD 20,5)	84 (SD 19,7)	76,9 (SD 26,2)	83,6 (SD 21,8)
General Health in Punkten; MW (SD)	65,8 (SD 17,2)	74,9 (SD 13,0)	69,7 (SD 14,1)	72,4 (SD 19,2)	70,3 (SD 15,7)
Gesamt Score in Punkten; MW (SD)	77,3 (SD 14,7)	83,3 (SD 9,8)	78,3 (SD 11,2)	81,4 (SD 14,3)	79,8 (SD 12,5)
Vitamin D Serum Wert					
Vitamin D Serum in µg/L; MW (SD)	16,3 (SD 10,2)	13,8 (SD 8,1)	17,2 (SD 7,4)	17,1 (SD 9,1)	16 (SD 8,7)
Optimal (20-50 µg/L); n (%)	6 (15,8 %)	6 (16,7 %)	17 (41,5 %)	5 (27,8 %)	34 (25,6 %)
Insuffizient (12-20 µg/L); n (%)	20 (52,6 %)	13 (36,1 %)	12 (29,3 %)	6 (33,3 %)	51 (38,3 %)
Defizitär (<12 µg/L); n (%)	11 (28,9 %)	17 (47,2 %)	12 (29,3 %)	7 (38,9 %)	47 (35,3 %)
Hypervitaminose (>50 µg/L); n (%)	1 (2,6 %)	0	0	0	1 (0,8 %)

Tabelle 2: Eigenschaften der untersuchten Tätigkeitsbereiche im Februar 2021 (ausschließlich Teilnehmende, die an beiden Erhebungen teilnahmen).

	Administrativ (n = 31)	Operativ (n = 31)	Stationär (n = 31)	AWB (n = 15)	Gesamt (n = 108)
Persönliche Angaben					
Alter in Jahren; MW (SD)	41,8 (SD 4,3)	40,4 (SD 12,4)	43,0 (SD 13,5)	48,4 (SD 12,4)	42,6 (SD 13,3)
Weiblich; n (%)	27 (87,1 %)	20 (64,5 %)	25 (80,6 %)	0	72 (66,7 %)
Männlich; n (%)	4 (12,9 %)	11 (35,5 %)	6 (19,4 %)	15 (100 %)	36 (33,3 %)
Körpergewicht in kg; MW (SD)	73,9 (SD 15,3)	76,8 (SD 16,6)	80,9 (SD 17,9)	96,7 (SD 20,9)	79,9 (SD 18,5)
Körpergröße in cm; MW (SD)	171,4 (SD 8,0)	173,6 (SD 8,4)	173,9 (SD 8,1)	183,1 (SD 7,6)	174,4 (SD 8,8)
BMI in kg/m ² ; MW (SD)	25,0 (SD 4,2)	25,3 (SD 4,4)	26,5 (SD 5,3)	28,7 (SD 5,3)	26,0 (SD 4,8)
Hauttyp:					
Hauttyp 1; n (%)	0	1 (3,2 %)	4 (12,9 %)	0	5 (4,7 %)
Hauttyp 2; n (%)	13 (41,9 %)	17 (54,8 %)	18 (58,1 %)	11 (73,3 %)	59 (55,1 %)
Hauttyp 3; n (%)	15 (48,4 %)	9 (29,0 %)	8 (25,8 %)	4 (26,7 %)	36 (33,6 %)
Hauttyp 4; n (%)	3 (9,7 %)	2 (6,5 %)	1 (3,2 %)	0	6 (5,6 %)
Hauttyp 5; n (%)	0	0	0	0	0
Hauttyp 6; n (%)	0	1 (3,2 %)	0	0	1 (0,9 %)
Vorerkrankt; n (%)	15 (48,4 %)	7 (22,6 %)	7 (22,6 %)	4 (26,7 %)	33 (30,7 %)
Medikation; n (%)	13 (41,9 %)	10 (32,3 %)	7 (22,6 %)	2 (13,3 %)	32 (29,6 %)
Arbeitsplatzfaktoren					
Wochenarbeitszeit:					
Arbeitszeit <20h; n (%)	3 (9,7 %)	1 (3,2 %)	2 (6,5 %)	1 (6,7 %)	7 (6,5 %)
Arbeitszeit 20-30h; n (%)	8 (25,8 %)	6 (19,4 %)	8 (25,8 %)	0	22 (20,4 %)
Arbeitszeit 30-40h; n (%)	14 (45,2 %)	12 (38,7 %)	17 (54,8 %)	12 (80 %)	55 (50,9 %)
Arbeitszeit >40h; n (%)	6 (19,4 %)	12 (38,7 %)	4 (12,9 %)	2 (13,3 %)	24 (22,2 %)
Arbeitsschichten:					
Frühschicht; n (%)	6 (19,4 %)	24 (77,4 %)	22 (71,0 %)	0	52 (48,1 %)
Spätschicht; n (%)	4 (12,9 %)	20 (64,5 %)	20 (64,5 %)	0	44 (40,7 %)
Nachtschicht; n (%)	3 (9,7 %)	19 (51,6 %)	11 (35,5 %)	0	30 (27,8 %)
Keine Schichten; n (%)	25 (80,6 %)	7 (22,6 %)	9 (29,0 %)	15 (100%)	56 (51,9 %)
Arbeitszeit ohne Tageslicht in h; MW (SD)	2,9 (SD 3,2)	6,9 (SD 2,1)	2,8 (SD 3,3)	0,3 (SD 1,2)	3,7 (SD 3,5)
Arbeitsjahre; MW (SD)	12,4 (SD 13,1)	12,0 (SD 8,6)	13,6 (SD 10,9)	14,5 (SD 13,1)	12,9 (SD 11,2)
Dienstweg:					
Zu Fuß; n (%)	7 (22,9 %)	6 (19,4 %)	1 (3,2 %)	0	14 (13,0 %)
Fahrrad; n (%)	20 (64,5 %)	20 (64,5 %)	20 (64,5 %)	6 (40,0 %)	66 (61,1 %)
PKW; n (%)	13 (41,9 %)	9 (29,0 %)	16 (51,6 %)	12 (80,0 %)	50 (46,3 %)
Bus; n (%)	1 (3,2 %)	1 (3,2 %)	3 (9,7 %)	0	5 (4,6 %)
Bahn; n (%)	4 (12,9 %)	1 (3,2 %)	1 (3,2 %)	0	6 (5,6 %)
eRoller; n (%)	1 (3,2 %)	0	1 (3,2 %)	0	2 (1,9 %)
Arbeitsweg in km; MW (SD)	14,8 (SD 17,5)	12,1 (SD 13,9)	13,3 (SD 12,1)	12,6 (SD 7,4)	13,3 (SD 13,8)
Freizeitverhalten					

Außenaufenthalt in min; MW (SD)	127,5 (SD 67,3)	104,5 (SD 46,5)	128,1 (SD 42,9)	401,3 (SD 236,8)	155,7 (SD 134,5)
Tageszeit des Außenaufenthaltes					
7 – 11h; n (%)	8 (26,7 %)	6 (19,4 %)	8 (27,6 %)	13 (92,9 %)	35 (33,7 %)
11 – 15h; n (%)	7 (24,1 %)	4 (12,9 %)	7 (23,3 %)	9 (64,3 %)	27 (26,0 %)
15 – 19h; n (%)	25 (86,2 %)	24 (77,4 %)	27 (90,0 %)	5 (35,7 %)	81 (77,9 %)
Nach 19 h; n (%)	8 (27,6 %)	11 (35,5 %)	6 (20,0 %)	0	25 (24,0 %)
Sonnenexposition					
Kopf/ Gesicht; n (%)	30 (100 %)	31 (100 %)	31 (100 %)	15 (100 %)	107 (100 %)
Hände; n (%)	27 (90,0 %)	26 (83,9 %)	30 (96,8 %)	13 (86,7 %)	96 (89,7 %)
Arme; n (%)	10 (33,3 %)	10 (32,3 %)	18 (58,1 %)	13 (86,7 %)	51 (47,7 %)
Beine; n (%)	1 (3,3 %)	5 (16,1 %)	4 (12,9 %)	0	10 (9,3 %)
Aufenthalt im Schatten:					
Schatten immer; n (%)	0	0	1 (3,2 %)	0	1 (0,9 %)
Schatten meist; n (%)	13 (43,3 %)	9 (29,0 %)	13 (41,9 %)	4 (26,7 %)	39 (36,4 %)
Schatten selten; n (%)	16 (53,3 %)	21 (67,7 %)	16 (51,6 %)	10 (66,7 %)	63 (58,9 %)
Schatten nie; n (%)	1 (3,3 %)	1 (3,2 %)	1 (3,2 %)	1 (6,7 %)	4 (3,7 %)
Auftragen von Sonnencreme					
Sonnencreme immer; n (%)	2 (6,7 %)	2 (6,5 %)	1 (3,2 %)	2 (11,8 %)	7 (6,5 %)
Sonnencreme meist; n (%)	9 (30,0 %)	10 (32,3 %)	12 (38,7 %)	2 (11,8 %)	33 (30,8 %)
Sonnencreme selten; n (%)	16 (53,3 %)	13 (41,9 %)	15 (48,4 %)	11 (64,7 %)	54 (50,5 %)
Sonnencreme nie; n (%)	3 (10,0 %)	6 (19,4 %)	3 (9,7 %)	2 (11,8 %)	13 (12,1 %)
Reisen; n (%)	0	0	0	0	0
Ernährungsverhalten					
Verzehr von Ei:					
Ei nie; n (%)	1 (3,3 %)	2 (6,5 %)	4 (13,3 %)	2 (13,3 %)	9 (8,5 %)
Ei gelegentlich; n (%)	13 (43,3 %)	13 (41,9 %)	14 (46,7 %)	8 (53,3 %)	48 (45,3 %)
Ei regelmäßig; n (%)	12 (40,0 %)	15 (48,4 %)	9 (23,3 %)	3 (20,0 %)	37 (34,9 %)
Ei täglich; n (%)	4 (13,3 %)	1 (3,2 %)	6 (16,7 %)	2 (13,3 %)	12 (11,3 %)
Verzehr Margarine:					
Margarine nie; n (%)	19 (63,3 %)	17 (56,7 %)	17 (56,7 %)	5 (33,3 %)	58 (55,2 %)
Margarine gelegentlich; n (%)	6 (20,0 %)	4 (13,3 %)	4 (13,3 %)	3 (20,0 %)	17 (16,2 %)
Margarine regelmäßig; n (%)	2 (6,7 %)	3 (10,1 %)	3 (10,0 %)	3 (20,0 %)	11 (10,5 %)
Margarine täglich; n (%)	3 (10,0 %)	6 (20,0 %)	6 (20,0 %)	4 (26,7 %)	19 (18,1 %)
Verzehr Milch					
Milchprodukte nie; n (%)	1 (23,3 %)	1 (3,2 %)	0	0	2 (1,9 %)
Milchprodukte gelegentlich; n (%)	5 (16,7 %)	3 (9,7 %)	3 (9,7 %)	3 (20,0 %)	14 (13,1 %)
Milchprodukte regelmäßig; n (%)	14 (46,7 %)	9 (29,0 %)	7 (22,6 %)	7 (46,7 %)	37 (34,6 %)
Milchprodukte täglich; n (%)	10 (33,3 %)	18 (58,1 %)	21 (67,7 %)	5 (33,3 %)	54 (50,5 %)
Verzehr Käse:					
Käse nie; n (%)	1 (3,3 %)	1 (3,2 %)	1 (3,2 %)	0	3 (2,8 %)

Käse gelegentlich; n (%)	5 (16,7 %)	43 (9,7 %)	7 (22,6 %)	2 (14,3 %)	17 (16,0 %)
Käse regelmäßig; n (%)	17 (56,7 %)	15 (48,4 %)	11 (35,5 %)	7 (50,0 %)	50 (47,2 %)
Käse täglich; n (%)	7 (23,3 %)	12 (38,7 %)	12 (38,7 %)	5 (35,7 %)	36 (34,0 %)
Verzehr Fisch/ Fleisch					
Fisch/ Fleisch nie; n (%)	2 (6,7 %)	0	2 (6,5 %)	0	4 (3,7 %)
Fisch/ Fleisch gelegentlich; n (%)	10 (33,3 %)	9 (29,0 %)	10 (32,3 %)	1 (6,7 %)	30 (28,0 %)
Fisch/ Fleisch regelmäßig; n (%)	15 (50,0 %)	16 (51,6 %)	15 (48,4 %)	10 (66,7 %)	56 (52,3 %)
Fisch/ Fleisch täglich; n (%)	3 (10,0 %)	6 (19,4 %)	4 (12,9 %)	4 (26,7 %)	17 (15,9 %)
Verzehr Orangensaft					
Orangensaft nie; n (%)	13 (43,3 %)	15 (48,4 %)	17 (54,8 %)	6 (40,0 %)	51 (47,7 %)
Orangensaft gelegentlich; n (%)	9 (30,0 %)	9 (29,0 %)	12 (38,7 %)	7 (46,7 %)	37 (34,6 %)
Orangensaft regelmäßig; n (%)	3 (10,0 %)	3 (9,7 %)	1 (3,2 %)	2 (13,3 %)	9 (8,4 %)
Orangensaft täglich; n (%)	5 (16,7 %)	4 (12,9 %)	1 (3,2 %)	0	10 (9,3 %)
Verzehr Nahrungsergänzung; n (%)	2 (6,7 %)	3 (9,7 %)	5 (16,1 %)	3 (21,4 %)	15 (13,9 %)
Rauchen; n (%)	3 (10,0 %)	4 (12,9 %)	9 (29,0 %)	4 (28,6 %)	22 (20,4 %)
Gesundheitsbezogene Lebensqualität					
Körperliche Funktionalität in Punkten; MW (SD)	88,7 (SD 15,0)	95,6 (SD 7,4)	91,0 (SD 12,1)	90,0 (SD 15,1)	91,5 (SD 12,5)
Körperliche Rollenfunktion in Punkten; MW (SD)	89,9 (SD 23,8)	99,2 (SD 4,5)	88,7 (SD 22,2)	91,7 (SD 18,1)	92,5 (SD 19,1)
Emotionale Rollenfunktion in Punkten; MW (SD)	88,2 (SD 29,2)	96,8 (SD 10,0)	86,0 (SD 24,0)	86,7 (SD 24,6)	89,8 (SD 23,0)
Vitalität in Punkten; MW (SD)	52,6 (SD 16,1)	57,8 (SD 12,4)	51,0 (SD 15,5)	66,7 (SD 18,0)	55,6 (SD 15,9)
Psychisches Wohlbefinden in Punkten; MW (SD)	70,2 (SD 18,4)	76,5 (SD 12,5)	76,0 (SD 12,0)	81,6 (SD 14,0)	75,3 (SD 14,8)
Soziale Funktionalität in Punkten; MW (SD)	77,0 (SD 26,9)	90,4 (SD 18,5)	77,9 (SD 26,4)	87,5 (SD 27,1)	82,5 (SD 25,1)
Schmerzen in Punkten; MW (SD)	80,6 (SD 22,7)	91,6 (SD 18,5)	84,0 (SD 19,7)	76,5 (SD 27,7)	84,2 (SD 21,8)
General Health in Punkten; MW (SD)	65,3 (SD 17,7)	75,3 (SD 13,3)	69,8 (SD 13,1)	75,0 (SD 19,6)	70,8 (SD 15,9)
Gesamt Score in Punkten; MW (SD)	76,6 (SD 15,3)	85,3 (SD 7,1)	78,1 (SD 11,6)	82,0 (SD 14,4)	80,3 (SD 12,6)
Vitamin D Serum Wert					
Vitamin D Serum in µg/L; MW (SD)	16,4 (SD 10,6)	13,8 (SD 8,5)	17,4 (SD 7,6)	16,7 (SD 9,0)	16,0 (SD 9,0)
Optimal (20-50 µg/L); n (%)	5 (16,1 %)	6 (19,4 %)	13 (41,9 %)	3 (20,0 %)	27 (25,0 %)
Insuffizient (12-20 µg/L); n (%)	16 (51,6 %)	9 (29,0 %)	9 (29,0 %)	6 (40,0 %)	40 (37,0 %)
Defizitär (<12 µg/L); n (%)	9 (29,0 %)	16 (51,6 %)	9 (29,0 %)	6 (40,0 %)	40 (37,0 %)
Hypervitaminose (>50 µg/L); n (%)	1 (3,2 %)	0	0	0	1 (0,9 %)

Tabelle 3: Eigenschaften der untersuchten Tätigkeitsbereiche im September 2021.

	Administrativ (n = 31)	Operativ (n = 31)	Stationär (n = 31)	AWB (n = 15)	Gesamt (n = 108)
Persönliche Angaben					
Alter in Jahren; MW (SD)	42,4 (SD 14,4)	40,8 (SD 12,3)	43,6 (SD 13,5)	49,1 (SD 11,9)	43,23 (SD 13,3)
Weiblich; n (%)	27 (87,1 %)	20 (64,5 %)	25 (80,6 %)	0	72 (62,6 %)
Männlich; n (%)	4 (12,9 %)	11 (35,5 %)	6 (19,4 %)	15 (100 %)	35 (31,3 %)
Körpergewicht in kg; MW (SD)	75,0 (SD 15,9)	77,0 (SD 17,0)	81,2 (SD 17,4)	98,5 (SD 19,8)	80,5 (SD 18,5)
Körpergröße in cm; MW (SD)	171,3 (SD 7,8)	173,5 (SD 8,4)	173,7 (SD 8,0)	183,6 (SD 7,2)	174,3 (SD 8,8)
BMI in kg/m ² ; MW (SD)	25,4 (SD 4,4)	25,4 (SD 4,5)	26,8 (SD 5,1)	29,0 (SD 5,2)	26,3 (SD 4,9)
Hauttyp:					
Hauttyp 1; n (%)	0	1 (3,2 %)	3 (9,7 %)	0	4 (3,7 %)
Hauttyp 2; n (%)	17 (54,8 %)	16 (51,6 %)	17 (54,8 %)	10 (66,7 %)	60 (55,6 %)
Hauttyp 3; n (%)	13 (41,9 %)	11 (35,5 %)	10 (32,3 %)	5 (33,3 %)	39 (36,1 %)
Hauttyp 4; n (%)	1 (3,2 %)	2 (6,5 %)	1 (3,2 %)	0	4 (3,7 %)
Hauttyp 5; n (%)	0	0	0	0	0
Hauttyp 6; n (%)	0	1 (3,2 %)	0	0	1 (0,9 %)
Vorerkrankt; n (%)	14 (45,2 %)	8 (25,8 %)	8 (25,8 %)	4 (26,7 %)	40 (34,8 %)
Medikation; n (%)	12 (38,7 %)	12 (38,7 %)	5 (16,1 %)	2 (13,3 %)	38 (33,0 %)
Arbeitsplatzfaktoren					
Wochenarbeitszeit in h; MW (SD)	32,6 (SD 10,2)	39,2 (SD 9,8)	34,4 (SD 7,4)	36,8 (SD 8,3)	35,5 (SD 9,3)
Arbeits-schichten:					
Frühschicht; n (%)	5 (16,1 %)	24 (77,4 %)	20 (64,5 %)	0	49 (45,5 %)
Spätschicht; n (%)	4 (12,9 %)	20 (64,5 %)	20 (64,5 %)	0	44 (40,7 %)
Nachtschicht; n (%)	3 (9,7 %)	14 (45,2 %)	13 (41,9 %)	0	30 (27,8 %)
Keine Schichten; n (%)	26 (83,9 %)	7 (22,6 %)	10 (32,3 %)	15 (100 %)	58 (53,7 %)
Arbeitszeit ohne Tageslicht in h; MW (SD)	1,9 (SD 3,0)	6,8 (SD 1,7)	3,3 (SD 3,3)	0,3 (SD 1,0)	3,4 (SD 3,5)
Arbeitsjahre; MW (SD)	13,1 (SD 13,1)	12,9 (SD 9,1)	15,7 (SD 11,9)	16,0 (SD 14,7))	14,2 (SD 11,8)
Dienstweg:					
Zu Fuß; n (%)	5 (16,1 %)	4 (12,9 %)	6 (19,6 %)	0	15 (13,9 %)
Fahrrad; n (%)	21 (67,7 %)	21 (67,7 %)	22 (71,0 %)	6 (40,0 %)	70 (64,8 %)
PKW; n (%)	13 (41,9 %)	11 (35,5 %)	17 (54,8 %)	13 (86,7 %)	54 (50,0 %)
Bus; n (%)	3 (9,7 %)	1 (3,2 %)	1 (3,2 %)	0	5 (4,6 %)
Bahn; n (%)	4 (12,9 %)	1 (3,2 %)	1 (3,2 %)	0	6 (5,6 %)
eRoller; n (%)	1 (3,2 %)	0	1 (3,2 %)	0	2 (1,9 %)
Arbeitsweg in km; MW (SD)	15,1 (SD 22,5)	12,6 (SD 14,1)	13,2 (SD 11,9)	16,4 (SD 15,1)	14,0 (SD 16,5)
Freizeitverhalten					
Außenaufenthalt in min; MW (SD)	125,2 (SD 64,2)	123,6 (SD 63,1)	162,2 (SD 57,8)	505,0 (SD 109,2)	182,0 (SD 140,7)
Tageszeit des Außenaufenthaltes					
7 – 11h; n (%)	11 (35,5 %)	8 (25,8 %)	6 (20,0 %)	12 (80,0 %)	37 (34,6 %)
11 – 15h; n (%)	7 (22,6 %)	8 (25,8 %)	11 (36,7 %)	14 (93,3 %)	40 (37,4 %)
15 – 19h; n (%)	27 (87,1 %)	26 (83,9 %)	24 (80,0 %)	6 (40,0 %)	83 (77,6 %)

Nach 19 h; n (%)	9 (29,0 %)	11 (35,5 %)	10 (33,3 %)	1 (6,7 %)	31 (29,0 %)
Sonnenexposition					
Kopf/ Gesicht; n (%)	31 (100 %)	31 (100 %)	29 (96,7 %)	14 (100 %)	105(99,1 %)
Hände; n (%)	29 (93,5 %)	30 (96,8 %)	29 (93,5 %)	11 (78,6 %)	99 (93,4 %)
Arme; n (%)	26 (83,9 %)	25 (80,6 %)	28 (93,3 %)	14 (100 %)	93 (87,7 %)
Beine; n (%)	4 (12,9 %)	5 (16,1 %)	15 (50,0 %)	1 (7,1 %)	25 (23,6 %)
Aufenthalt im Schatten:					
Schatten immer; n (%)	1 (3,2 %)	0	2 (6,7 %)	1 (7,1 %)	4 (3,8 %)
Schatten meist; n (%)	13 (41,9 %)	15 (48,4 %)	16 (53,3 %)	2 (14,3 %)	46 (43,4 %)
Schatten selten; n (%)	15 (48,4 %)	16 (51,6 %)	12 (40,0 %)	8 (57,1 %)	51 (48,1 %)
Schatten nie; n (%)	2 (6,5 %)	0	0	3 (21,4 %)	5 (4,7 %)
Auftragen von Sonnencreme					
Sonnencreme immer; n (%)	3 (9,7 %)	1 (3,2 %)	3 (10,9 %)	1 (7,1 %)	8 (7,5 %)
Sonnencreme meist; n (%)	7 (22,6 %)	13 (41,9 %)	11 (36,7 %)	1 (7,1 %)	32 (30,2 %)
Sonnencreme selten; n (%)	19 (61,3 %)	16 (51,6 %)	12 (40,0 %)	8 (57,1 %)	55 (51,9 %)
Sonnencreme nie; n (%)	2 (6,5 %)	1 (3,2 %)	4 (13,3 %)	4 (28,6 %)	11 (10,4 %)
Reise; n (%)	11 (35,5 %)	12 (38,7 %)	11 (36,7 %)	5 (33,3 %)	39 (36,4 %)
Ernährungsverhalten					
Verzehr von Ei:					
Ei nie; n (%)	1 (3,2 %)	2 (6,5 %)	3 (10,0 %)	2 (13,3 %)	8 (7,5 %)
Ei gelegentlich; n (%)	12 (38,7 %)	14 (45,2 %)	13 (43,3 %)	6 (40,0 %)	45 (42,1 %)
Ei regelmäßig; n (%)	15 (48,4 %)	15 (48,4 %)	10 (33,3 %)	5 (33,3 %)	45 (42,1 %)
Ei täglich; n (%)	3 (9,7 %)	0	4 (13,3 %)	2 (13,3 %)	9 (8,4 %)
Verzehr Margarine:					
Margarine nie; n (%)	16 (57,1 %)	16 (51,6 %)	15 (51,7 %)	5 (33,3 %)	52 (50,5 %)
Margarine gelegentlich; n (%)	7 (25,0 %)	3 (9,7 %)	8 (27,6 %)	3 (20,0 %)	21 (20,4 %)
Margarine regelmäßig; n (%)	2 (7,1 %)	6 (19,4 %)	0	4 (26,7 %)	12 (11,7 %)
Margarine täglich; n (%)	3 (10,7 %)	6 (19,4 %)	6 (20,7 %)	3 (20,0 %)	18 (17,5 %)
Verzehr Milch					
Milchprodukte nie; n (%)	2 (6,5 %)	0	0	0	2 (1,9 %)
Milchprodukte gelegentlich; n (%)	6 (19,4 %)	4 (12,9 %)	3 (10,0 %)	6 (42,9 %)	19 (17,9 %)
Milchprodukte regelmäßig; n (%)	9 (29,0 %)	11 (35,5 %)	6 (20,0 %)	3 (21,4 %)	29 (27,4 %)
Milchprodukte täglich; n (%)	14 (45,2 %)	16 (51,6 %)	21 (70,0 %)	5 (35,7 %)	56 (52,8 %)
Verzehr Käse:					
Käse nie; n (%)	3 (9,7 %)	1 (3,2 %)	2 (6,7 %)	1 (6,7 %)	7 (6,5 %)
Käse gelegentlich; n (%)	5 (16,1 %)	4 (12,9 %)	3 (10,0 %)	5 (33,3 %)	17 (15,9 %)
Käse regelmäßig; n (%)	16 (51,6 %)	14 (45,2 %)	13 (43,3 %)	2 (13,3 %)	45 (42,1 %)
Käse täglich; n (%)	7 (22,6 %)	12 (38,7 %)	12 (40,0 %)	7 (46,7 %)	38 (35,5 %)
Verzehr Fisch/ Fleisch					
Fisch/ Fleisch nie; n (%)	1 (3,2 %)	0	2 (6,7 %)	0	3 (2,8 %)
Fisch/ Fleisch gelegentlich; n (%)	14 (45,2 %)	11 (35,5 %)	8 (26,7 %)	4 (26,7 %)	37 (34,6 %)

Fisch/ Fleisch regelmäßig; n (%)	14 (45,2 %)	17 (54,8 %)	16 (53,3 %)	7 (46,7 %)	54 (50,5 %)
Fisch/ Fleisch täglich; n (%)	2 (6,5 %)	3 (9,7 %)	4 (13,3 %)	4 (26,7 %)	13 (12,1 %)
Verzehr Orangensaft					
Orangensaft nie; n (%)	12 (38,7 %)	19 (61,3 %)	10 (34,5 %)	8 (57,1 %)	49 (46,7 %)
Orangensaft gelegentlich; n (%)	13 (41,9 %)	6 (19,4 %)	15 (51,7 %)	4 (28,6 %)	38 (36,2 %)
Orangensaft regelmäßig; n (%)	3 (9,7 %)	5 (16,1 %)	1 (3,4 %)	2 (14,3 %)	11 (10,5 %)
Orangensaft täglich; n (%)	3 (9,7 %)	1 (3,2 %)	3 (10,3 %)	0	7 (6,7 %)
Verzehr Nahrungsergänzung; n (%)	7 (22,6 %)	5 (16,1 %)	6 (20,0 %)	1 (6,7 %)	19 (16,5 %)
Rauchen; n (%)	3 (9,7 %)	3 (9,7 %)	6 (20,0 %)	4 (26,7 %)	16 (13,9 %)
Angabe zu bewusster Verhaltensänderung:					
Verhaltensänderung; n (%)	5 (16,1 %)	5 (16,1 %)	3 (10,0 %)	0	13 (11,3 %)
Vitamin D Zufuhr; n (%)	1 (3,2 %)	2 (6,5 %)	1 (3,2 %)	0	4 (3,7 %)
Gesundheitsbezogene Lebensqualität					
Körperliche Funktionalität in Punkten; MW (SD)	90,8 (SD 11,3)	95,2 (SD 10,5)	91,2 (SD 11,9)	91,7 (SD 18,2)	92,3 (SD 12,4)
Körperliche Rollenfunktion in Punkten; MW (SD)	91,1 (SD 20,0)	97,6 (SD 13,5)	81,4 (SD 31,5)	91,7 (SD 22,5)	90,3 (SD 23,3)
Emotionale Rollenfunktion in Punkten; MW (SD)	89,2 (SD 21,8)	98,9 (SD 6,0)	83,3 (SD 30,0)	95,6 (SD 17,2)	91,3 (SD 21,6)
Vitalität in Punkten; MW (SD)	51,9 (SD 20,8)	61,6 (SD 16,7)	50,3 (SD 16,9)	70,8 (SD 19,7)	56,9 (SD 19,6)
Psychisches Wohlbefinden in Punkten; MW (SD)	73,7 (SD 18,3)	80,5 (SD 9,6)	69,7 (SD 17,5)	86,5 (SD 10,9)	76,3 (SD 16,0)
Soziale Funktionalität in Punkten; MW (SD)	79,0 (SD 23,4)	93,8 (SD 10,3%)	81,1 (SD 22,1)	90,0 (SD 18,4)	85,3 (SD 20,2)
Schmerzen in Punkten; MW (SD)	78,7 (SD 23,1)	92,8 (SD 11,6)	84,3 (SD 21,0)	85,5 (SD 20,2)	85,3 (SD 20,1)
General_Health in Punkten; MW (SD)	66,1 (SD 18,2)	76,6 (SD 11,6)	70,9 (SD 17,1)	75,3 (SD 20,8)	71,7 (SD 17,0)
Gesamt Score in Punkten; MW (SD)	78,2 (SD 14,2)	86,1 (SD 5,7)	77,0 (SD 13,4)	85,4 (SD 14,4)	81,1 (SD 12,7)
Vitamin D Serum Wert					
Vitamin D Serum in µg/L; MW (SD)	26,7 (SD 8,2)	25,7 (SD 7,5))	27,6 (SD 9,3)	31,2 (SD 7,3)	27,3 (SD 8,3)
Optimal (20-50µg/L); n (%)	25 (80,6 %)	24 (77,4 %)	26 (83,9 %)	15 (100 %)	90 (83,3 %)
Insuffizient (12-20µg/L); n (%)	5 (16,1 %)	5 (16,1 %)	4 (12,9 %)	0	14 (13,0 %)
Defizitär (<12µg/L); n (%)	1 (3,2 %)	2 (6,5 %)	0	0	3 (2,8 %)
Hypervitaminose (>50µg/L); n (%)	0	0	1 (3,2 %)	0	1 (0,9 %)

Tabelle 4: Mittelwerte (MW) und 95% Konfidenzintervalle (KI) der nominal und ordinal skalierten Variablen.

Variabel	Februar 2021			September 2021 (gesamt)			September 2021 (exkl. Substitution)		
	MW in µg/L	Untergrenze 95 % KI	Obergrenze 95 % KI	MW in µg/L	Untergrenze 95 % KI	Obergrenze 95 % KI	MW in µg/L	Untergrenze 95 % KI	Obergrenze 95 % KI
Geschlecht:									
männlich	14,93	12,55	17,31	28,41	25,86	30,95	27,93	25,37	30,49
Weiblich	16,26	14,49	18,04	26,79	24,72	28,86	26,61	24,54	28,69
Hauttyp									
1	15,06	6,6	23,52	23,1	18,92	27,28	23,1	18,92	27,28
2	15,54	13,97	17,11	27,44	25,37	29,5	27,25	25,18	29,32
3	16,94	13,74	20,15	27,6	24,58	30,62	27,52	24,42	30,62
4	14,44	9,93	18,96	27,75	9,53	45,98	22,9	4,37	41,43
5	keine Werte			keine Werte			keine Werte		
6	keine Werte			keine Werte			keine Werte		
Vorerkrankung	15,56	12,41	18,71	26,15	23,39	28,91	25,48	22,76	28,2
Keine Vorerkrankung	16,24	14,61	17,87	27,87	25,88	29,85	27,73	25,72	29,73
Medikation	15,4	11,98	18,82	27,48	23,77	31,19	26,86	23,03	30,69
Keine Medikation	16,27	14,67	17,87	27,28	25,54	29,01	27,12	25,39	28,85
Arbeitsplatz:									
Stationär	17,19	14,85	19,53	27,61	24,19	31,03	27,12	23,73	30,51
Operativ	13,8	11,06	16,54	25,67	22,91	28,43	24,92	22,25	27,59
Administrativ	16,33	12,97	19,69	26,72	23,7	29,74	26,83	23,71	29,95
AWB	17,08	12,55	21,6	31,17	27,15	35,19	31,17	27,15	35,19
Arbeitszeit:				¹⁾			¹⁾		
< 20 h	14,22	5,15	23,29						
20 - 30 h	16,1	13,61	18,59						
30 - 40 h	15,82	13,7	17,94						
> 40 h	16,29	13,32	19,27						

Dienstschichten: ²⁾									
Frühschicht	15,03	13,21	16,84	26,02	23,39	28,66	25,37	22,76	27,99
keine Frühschicht	16,67	14,47	18,87	28,34	26,41	30,28	28,3	26,33	30,28
Spätschicht	14,33	12,44	16,23	26,72	23,88	29,55	26,04	23,2	28,87
keine Spätschicht	17,05	15	19,09	27,69	25,79	29,59	27,64	25,71	29,57
Nachtschicht	14,25	12	16,52	26,51	22,9	30,12	26,05	22,36	29,74
keine Nachtschicht	16,5	14,72	18,28	27,59	25,84	29,35	27,36	25,6	29,12
Schichtdienst	15,14	13,34	16,94	26,15	23,55	28,74	25,52	22,94	28,1
kein Schichtdienst	16,59	14,36	18,81	28,28	26,31	30,25	28,24	26,23	30,24
Dienstweg: ²⁾									
Zu Fuß	12,53	9,47	15,6	25,41	21,3	29,52	24,21	20,75	27,66
Nicht zu Fuß	16,61	14,96	18,26	27,6	25,85	29,34	27,44	25,68	29,21
Mit Rad	16,49	14,44	18,54	27,59	25,63	29,54	27,33	25,36	29,29
Nicht mit Rad	15,59	13,33	17,85	26,75	23,92	29,58	26,41	23,56	29,25
PKW	16,69	14,3	19,08	28,29	25,91	30,66	28,11	25,7	30,51
Nicht mit PKW	15,49	13,67	17,31	26,3	24,16	28,45	25,91	23,78	29,04
Bus	17	12,68	21,32	26,02	17,44	34,6	26,02	17,44	34,6
Nicht mit Bus	16,05	14,47	17,64	27,35	25,71	29	27,06	25,4	28,71
Bahn	13,93	7,56	20,3	24,25	14,8	33,7	27,18	25,54	28,81
Nicht mit Bahn	16,24	14,67	17,8	27,47	25,84	29,1	24,25	14,8	33,7
Roller	16,9	-74,59	108,4	27,05	-99,38	153,48	27,05	-99,37	153,48
Nicht mit Roller	16,1	14,58	17,62	27,3	25,7	28,89	27,01	25,4	28,61
Außenaufenthalt: ²⁾									
Vormittags	16,32	13,74	18,91	27,77	25,22	30,31	26,99	24,06	29,93
Nicht vormittags	16,12	14,02	18,19	27,08	24,99	29,16	25,97	24,11	27,84
Mittags	16,23	13,33	19,13	27,93	25,43	30,43	27,32	24,59	30,05
Nicht mittags	16,17	14,23	18,11	26,95	24,83	29,07	25,7	23,79	27,6
Nachmittags	15,89	14,06	17,71	26,33	24,77	27,9	26,07	24,42	27,72

Nicht nachmittags	17,33	13,76	20,91	30,71	26,01	35,41	27,28	22,78	31,77
Abends	16,65	14,66	18,63	26,39	22,59	30,2	24,02	21,28	26,76
Nicht abend	14,72	12,32	17,13	27,69	26	29,39	27,25	25,38	29,11
Kleidung/ Hautbedeckung: ²⁾									
Kopf bedeckt	keine Werte			keine Werte			keine Werte		
Kopf unbedeckt	16,19	14,58	17,79	27,32	25,69	28,95	26,21	24,74	27,87
Hände bedeckt	13,55	9,11	18	28,06	23,82	32,29	28,06	23,82	32,29
Hände unbedeckt	16,5	14,77	18,23	27,24	25,53	28,96	26,16	24,5	27,81
Arme bedeckt	16,44	14,05	18,83	24,73	20,56	28,9	23,93	19,08	28,77
Arme unbedeckt	15,84	13,78	17,91	27,66	25,9	29,42	26,61	24,95	28,26
Beine bedeckt	16,41	14,68	18,14	27,14	25,32	28,96	26,25	24,33	28,18
Beine unbedeckt	14,17	9,72	18,61	27,81	24,07	31,55	26,42	23,92	28,92
Schatten:									
Nie	19,85	8,72	30,99	29,3	13,81	44,79	29,3	13,81	44,79
Selten	16,42	14,22	18,63	28,39	25,83	30,95	27,03	24,75	29,31
Meist	15,48	12,96	18	25,36	23,34	27,39	24,92	22,78	27,06
Immer	keine Werte			33,18	22,05	44,3	30,6	-24,04	85,24
Sonnencreme:									
nie	17,77	12,04	23,49	30,78	24,01	37,56	27,38	19,36	35,39
Selten	16,57	14,13	19,01	27,41	25,33	29,49	27,01	24,74	29,28
Meist	15,48	12,78	18,18	26,19	22,85	29,53	24,87	22,31	27,43
Immer	13,66	9,66	17,65	26,18	20,47	31,88	26,18	20,47	31,88
Reiseverhalten:									
Reise	keine Werte			29,06	26,66	31,47	24,55	22,64	26,46
Keine Reise	16,19	14,58	17,79	26,27	24,13	28,41	28,91	26,47	31,35
Ernährung:									
Ei – nie	19,7	13,12	26,29	26,23	19,84	32,61	26,23	19,84	32,61
Ei – gelegentlich	16,12	13,29	18,94	27,5	24,89	30,11	27,11	24,34	29,87

Ei – regelmäßig	15,11	12,75	17,47	26,1	23,92	28,27	25,7	23,63	27,78
Ei – täglich	17,83	14,43	21,23	25,02	16,54	33,49	25,02	16,54	33,49
Margarine - nie	16,26	13,92	18,6	26,35	23,84	28,86	25,99	23,41	28,56
Margarine - gelegentlich	16,22	12,97	19,47	25,99	22,81	29,17	25,99	22,81	29,17
Margarine - regelmäßig	16,28	12,34	20,22	25,65	21,98	29,31	25,29	21,27	29,31
Margarine - täglich	15,79	10,99	20,6	28,89	25,74	32,05	28,11	25,25	30,97
Milch - nie	11,45	-6,97	29,87	26,3	-186,16	239,76	26,3	-187,16	239,76
Milch - gelegentlich	16,58	11,32	21,83	27,29	23,41	31,16	27,18	23,05	31,3
Milch - regelmäßig	18,07	14,81	21,33	26,78	23,62	29,94	26,9	23,63	30,18
Milch - täglich	14,91	13,04	16,78	26,39	24,42	28,36	25,66	23,8	27,51
Käse - nie	11,27	-9,92	32,45	21,4	16,19	26,61	21,4	16,19	26,61
Käse - gelegentlich	16,7	12,85	20,55	28,75	24,69	32,81	28,75	24,69	32,81
Käse - regelmäßig	17,04	14,25	19,83	26,41	23,8	29,03	26,42	23,67	29,16
Käse - täglich	15,15	13,01	17,28	27,07	24,65	29,5	25,97	23,77	28,18
Fisch/ Fleisch - nie	12,7	3,08	22,32	29,27	23,34	35,19	29,27	23,34	35,19
Fisch/ Fleisch - gelegentlich	16,93	12,99	20,86	26,54	23,34	29,75	26,63	23,34	29,92
Fisch/ Fleisch - regelmäßig	16,43	14,3	18,55	26,41	24,55	28,27	26,01	24,2	27,82
Fisch/ Fleisch - täglich	14,58	12,02	17,13	27,46	22,33	32,58	25,44	20,63	30,26
Orangensaft - nie	16,94	14,19	19,68	26,51	24,06	28,97	26,07	23,5	28,64
Orangensaft - gelegentlich	15,21	13,28	17,13	27,11	24,49	29,73	26,67	24,13	29,2
Orangensaft - regelmäßig	16,25	10,85	21,64	26,2	21,44	30,96	26,2	21,44	30,96
Orangensaft - täglich	15,17	10,04	20,3	26,07	20,67	31,47	26,07	20,67	31,47
Nahrungs-ergänzungsmittel	20,67	15,87	25,47	33,04	28,15	37,94	33,96	27,66	40,27
Keine Nahrungs-ergänzungsmittel	15,45	13,76	17,14	25,44	23,95	26,93	25,85	24,37	27,33
Nikotin	16,63	14,75	18,51	26,65	24,95	28,35	26,71	22,63	30,79

Kein Nikotin	14,29	11,53	17,05	26,71	22,63	30,79	26,22	24,51	27,93
Verhaltens-veränderung	³⁾			29,18	23,15	35,2	26,89	20,42	33,36
Keine Verhaltens-veränderung	³⁾			26,32	24,73	27,90	27,04	25,35	28,74

¹⁾ im Rahmen der zweiten Erhebung metrisch erhoben, ²⁾ Mehrfachnennung möglich, ³⁾ nur im Rahmen der Zweitmessung erfragt

Tabelle 5: Tabellarische Übersicht des Forschungsstandes zur Vitamin-D-Versorgung unter klinischem Personal

Studie (Autor, Titel, Ort, Datum)	Studiendesign Studienfrage Erhebungszeitraum	Teilnehmer	Vitamin D Versorgung	Einflussfaktoren (Protektiv und Risiken)	Weitere Ergebnisse und Empfehlung
Islam et al.: Evaluation of Vitamin D Status among Doctors of a Specialized Hospital in Bangladesh Dhaka, Bangladesch, 2016	Querschnittstudie: Erhebung 25(OH)D im Serum und soziodemographische Faktoren unter ärztlichem Personal Erhebungszeitraum unbekannt	Ärztliches Personal am nationalen Institut für Traumatologische und Orthopädische Rehabilitation in Dhaka Insgesamt 157 Teilnehmer (153 Männer, 4 Frauen) im Alter zwischen 18-65 Jahre.	Mittleres 25(OH)D: 13,71 ng/ml 25(OH)D < 20ng/ml: 89,9% 25(OH)D 20-30ng/ml: 8,3%	Protektiv: - Alter über 45 Jahre - Alter unter 30 Jahre - Vitamin-D-Substitution, - Männliches Geschlecht. Risiken: - Weibl. Geschlecht - Vorerkrankungen: art. Hypertonie, Adipositas, chron. Herzerkrankung - Nikotinkonsum	Empfehlen tägliche Substitution
Jadoon et al.: Vitamin D Deficiency among Doctors and Staff Nurses: A neglected Domain among Medical Care Givers Ziauddin, Pakistan, 2019	Querschnittstudie: Erhebung des 25(OH)D im Serum und soziodemographischer Faktoren und Vergleich der Versorgung zwischen ärztlichem und pflegerischem Personal. 08/2018 – 07/2019	Personal des Ziauddin Universitätsklinikums. Insgesamt 118 Teilnehmende mit 56 Ärzten und 62 Krankenpfleger/innen. (63 Frauen und 55 Männer)	Mittleres 25(OH)D: unbekannt 25(OH)D < 20ng/ml: 47% 25(OH)D 20-30ng/ml: 25% 25(OH)D > 30ng/ml: 28%	Risiken: - Arbeit in der Pflege - Weibl. Geschlecht	Empfehlung der regelmäßigen Kontrolle und eigenständigen Therapie von medizinischem Personal
Naseem: Bone Mineral Density measured by Ultrasound among Resident Doctors of Multan and their Correlation with Common Risk Factors Multan, Pakistan, 2013	Querschnittstudie: Erhebung des 25(OH)D, Ca ²⁺ , Ph ⁻ , PTH im Serum, Erfragen soziodemographischer Faktoren und Messung der Knochendichte (mittels Ultraschall) 05/2012- 07/2012	Ärzte/ Ärztinnen (n=150) des Nishtar Krankenhauses Multan.	Mittleres 25(OH)D: 10,94 ng/ml 25(OH)D < 20ng/ml: 97%	Protektiv: - langer Außenaufenthalt Risiken: - weibl. Geschlecht	Osteomalazie: 71,3% (n=107) Osteoporose: 9,3% (n=14) Knochendichte mit höherem BMI besser. Empfehlung zur gesunden Vitamin-D-reichen Ernährung und bewussten Sonnenlichtexposition

Munter et al. Vitamin D Deficiency among Physicians: A Comparison between Hospitalists and Community-based Physicians Israel, 2015	Querschnittstudie: Vergleich des 25(OH)D zwischen klinischen und ambulanten Ärztinnen/ Ärzten und Erhebung soziodemographischer Faktoren Erhebungszeitraum unbekannt	43 Ärzte am Shaare Zedek Medical Center, Jerusalem und 38 niedergelassenen Ärztinnen/ Ärzte	Krankenhausärztinnen/ -ärzte: Mittleres 25(OH)D: 15ng/ml 25(OH)D < 10ng/ml: 20,5% 25(OH)D < 20ng/ml: 77% Ambulante Ärztinnen/ Ärzte: Mittleres 25(OH)D: 19,7ng/ml 25(OH)D < 10ng/ml: 5% 25(OH)D < 20ng/ml: 68%	Protektiv: - ambulantes Arbeiten - jüdische Ethnie - höheres Alter - langer Außenaufenthalt Risiken: - stationäres Arbeiten - Nachtschichten - arabische Ethnie	Empfehlung zur Kontrolle und bedarfsweisen Therapie unter Klinikern.
Growdon et al.: Serum 25-Hydroxyvitamin D Levels Among Boston Trainee Doctors in Winter Boston, USA 2012	Querschnittstudie: Erhebung des 25(OH)D sowie Ca ²⁺ und PTH im Serum und Erfragen soziodemographischer Faktoren März 2010	Angehende Pädiater/ Pädiaterinnen (n=102) des Boston Pediatric Training Program, 67 weibliche und 35 männliche Teilnehmer.	Mittleres 25(OH)D: 67nmol/L 25(OH)D < 25nmol/L: 3% 25(OH)D 25-50nmol/L: 22% 25(OH)D 50-74nmol/L: 44% 25(OH)D 75-99nmol/L: 22% 25(OH)D > 99nmol/L: 10%	Protektiv: - weibl. Geschlecht - Reisen in Äquatornähe - helles Hautkolorit - Vitaminsubstitution Risiken: - dunkles Hautkolorit	Empfehlung regelmäßiger Testung von Arbeitnehmern am Innenarbeitsplatz im Winter in den nördlichen Breitengraden
Singh et al.: Summer and Winter Prevalence of Vitamin D Deficiency of Young Resident Doctors in North India Varansi, Nordindien 2011	Querschnittstudie: mit zwei Messzeitpunkten Erhebung der 25(OH)D, Alk. Phosphatase und Ca ²⁺ Konzentration sowie Erfragen soziodemographischer Merkmale 09/2005 – 03/2006	Universitätsklinik Varansi, insgesamt wurden 80 Ärztinnen/ Ärzte eingeschlossen, 40 bei der Messung im Sommer und weitere 40 bei der Messung im Winter	September: Mittleres 25(OH)D: 29nmol/L 25(OH)D < 20ng/ml: 82,5% 25(OH)D 20-30ng/ml: 12,5% März: Mittleres 25(OH)D: 16,5 nmol/L 25(OH)D < 20ng/ml: 95% 25(OH)D 20-30ng/ml: 5%	Protektiv: - Sommermonate Risiko: - Wintermonate	Empfehlung zur Vitamin D Supplementation
Sowah et al.: Vitamin D Levels and Deficiency with different Occupations: a systematic review Abteilung für Präventive Medizin,	Review: Übersichtsarbeit zur Vitamin-D-Versorgung unterschiedlicher Berufsgruppen Medizinisches Personal einschließlich Studierende, Pflege, niedergelassene Ärzte/ Ärz-		Gesundheitswesen als Risikogruppe für eine insuffiziente oder defizitäre Versorgung. Gemittelttes 25(OH)D aller Studierendaten: 61,6nmol/L.	Protektiv: - Niedergelassene Ärztinnen/ Ärzte - Pflege und weitere medizinische Berufe Risiko: - Medizinstudierende - Assistenzärztinnen/ -ärzte	regelmäßiges Screening von Risikogruppe sowie Informationsprogramme und Arbeitsplatzinterventionen, die ein bewusstes Sonnen- und Ernährungsverhalten fördern

Universität Alberta, Canada, 2017	tinnen, Kliniker/ Klini- kerinnen; 05/2015				
--------------------------------------	---	--	--	--	--

Tabelle 6: Checkliste nach STROBE-Statement (69)

Aspekt	Kapitel	Seite
1. Titel und Abstract	- Kapitel 8.	Titelseite S. 58 – 59
Einleitung		
2. Hintergrund/ Rationale	Kapitel 1.	S. 1 – 2
3. Zielsetzung	Kapitel 1.	S. 2
Methoden		
4. Studiendesign	Kapitel 3.1.	S. 23 – 24
5. Rahmen (zeitlich/örtlich)	Kapitel 3.1., 3.6.	S. 23 (Zeit), S. 28 (Ort)
6. Studienteilnehmer (inkl. Einschluss-/ Ausschlusskriterien)	Kapitel 3.2.	S. 24 – 26
7. Variablen	Kapitel 3.3., 3.4., 3.5.	S. 26 – 28
8. Datenquellen/ Messmethoden	Kapitel 3.3., 3.4., 3.5.	S. 26 – 28
9. Bias	Kapitel 3.1., 3.2., 3.5.	S. 23 – 26
10. Studiengröße	Kapitel 3.7.	S. 28 – 29
11. Quantitative Variablen	Kapitel 3.7.	S. 28 – 29
12. Statistische Variablen	Kapitel 3.7.	S. 28 – 29
Ergebnisse:		
13. Teilnehmer	Kapitel 4.1.	S. 31 – 32, Abb. 3
14. Deskriptive Daten	Kapitel 4.1. Anhang Tab. 1 – 3	S. 31 – 32; Anhang S. 2 – 10
15. Ergebnisdaten	Kapitel 4.2., 4.3., 4.4., 4.5.	S. 32 – 44
16. Hauptergebnisse	Kapitel 4.2., 4.3., 4.4., 4.5.	S. 32 – 44
17. Weitere Auswertungen	Kapitel 4.4.	S. 37 – 41
Diskussion:		
18. Hauptergebnisse	Kapitel 5.	S. 45 – 54
19. Einschränkungen	Kapitel 6.	S. 55 – 56
20. Interpretation	Kapitel 5., Kapitel 7.	S. 45 – 54, S. 57
21. Übertragbarkeit	Kapitel 5., Kapitel 7.	S. 45 – 54, S. 57
Zusätzliche Informationen		
22. Finanzierung	Kapitel 3.10.	S. 30