

Vitamin D als Nahrungsergänzungsmittel im Sport

Bachelor-Thesis

von

Sebastian Munder

Deutsche Sporthochschule Köln

Köln 2017

Betreuerin: Frau Prof. Dr. Christine Graf

Institut für Bewegungs- und Neurowissenschaft

Inhaltsverzeichnis

Inhaltsverzeichnis	i
Abbildungsverzeichnis	iii
Tabellenverzeichnis	iv
Abkürzungsverzeichnis	v
Abstract.....	vi
1 Einleitung	1
2 Methode.....	3
3 Ergebnisse	3
3.1 Gesundheitliche Effekte.....	3
3.1.1 Verletzungen/ Stürze.....	3
3.1.2 Herz-Kreislauf-System.....	4
3.1.3 Sterbewahrscheinlichkeit.....	7
3.1.4 Verwendete Studien/ Reviews.....	7
3.2 Direkte Effekte auf die sportliche Leistungsfähigkeit	10
3.2.1 Aerobe Kapazität.....	10
3.2.2 Kraft und Leistung.....	12
3.2.3 Verwendete Studien/ Reviews.....	13
3.3 Indirekte Effekte auf die sportliche Leistungsfähigkeit	15
3.3.1 Anthropometrische Daten.....	15
3.3.2 Regeneration.....	15
3.3.3 Testosteron.....	17
3.3.4 Verwendete Studien/ Reviews.....	18
3.4 Dosierung	21
3.4.1 Natürliche Konzentrationen.....	21
3.4.2 Leistungssteigerung.....	21
3.4.3 Gesundheit.....	21
3.4.4 Negative Effekte.....	22
3.4.5 Verwendete Studien/ Reviews.....	23
4 Diskussion	26
4.1 Gesundheitliche Effekte.....	26

4.1.1	Bedeutung für die sportliche Leistung.....	26
4.1.2	Verletzungen/Stürze.....	26
4.1.3	Herz-Kreislauf-System.....	28
4.1.4	Sterbewahrscheinlichkeit.....	29
4.2	Direkte Effekte auf die sportliche Leistungsfähigkeit	30
4.2.1	Aerobe Kapazität.....	30
4.2.2	Kraft und Leistung.....	31
4.3	Indirekte Effekte auf die sportliche Leistungsfähigkeit	32
4.3.1	Bedeutung für die sportliche Leistung.....	32
4.3.2	Anthropometrische Daten.....	32
4.3.3	Regeneration.....	33
4.3.4	Testosteron.....	34
4.4	Dosierung	35
4.5	Ergebniskritik	37
5	Fazit	38
6	Zusammenfassung	40
	Literaturverzeichnis	44
	Eidesstattliche Versicherung	49

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: 25(OH)D-Konzentrationsbereiche mit negativen Effekten

(eigene Darstellung)..... 23

Abbildung 2: Ziele verschiedener Vitamin-D-Einnahmen

(eigene Darstellung)..... 37

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Gliederung Ergebnisse (<i>eigene Darstellung</i>).....	3
Tabelle 2: Studien Gesundheit (<i>eigene Darstellung</i>).....	8
Tabelle 3: Reviews Gesundheit (<i>eigene Darstellung</i>).....	9
Tabelle 4: Metaanalyse Gesundheit (<i>eigene Darstellung</i>).....	9
Tabelle 5: Studien direkte Effekte (<i>eigene Darstellung</i>).....	14
Tabelle 6: Reviews direkte Effekte (<i>eigene Darstellung</i>).....	14
Tabelle 7: Studien indirekte Effekte (<i>eigene Darstellung</i>).....	19
Tabelle 8: Review indirekte Effekte (<i>eigene Darstellung</i>).....	20
Tabelle 9: Studie Dosierung (<i>eigene Darstellung</i>).....	24
Tabelle 10: Reviews Dosierung (<i>eigene Darstellung</i>).....	25

Abkürzungsverzeichnis

BAT.....	Bioaktivtestosteron
BMI.....	Body-Mass-Index
fT.....	freies Testosteron
RM.....	repetition maximum
TT.....	Gesamttestosteron
VO2max.....	maximale Sauerstoffaufnahme
VO2peak.....	maximale Spitzensauerstoffaufnahme

Abstract

This paper has studied the influence of vitamin D as nutritional supplement in sports. Within a literature research, 14 studies with 14075 subjects, a metastudy and seven reviews have been considered. An additional supply of 1000-4000IU vitamin D per day seems to be necessary to reach an adequate concentration of 75-100nmol/l of vitamin D for the major part of the population. Vitamin D influences people's health as well as their athletic performance both directly and indirectly. The greatest effect of a vitamin D supplementation seems to be the positive influence on conditions which indirectly influence people's athletic performance. The most significant values have been found in the correlation between vitamin D and the improvement of the subjects' regeneration, following peak isometric forces. The testosterone level seems to increase due to vitamin D supplementation. The influences on muscle growth however may be neglected. An effect on the subjects' athletic performance could not be determined below the value of 4000IU vitamin D per day. Moreover, vitamin D seems to have an influence on the fracture rate. This is intensified by the reduction of falls due to calcium and vitamin D supplementation. Although an effect on anthropometric data seems to be given, it has to be looked at critically due to missing studies considering the entire growth pattern. A decreasing mortality rate, an improvement of aerobic capacities as well as effects on the cardiovascular system due to vitamin D supplementation could not be entirely clarified because of numerous influencing factors. Studies indicate that the negative effects due to an overdose of vitamin D actually result from the following undersupply of vitamin K₂. Therefore, limit values of vitamin D supplementations have to be set into relation to the given vitamin K₂ status.

Keywords: athletic performance, health, nutritional supplement, testosterone, vitamin D, vitamin K₂

1 Einleitung

Eine ausgewogene Ernährung ist sowohl für die Gesundheit sowie für die sportliche Leistungsfähigkeit ein wichtiger Faktor. Nahrungsergänzungsmittel können Hilfsmittel sein, um Defizite in der täglichen Ernährung auszugleichen. Steigende Verkaufszahlen von Nahrungsergänzungsmitteln zeigen ein starkes Wachstum dieses Marktes (Complementary Medicines Australia, 2014). So sind beispielsweise die Verkäufe der Sporternährungsprodukte in Australien von 383 Millionen australischen Dollar im Jahre 2011 um ungefähr 30% auf 499 Millionen australische Dollar im Jahre 2013 angestiegen (Complementary Medicines Australia, 2014). Weiterhin zeigt sich eine hohe Marktstabilität, da sich 53% der Verwender¹ von Nahrungsergänzungsmitteln in den Vereinigten Staaten selbst als regelmäßige Nutzer bezeichnen (CRN, 2013). In Kombination mit dem wachsenden Verkauf der Sporternährungsprodukte, verdeutlicht diese Stabilität das vorliegende wirtschaftliche Potenzial innerhalb dieses Marktes.

Nahrungsergänzungsfirmen werben mit der Förderung und Unterstützung des Muskelwachstums, der Kraft, der Regeneration, der Gelenkgesundheit, der allgemeinen Gesundheit, der Ausdauerfähigkeit, der Gewichtskontrolle und vielen weiteren Punkten (Mic's Body Shop, 2017; The Hut.com Ltd, 2016).

Laut Vestcom (2012) verwenden US amerikanische Konsumenten Nahrungsergänzungsmittel hauptsächlich mit dem Ziel die Gesundheit im Allgemeinen zu stärken. Außerhalb des Gesundheitsbereiches ist die Energiegewinnung mit 85% der häufigste Grund Nahrungsergänzungsmittel zu konsumieren (Vestcom, 2012). Damit liegt dieser Aspekt erst an sechster Stelle (Vestcom, 2012).

Um die gewünschten gesundheitlichen Verbesserungen zu erreichen, werden mit 97% Vitamine und Mineralien als häufigstes Nahrungsergänzungsmittel in den Vereinigten Staaten genutzt (CRN, 2013b). Dabei werden Multivitaminpräparate mit 78% als häufigstes Nahrungsergänzungsmittel konsumiert (CRN, 2015). Ein-

¹ Aufgrund der besseren Lesbarkeit wird in dieser Arbeit nur die männliche Form verwendet. Diese beinhaltet die weibliche Form.

zelne Vitamine werden deutlich seltener zugeführt, wobei Vitamin D mit 32% als häufigstes einzelnes Vitamin konsumiert wird (CRN, 2015).

Vitamin D kann vom menschlichen Körper selbst gebildet oder durch die Nahrung aufgenommen werden (Deutsche Gesellschaft für Ernährung e. V., 2016). Da der Körper selber Vitamin D bilden kann um damit Reaktionen an bestimmten Strukturen auszulösen, handelt es sich dabei eher um ein Hormon als ein Vitamin (Intercell Pharma GmbH, 2017). Unter Einfluss von ultraviolettem Licht bildet der Körper Cholecalciferol (Vitamin D₃) (Belitz & Grosch, 1992). Weiterhin liegt Cholecalciferol im Gegensatz zu Ergocalciferol (Vitamin D₂) in der Natur häufig vor (Belitz & Grosch, 1992). Die Provitamine Ergosterin und 7-Dehydrocholesterin lassen sich ebenso in der Natur finden (Belitz & Grosch, 1992).

Die Empfehlungen der Deutschen Gesellschaft für Ernährung e.V. (2016) liegen für Menschen die älter als 12 Monate sind, bei einer täglichen Vitamin D Zufuhr von 20µg. Diese kann durch eine entsprechende Ernährung mit ausreichender Sonneneinstrahlung oder mit Hilfe eines Vitamin-D-Präparates erreicht werden (Deutsche Gesellschaft für Ernährung e. V., 2016).

Um den Vitamin-D-Spiegel eines Menschen zu überprüfen, kann die 25-Hydroxycholecalciferol-Plasmakonzentration im Blut gemessen werden (Belitz & Grosch, 1992). Des Weiteren kann durch eine bei einem Mangel erhöhte Aktivität der Serumphosphatase auf die Vitamin D Versorgung geschlossen werden (Belitz & Grosch, 1992).

Nahrungsergänzungsfirmen werben unter anderem mit einer Verbesserung der Muskelfunktion, sowie des Immunsystems durch eine Vitamin-D-Supplementation (Mic's Body Shop, 2017b).

In dieser Arbeit wird untersucht inwieweit eine solche Supplementation nötig für eine ausreichende Vitamin D Versorgung ist, sowie deren Einfluss auf die sportliche Leistungsfähigkeit.

Zuerst wird die Methodik dargestellt. Diese erläutert wie die entsprechenden Ergebnisse ermittelt und aufgeführt wurden. Darauf folgend werden die Ergebnisse

aufgeführt. Der Fokus in der Ergebnisdarstellung liegt dabei auf den Effekten einer Vitamin-D-Supplementation im Sport. Im Folgenden werden die herausgearbeiteten Ergebnisse kritisch diskutiert und in ein Fazit gebracht.

2 Methode

Als Erhebungsinstrument wurde in dieser Arbeit eine Literaturrecherche durchgeführt. Die entsprechende Literatur wurde primär in den Datenbanken PubMed, Google Scholar, Google Books, Google und in der Zentralbibliothek der Sportwissenschaften zu Köln herausgearbeitet. Die verwendeten Stichworte dabei waren: „Vitamin D“, „athletic“, „athletes“, „Sportler“, „Sport“, „performance“, „Leistung“, „Vitamin K“, „Testosteron“, „Regeneration“, „Blutdruck“, „blood pressure“, „körpereigene“ und „Überdosierung“.

Die Ergebnisse der Literaturrecherche wurden beginnend mit allgemeinen hin zu spezifischen Ergebnissen angeordnet.

Tabelle (Tab.) 1 stellt die Gliederung der untersuchten Ergebnisse dar.

Tab. 1: Gliederung Ergebnisse

Gesundheitliche Effekte	
Effekte auf die sportliche Leistungsfähigkeit	
Direkte Effekte auf die sportliche Leistungsfähigkeit	Indirekte Effekte auf die sportliche Leistungsfähigkeit
Dosierung	

3 Ergebnisse

3.1 Gesundheitliche Effekte

3.1.1 Verletzungen/ Stürze

Der Zusammenhang zwischen Verletzungen, sowie Stürzen und Vitamin D wurde in zwei Untersuchungen überprüft.

Trivedi, Doll, & Khaw (2002) untersuchten 2686 Probanden im Alter von 65-85 Jahren. Diese Probanden erhielten über einen Zeitraum von 5 Jahren alle vier Monate 100000IU Vitamin D₃ (n=1345) oder ein Placebo (n=1341) (Trivedi et al., 2002). Der Vitamin-D-Spiegel lag in der Vitamin-D-Gruppe bei ungefähr 74,3nmol/L und in der Placebo-Gruppe bei ungefähr 53,4nmol/L.

Während des Untersuchungszeitraumes erlitten 268 Männer und Frauen eine Fraktur, 147 davon im Bereich der Hüfte, Handgelenke, Unterarme und Wirbelknochen (Trivedi et al., 2002). In der Gruppe die Vitamin D erhielt betrug die Zahl der Frakturen 119, 60 davon im Bereich der Hüfte, Handgelenke, Unterarme und Wirbelknochen (Trivedi et al., 2002). In der Placebo-Gruppe traten 149 Brüche auf, davon waren 87 Frakturen im Bereich der Hüfte, Handgelenke, Unterarme und Wirbelknochen (Trivedi et al., 2002). Im Vergleich war die Anzahl der Frakturen durch eine Supplementation von Vitamin D₃ um ungefähr 20% niedriger. Im Bereich der Hüfte, Handgelenke, Unterarme und Wirbelknochen traten in der Vitamin-D-Gruppe ungefähr 31% weniger Frakturen auf (Trivedi et al., 2002).

Der Einfluss von Vitamin D auf die Sturzwahrscheinlichkeit wurde im Review von Latham, Anderson & Reid (2003) behandelt. In Kombination mit Vitamin D und Kalzium zeigte sich in drei Studien ein Einfluss auf die Sturzwahrscheinlichkeit (Latham et al., 2003). In zehn weiteren Studien wurde dieser Einfluss ohne die Kombination mit Kalzium nicht bestätigt (Latham et al., 2003).

3.1.2 Herz-Kreislauf-System

In vier Untersuchungen wurde der Zusammenhang zwischen Herz-Kreislauf-Erkrankungen und 25(OH)D-Konzentrationen überprüft.

In der bereits angesprochenen Studie von Trivedi et al. (2002) wurde auch die Anzahl der Herz-Kreislauf-Erkrankungen, sowie der ischämischen Herzerkrankungen mit Hilfe eines Fragebogens festgehalten oder beim Todesfall der Sterbeurkunde entnommen. Dabei wurden 477 (Vitamin-D-Gruppe) zu 503 (Placebo-Gruppe) Herz-Kreislauf-Erkrankungen zum Ende der Untersuchung festgehalten (Trivedi et al., 2002). Diese Differenz erreichte jedoch keine Signifikanz (p:0,22) (Trivedi et al., 2002). Des Weiteren war die Differenz von 224 (Vitamin-D-

Gruppe) zu 233 (Placebo-Gruppe) ischämischen Herzerkrankungen ebenso nicht signifikant ($p:0,57$) (Trivedi et al., 2002).

Somit konnte kein signifikanter Unterschied in der Anzahl der Herz-Kreislauf-Erkrankungen und der ischämischen Herzerkrankungen zwischen der Vitamin-D- und der Placebo-Gruppe festgestellt werden (Trivedi et al., 2002).

Brondum-Jacobsen, Benn, Jensen & Nordestgaard (2012) untersuchten 10119 Probanden über einen Zeitraum von 29 Jahren, dabei wurden die 25(OH)D-Konzentrationen der 5709 weiblichen und 4410 männlichen Probanden vier Mal gemessen. Während des Untersuchungszeitraumes traten 3100 ischämische Herzerkrankungen, 1625 Herzinfarkte und 6747 Tode auf (Brondum-Jacobsen et al., 2012). Geringe 25(OH)D-Konzentrationen von 7,5-12nmol/L schienen gegenüber höheren Konzentrationen von 47-71nmol/L ein um 72% erhöhtes Risiko für ischämische Herzkrankheiten, sowie ein um 120% erhöhtes Risiko für tödliche ischämische Herzkrankheiten zu unterstützen (Brondum-Jacobsen et al., 2012). Des Weiteren hatten Probanden mit einer 25(OH)D-Konzentration von 7,5-12nmol/L ein um 99% erhöhtes Herzinfarktrisiko gegenüber Probanden mit Konzentrationen von 47-71nmol/L (Brondum-Jacobsen et al., 2012).

Auch im Review von Artaza, Mehrotra & Norris (2009) zeigte sich ein negativer Zusammenhang zwischen der 25(OH)D-Konzentration und Herz-Kreislauf-Erkrankungen. Am deutlichsten war dies bei Konzentrationen unterhalb von 50-63nmol/l (Artaza et al., 2009).

Das Review von Holick (2004) legte ebenso ein erhöhtes Risiko für Herz-Kreislauf-Erkrankungen bei Erwachsenen mit einem Vitamin-D-Mangel dar.

Um die Wirkweise von Vitamin D auf Herz-Kreislauf-Erkrankungen weiter zu klären scheint eine Betrachtung ausgewählter Risikofaktoren sinnvoll. Risikofaktoren für Herz-Kreislauf-Erkrankungen sind vorwiegend: Rauchen, Diabetes mellitus, Bluthochdruck, Übergewicht, ungünstige Blutfettwerte, Bewegungsmangel und Stress (Verlag A.Vogel AG, 2017).

Eine Beziehung zwischen dem Vitamin-D-Spiegel und dem Blutdruck wurde von Caro, Negrón & Palacios (2012) untersucht. Dabei wurden die 25(OH)D-

Konzentration, sowie der Blutdruck von 219 Probanden gemessen (Caro et al., 2012). Ein signifikanter Bezug zwischen den 25(OH)D-Konzentrationen und dem Blutdruck konnte nicht ermittelt werden (Caro et al., 2012).

In der Studie von Seibert, Lehmann, Riedel, Ulrich, Hirche, Bransch, Dierkes & Girndt (2015) wurden 25-Hydroxy-Vitamin-D₃-Konzentration nach einer 12-wöchigen täglichen Vitamin-D₃-Supplementation von 20µg gemessen. Die 25(OH)D-Konzentration stieg von 38 ± 14 nmol/L auf 73 ± 16 nmol/L an (Seibert et al., 2015). Sowohl der Blutdruck als auch die systematischen Herz-Kreislauf-Risiko-Marker: Blutdruck, Fettzusammensetzung und Entzündungsparameter blieben in der Vitamin-D₃-Gruppe unverändert (Seibert et al., 2015).

Ein Blutdruck-senkender Einfluss von Vitamin D konnte somit weder durch den Vergleich von 25(OH)D-Konzentrationen und Blutdruckmessungen nachgewiesen werden (Caro et al., 2012), noch hatte die Supplementation von Vitamin D Einfluss auf den Blutdruck oder die systematischen Herz-Kreislauf-Risikomarker (Seibert et al., 2015).

Ein Einfluss von Vitamin D auf das Körpergewicht konnte von Fishman, Lombardo & Kharrazi (2016), sowie Kremer, Campbell, Reinhardt, & Gilsanz (2009) festgestellt werden.

Fishman et al. (2016) untersuchten die Vitamin-D-Spiegel von 279 Basketballspielern im Alter zwischen 18 und 27 Jahren. Dabei wurde eine positive Korrelation zwischen Vitamin D und dem Körpergewicht mit einem Einfluss von ungefähr 2% herausgearbeitet (Fishman et al., 2016). Eine Korrelation zwischen dem Vitamin-D-Status und dem BMI ($r:0,03$, $p:0,61$) konnte nicht festgestellt werden (Fishman et al., 2016).

Kremer et al. (2009) bestimmten die 25(OH)D-Konzentrationen von 90 Frauen. Dabei konnte eine negative Korrelation zwischen dem Vitamin-D-Status und dem Körpergewicht bei Vitamin D insuffizienten Probanden mit einem Einfluss von ungefähr 8% gezeigt werden (Kremer et al., 2009). Bei diesen Probanden lag ebenso eine Korrelation zwischen dem Vitamin-D-Status und dem BMI mit einer Beeinflussung von ungefähr 11% vor (Kremer et al., 2009).

Die alltägliche Aktivität, sowie die allgemeine Ernährung wurden bei den Studien von Fishman et al. (2016) und Kremer et al. (2009) nicht berücksichtigt.

3.1.3 Sterbewahrscheinlichkeit

Der Einfluss von Vitamin D auf die Sterbewahrscheinlichkeit wurde in vier Untersuchungen überprüft.

In der Metaanalyse von Autier & Gandini (2007) wurden 18 Studien mit insgesamt 57311 Probanden zusammengefasst. Dabei wurde eine Reduktion der Sterbewahrscheinlichkeit durch eine Vitamin-D-Supplementation festgestellt (Autier & Gandini, 2007).

Des Weiteren ließ sich in der bereits angesprochenen Studie von Brondum-Jacobsen et al. (2012) ein 88% höheres Risiko für den vorzeitigen Tod der Gruppe der niedrigen Vitamin-D-Konzentration erkennen.

In der Studie von Trivedi et al. (2002) konnte diese Reduktion der Sterbewahrscheinlichkeit jedoch nicht nachgewiesen werden. Der Unterschied von 224 (Vitamin-D-Gruppe) zu 247 (Placebo-Gruppe) Todesfällen war nicht signifikant ($p:0,18$) (Trivedi et al., 2002).

Ebenso konnten im Review von Dahlquist, Dieter & Koehle (2015) Nebenwirkungen mit dem Potenzial der erhöhten Sterbewahrscheinlichkeit bei Konzentrationen von 12,5-50nmol/L, sowie über 125nmol/L festgehalten werden.

3.1.4 Verwendete Studien/ Reviews

Die folgenden Tabellen fassen die Studien und Reviews, die sich mit den gesundheitlichen Effekten von Vitamin D befassen zusammen. Dadurch wird ein anschaulicherer Überblick geliefert. Tab.2 fasst die Studien zusammen, Tab.3 behandelt die Reviews und Tab.4 veranschaulicht die verwendete Metaanalyse.

Tab.2: Studien Gesundheit

Name	Autor	Probanden eingeladen	Probanden untersucht/ausgewertet	Alter	Vitamin D	Frequenz	Dauer	Ergebnisse	Nicht signifikante Ergebnisse	Veröffentlichung
Effect of four monthly oral vitamin D ₃ (cholecalciferol) supplementation on fractures and mortality in men and women living in the community: randomised double blind controlled trial	Trivedi, D. P., Doll, R. & Khaw, K. T.	11120	2686	65-85	100 000 IU vitamin D ₃	alle 4 Monate	5 Jahre	20% weniger Frakturen der Vitamin D-Gruppe; 31% weniger Frakturen im Bereich der Hüfte, Handgelenk, Unterarm und Wirbelknochen der Vitamin D-Gruppe;	geringere Sterbewahrscheinlichkeit; weniger Herzkreislauferkrankungen	März 2003
Association between Vitamin D Levels and Blood Pressure in a Group of Puerto Ricans	Caro, Y., Negrón, V. & Palacios, C.	302	219	41,5 ± 13,9	gemessen	einmalig	einmalig		Bezug zwischen Vitamin D und Blutdruck	September 2012
25-Hydroxyvitamin D Levels and Risk of Ischemic Heart Disease, Myocardial Infarction, and Early Death	Bronnum-Jacobsen, P., Benn, M., Jensen, G. B. & Nordestgaard, B.G.	18 089	5709♀ 4410♂	49-66	gemessen	4mal	29 Jahre	Vergleich Probanden mit 7,5-12 nmol/L gegenüber 47-71 nmol/L 25(OH)D: 72% erhöhtes Risiko für ischämische Herzkrankheiten, 99% für Herzinfarkte, 88% für Früh Tod, 120% für tödliche ischämische Herzkrankungen		Juli 2012
Vitamin D ₃ supplementation does not modify cardiovascular risk profile of adults with inadequate vitamin D status	Seibert, E., Lehmann, U., Riedel, A., Ulrich, C., Hirche, F., Bransch, C., Dierkes, J. & Girmdt, M.	keine Angaben	105	20-71	20-µg vitamin D ₃	täglich	12 Wochen	25-hydroxyvitamin D ₃ Konzentration stieg von 38 ± 14 auf 73 ± 16 nmol/L an,	Blutdruck und systematische Herz-Kreislauf-Risiko-Marker blieben in der Vitamin D3 Gruppe unverändert	November 2015
Vitamin D Deficiency Among Professional Basketball Players	Fishman, M.P., Lombardo, S.J. & Kharrazi, F.D.	keine Angaben	279 (NBA Spieler)	Ø21,5 ± 1,3 Jahre (18,7-27,3 Jahre)	gemessen Ø25.6 ± 10.2 ng/mL (10.5-68.5 ng/ml)	einmalig	2009-2013	Geringe Korrelation zwischen Vitamin D und Größe (r = 0,19, P = .002) und Gewicht (r = 0,15, P = .012)	Korrelation zwischen Vitamin D und Alter (r = 0,07, P = .26) oder BMI (r = 0,03, P = .61)	Juli 2016
Vitamin D Status and Its Relationship to Body Fat, Final Height, and Peak Bone Mass in Young Women	Kremer, R., Campbell, P. P., Reinhardt, T. & Gilsanz, V.	keine Angaben	90 ♀	16-22	gemessen	einmalig	Mai-Oktober	negative Korrelationen zwischen 25(OH)D und Gewicht und BMI (r: 0,28, p:0,045 und r: -0,33, p:0,015) bei Vitamin D insuffizienten Probanden; Vitamin D insuffiziente Probanden waren kleiner (p:0,046), hatten den höheren BMI (p:0,014) als suffiziente Probanden		Januar 2009

Tab.3: Reviews Gesundheit

Name	Autor	Ergebnisse	Datum der Veröffentlichung
Plausible ergogenic effects of vitamin D on athletic performance and recovery	Dahlquist, D.T., Dieter, B.P. & Koehle, M.S.	Supraphysiologische Dosierungen von Vitamin D können die aerobe Kapazität, Muskelwachstum, Kraft und Leistung, sowie die Knochendichte erhöhen. Diese Dosierungen können ebenso die Regenerationszeit verkürzen; Vitamin D Mangel (12.5-50nmol/L) und hohe Werte (>125nmol/L) können Nebenwirkungen mit dem Potenzial der erhöhten Sterbewahrscheinlichkeit haben; Gesundheits und Leistungssteigerung durch optimale Level zwischen 75nmol/L und 100nmol/L, in Kombination mit anderen Nährstoffen wie Vitamin K; Zur gesunden Kraft- und Leistungssteigerung 4000-5000IU/Tag Vitamin D ₃ in Kombination mit 50-1000mcg/Tag Vitamin K ₁ und K ₂	August 2015
Vitamin D: importance in the prevention of cancers, type 1 diabetes, heart disease, and osteoporosis	Michael F Holick	1000IU Vitamin D/Tag zum Erreichen einer gesunden 25(OH)D Konzentration von 78-100 nmol/l; Vitamin D Mangel bei Kindern erhöht für das restliche Leben das Risiko von: Typ 1 Diabetes, Multiple Sklerose, Arthritis und Krebserkrankungen; Vitamin D Mangel bei Erwachsenen: erhöhtes Risiko für Krebs- und Herz-Kreislauferkrankungen Minimalkonzentration von 25(OH)D sollte bei 50nmol/L sein; Optimalkonzentration für Knochengesundheit und zur Reduktion chronischer Erkrankungen: 78-100 nmol/L 25(OH)D	Mai 2004
Vitamin D and the Cardiovascular System	Jorge N. Artaza, Rajnish Mehrotra, Keith C. Norris	1000-4000IU Vitamin D/Tag zum Erreichen adäquater Vitamin D Level in der durchschnittlichen Bevölkerung; negativer Zusammenhang zwischen 25(OH)D Konzentration und CVD (meiste Evidenz bei Konzentrationen unter 20-25 ng/ml)	September 2009
Effects of Vitamin D Supplementation on Strength, Physical Performance, and Falls in Older Persons: A Systematic Review	Latham, N.K., Anderson, C.S. & Reid, I.R.	Vitamin D hat in Kombination mit Kalzium einen Effekt auf Stürze und die körperliche Fitness (3Studien); nicht signifikant; Vitamin D hat einen Effekt auf Stürze oder körperliche Fitness (10Studien)	August 2003

Tab.4: Metaanalyse Gesundheit

Name	Autor	Studiennzahl	Probandenzahl	durchschnittliche Dauer	Vitamin D Supplementation	Ergebnisse	Datum der Veröffentlichung
Vitamin D Supplementation and Total Mortality	Autier, P. & Gandini, S.	18	57311	6 Monate - 7 Jahre (Ø5,7 Jahre)	300-2000IU	Scheint eine Reduktion der Sterbewahrscheinlichkeit durch Vitamin D Supplementation gegeben zu sein (SRR, 0.93; 95% CI, 0.87-0.99)	September 2007

3.2 Direkte Effekte auf die sportliche Leistungsfähigkeit

3.2.1 Aerobe Kapazität

Die direkten Effekte von Vitamin D auf die sportliche Leistungsfähigkeit beziehen sich unter anderem auf eine höhere maximale Sauerstoffaufnahme. In drei Untersuchungen wurde der Zusammenhang zwischen der aeroben Kapazität und Vitamin D überprüft.

Die Studie von Forney, Earnest, Henagan, Johnson, Castleberry & Stewart (2014) untersuchte den Zusammenhang zwischen Vitamin D und der VO₂max, der anaeroben Leistung und dem 8RM. Dazu wurden die Vitamin D Werte von 20 männlichen und 19 weiblichen Probanden im Alter von 23±0,7 Jahren gemessen (Forney et al., 2014).

Während des Untersuchungszeitraumes wurden Blutproben entnommen, bei denen die Probanden 12 Stunden (h) nüchtern waren und in den letzten 24h keine anstrengende körperliche Aktivität ausgeübt hatten (Forney et al., 2014). Eine Woche vor der Blutentnahme füllten die Probanden zwei Fragebögen aus, ein Fragebogen zur Ermittlung der Zeit die draußen verbracht wurde und ein 7-Tage-Ernährungs-Protokoll (Forney et al., 2014). Die metabolische Rate in Ruhe wurde in Rückenlage gemessen, bei der die Probanden ebenso 12h nüchtern waren und in den letzten 24h keine anstrengende körperliche Aktivität durchgeführt hatten (Forney et al., 2014). Die VO₂max wurde erfasst, indem sich die Probanden auf einem Laufband fortbewegten (Forney et al., 2014). Dabei wurde die Geschwindigkeit bis zur Erschöpfung der Versuchspersonen stetig erhöht (Forney et al., 2014). Die ausgeatmeten Gase wurden analysiert (Forney et al., 2014). Die Probanden hatten 24h vor der Testung weder Alkohol getrunken noch hatten sie sich körperlich angestrengt (Forney et al., 2014).

Die anaerobe Leistung wurde auf einem Fahrradergometer gemessen (Forney et al., 2014). Dazu wurde das Wingate-Test-Protokoll von Beneke, Pollmann, Bleif, Leithauser & Hutler (2002) verwendet (Forney et al., 2014). Nach einer eigenständigen Erwärmung fuhren die Probanden für 30 Sekunden gegen einen Widerstand von 7,5% ihres eigenen Körpergewichtes (Forney et al., 2014). Darauf-

hin folgte eine selbstgesteuerte Abkühlung der Probanden (Forney et al., 2014). Die Umdrehungen pro 5 Sekunden wurden gemessen (Forney et al., 2014).

Das 8RM wurde mit Hilfe von Bizepscurls, Trizepsdrücken, Bankdrücken, Bein-curls, Beinstreckung und aufrechtem Rudern gemessen (Forney et al., 2014). Zur Messung der Schnellkraft wurden vertikale und horizontale Sprünge ausgeführt (Forney et al., 2014).

Um den Einfluss saisonaler Schwankungen des Vitamin-D-Spiegels auszuschließen, fanden die Untersuchungen der Studie im Zeitraum zwischen Juli und September statt (Forney et al., 2014).

Eine Korrelation lag zwischen den 25(OH)D-Konzentrationen und den VO₂max Werten in der Gesamtheit ($r:0,360$, $p:0,018$), sowie bei den Männern ($r:0,477$, $p:0,033$) vor (Forney et al., 2014).

Die Beeinflussung der VO₂max durch die 25(OH)D-Konzentration lag bei einem gemischtgeschlechtlichen Kollektiv demnach bei ungefähr 13% und bei der Gruppe der männlichen Probanden bei etwa 23% (Forney et al., 2014). Die Korrelation zwischen den 25(OH)D-Konzentrationen und den VO₂max Werten erbrachte bei den Frauen kein signifikantes Ergebnis ($r:-0,214$, $p:0,379$) (Forney et al., 2014).

Eine Beeinflussung der anaeroben Leistung durch den 25(OH)D-Status lag weder bei Frauen ($p:0,76$), noch bei Männern ($p:0,34$) vor (Forney et al., 2014).

Das bereits angesprochene Review von Dahlquist et al. (2015) zeigte auf, dass supraphysiologische Dosierungen von Vitamin D einen Einfluss auf die aerobe Kapazität haben können.

Andererseits konnte während eines Skate-Laufband-Tests bei aktiven Eishockeyspielern kein Zusammenhang zwischen dem Vitamin-D-Status und der VO₂peak gezogen werden (Fitzgerald, Peterson, Warpeha, Wilson, Rhodes & Ingraham, 2014). Dies ermittelten Fitzgerald et al. (2014) indem sie den Vitamin-D-Status von 52 Eishockeyspielern maßen und diesen auf einen Zusammenhang mit den Ergebnissen der Probanden in einem Skate-Laufband-Test überprüften (Fitzgerald et al., 2014). Zur Analyse der 25(OH)D-Konzentrationen wurden Blutpro-

ben entnommen. Für den Skate-Laufband-Test wurde das Skate-Laufband-GXT-Protokoll von Koepp und Janot (2008) übernommen (Fitzgerald et al., 2014). In Stufen von je einer Minute wurde mit einer Anfangsgeschwindigkeit von ungefähr 10,5 km/h und einer Steigung von 2% begonnen (Fitzgerald et al., 2014). Bis zur achten Stufe wurde nach jeder Stufe die Geschwindigkeit um ungefähr 0,8 km/h erhöht (Fitzgerald et al., 2014). Ab der achten Stufe wurde die Steigung um 1% erhöht (Fitzgerald et al., 2014). Der Test wurde durch die Athleten bei Ausbelastung selbst beendet (Fitzgerald et al., 2014). Die Sauerstoffaufnahme wurde mit Hilfe von indirekter Kalorimetrie per Spiroergometrie in einem offenen Kreislauf gemessen (Fitzgerald et al., 2014).

Dabei konnte kein signifikanter Zusammenhang zwischen dem Vitamin-D-Status und den physischen oder physiologischen Parametern des Skate-Laufband-Tests gezogen werden (Fitzgerald et al., 2014). Im Rahmen der aeroben Kapazität konnte kein signifikanter Unterschied in der relativen ($r:0,052$; $p:0,713$) und absoluten ($r:-0,103$; $p:0,469$) VO_2 peak festgestellt werden (Fitzgerald et al., 2014).

3.2.2 Kraft und Leistung

Der Zusammenhang zwischen der Kraft und Leistung und Vitamin D wurde in vier Untersuchungen überprüft.

In der Studie von Carrillo, Flynn, Pinkston, Markofski, Jiang, Donkin & Teegarden (2013) wurde die Kraftentwicklung bei 23 übergewichtigen Probanden im Alter von $26,1 \pm 4,7$ Jahren untersucht. Über einen Zeitraum von 12 Wochen führten zwei Gruppen ein Widerstandstraining durch (Carrillo et al., 2013).

Eine Gruppe erhielt dabei täglich 4000IU Vitamin D, die zweite Gruppe erhielt ein Placebo (Carrillo et al., 2013).

Nach einer Eingewöhnungswoche mit drei Trainingseinheiten begannen die 12 Wochen des Trainingprogrammes mit je drei Übungseinheiten pro Woche (Carrillo et al., 2013). Nach einem fünf-minütigen Aufwärmen auf dem Laufband und leichtem Dehnen führten die Probanden drei Sätze in drei Oberkörperübungen und fünf Unterkörperübungen aus (Carrillo et al., 2013). In der ersten Woche wurden die Übungen mit 70% des abgeschätzten 1RM und danach mit 80% des

1RM ausgeführt (Carrillo et al., 2013). Abhängig von der Leistung wurde das Gewicht stetig um 5-10% erhöht (Carrillo et al., 2013). Im ersten Satz sollten acht Wiederholungen durchgeführt werden, in jedem weiteren Satz 15 Wiederholungen oder bis zur muskulären Ermüdung (Carrillo et al., 2013). Krafttests wurden in der Einführungswoche, sowie in Woche 4, 8 und 12 durchgeführt (Carrillo et al., 2013). Nach jeder Übungseinheit tranken alle Probanden innerhalb einer Stunde ein 360kcal Getränk mit 20g Protein (Carrillo et al., 2013).

Nach 4 Wochen zeigte sich ein Unterschied in der Maximalkraft der Vitamin-D-Gruppe (Carrillo et al., 2013). Dieser Unterschied war signifikant größer als in der Placebo-Gruppe (Carrillo et al., 2013). Nach 8 und 12 Wochen gab es jedoch keinen signifikanten Unterschied der Maximalkraft zwischen den Gruppen (Carrillo et al., 2013).

In der bereits angesprochenen Studie von Forney et al. (2014) konnte ebenso kein Zusammenhang zwischen dem 8RM und der 25(OH)D-Konzentration festgestellt werden.

So konnte in den Studien von Forney et al. (2014) und Carrillo et al. (2013) kein signifikanter Zusammenhang zwischen einem RM und den Vitamin D Werten zum Ende der Studie festgestellt werden.

Das bereits angesprochene Review von Latham et al. (2003) band 10 Studien ein, die keinen signifikanten Einfluss von Vitamin D auf die körperliche Fitness nachweisen konnten. Drei Studien entdeckten jedoch einen Einfluss von Vitamin D in Kombination mit Kalzium auf die körperliche Fitness (Latham et al. 2003).

Des Weiteren wurde im Review von Dahlquist et al. (2015) aufgezeigt, dass supraphysiologische Dosierungen von Vitamin D einen Einfluss auf das Muskelwachstum, die Kraft und die Leistung haben können.

3.2.3 Verwendete Studien/ Reviews

Die folgenden Tabellen fassen die Studien und Reviews, die sich mit den direkten Effekten von Vitamin D auf die sportliche Leistungsfähigkeit befassen zusammen. Dadurch wird ein anschaulicherer Überblick geliefert. Tab.5 fasst die Studien zusammen und Tab.6 behandelt die Reviews.

Tab.5: Studien direkte Effekte

Name	Autor	Probanden eingeladen	Probanden untersucht/ausgewertet	Alter	Vitamin D	Frequenz	Dauer	Ergebnisse	Nicht signifikante Ergebnisse	Veröffentlichung
Impact of vitamin D supplementation during a resistance training intervention on body composition, muscle function, and glucose tolerance in overweight and obese adults	Carrillo, A.E., Flynn, M.G., Pinkston, C., Markofski, M.M., Jiang, Y., Donkin, S.S. & Teegarden, D.	keine Angaben	23	26,1±4,7	4000IU	täglich	12 Wochen	Unterschied der beiden Gruppen im 1RM nach 4 Wochen	Unterschied der beiden Gruppen im 1RM nach 12 Wochen (Placebo: 0.8 ± 0.3 1RM's/kg Körpermasse; Vitamin D: 0.8 ± 0.2 1RM's/kg Körpermasse)	Juni 2013
Vitamin D Status, Body Composition, and Fitness Measures in College-Aged Students	Forney, L.A., Earnest, C.P., Henagan, T.M., Johnson, L.E., Gastleberry, T.J. & Stewart, L.K.	40 (20♂, 20♀)	39 (20♂, 19♀)	23 ± 0,7	gemessen	einmalig	6 Wochen im Zeitraum Juli-September	Korrelation zwischen 25OHD und VO ₂ max (der Gesamtheit, r = 0.360, p = 0.018) (bei Männern, r = 0.477, p = 0.033)	Korrelation zwischen 25OHD und VO ₂ max (bei Frauen, r = -0.214, p = 0.379); Unterschiede in der anaeroben Leistung im Bezug auf den 25(OH)D Status (p=0,76 für Frauen und p=0,34 für Männer); kein Zusammenhang zwischen 25(OH)D und einem der 8RM Messungen	März 2014
Vitamin D Status and V[Combining Dot Above]O ₂ peak During a Skate Treadmill Graded Exercise Test in Competitive Ice Hockey Players	Fitzgerald, J.S., Peterson, B.J., Warpeha, J.M., Wilson, P.B., Rhodes, G.S. & Inghram, S.J.	57 (Junior and collegiate ice hockey players)	52 ♂	18-23	gemessen	einmalig	16 Mai – 28 Juni	Zusammenhang zwischen Vitamin D Status und physischen oder physiologischen Parametern des skate treadmill GXT (besonders zu benennen ist die relative und absolute VO ₂ peak)	Zusammenhang zwischen Vitamin D Status und physischen oder physiologischen Parametern des skate treadmill GXT (besonders zu benennen ist die relative und absolute VO ₂ peak)	November 2014

Tab.6: Reviews direkte Effekte

Name	Autor	Ergebnisse	Datum der Veröffentlichung
Plausible ergogenic effects of vitamin D on athletic performance and recovery	Dahlquist, D.T., Dieter, B.P. & Koehle, M.S.	Supraphysiologische Dosierungen von Vitamin D können die aerobe Kapazität, Muskelwachstum, Kraft und Leistung, sowie die Knochendichte erhöhen. Diese Dosierungen können ebenso die Regenerationszeit verkürzen; Vitamin D Mangel (>125nmol/L) und hohe Werte (>125nmol/L) können Nebenwirkungen mit dem Potenzial der erhöhten Sterbewahrscheinlichkeit haben; Gesundheits und Leistungssteigerung durch optimale Level zwischen 75nmol/L und 100nmol/L in Kombination mit anderen Nährstoffen wie Vitamin K; Zur gesunden Kraft und Leistungssteigerung 4000-5000IU/Tag Vitamin D ₃ in Kombination mit 50-1000mcg/Tag Vitamin K ₁ und K ₂	August 2015
Effects of Vitamin D Supplementation on Strength, Physical Performance, and Falls in Older Persons: A Systematic Review	Latham, N.K., Anderson, C.S. & Reid, I.R.	Vitamin D hat in Kombination mit Kalzium einen Effekt auf Stürze und die körperliche Fitness (3Studien); nicht signifikant: Vitamin D hat einen Effekt auf Stürze oder körperliche Fitness (10Studien)	August 2003

3.3 Indirekte Effekte auf die sportliche Leistungsfähigkeit

3.3.1 Anthropometrische Daten

In zwei Untersuchungen wurde der Zusammenhang zwischen anthropometrischen Daten und Vitamin D überprüft.

In der bereits angesprochenen Studie von Fishman et al. (2016) wurde neben dem Zusammenhang zwischen dem Vitamin-D-Status ($\bar{25,6} \pm 10,2$ ng/mL) und dem Körpergewicht, auch ein möglicher Zusammenhang zwischen dem Vitamin-D-Status und der Größe der 279 $\bar{21,5} \pm 1,3$ jährigen NBA Spielern geprüft (Fishman et al., 2016).

Es wurde ein Zusammenhang von annähernd 4% zwischen dem Vitamin-D-Status und der Größe ($r:0,19$, $p:0,002$) herausgearbeitet (Fishman et al., 2016). Eine Korrelation zwischen dem Vitamin-D-Status und dem Alter ($r:0,07$, $p:0,26$) konnte nicht festgestellt werden (Fishman et al., 2016).

Der Zusammenhang zwischen der Größe und dem Vitamin-D-Status wurde ebenso in der bereits angesprochenen Studie von Kremer et al. (2009) untersucht. Dort wurde neben der Beeinflussung des Körpergewichtes und des BMI durch verschiedene 25(OH)D-Konzentrationen auch eine Beeinflussung der Größe überprüft (Kremer et al., 2009).

Die 53 Probanden mit einer Vitamin D Insuffizienz waren mit $162,1 \pm 5,1$ cm kleiner als die 37 suffizienten Probanden mit einer Größe von $164,1 \pm 3,9$ cm (Kremer et al., 2009). In der Grundgesamtheit lag ein ungefähr 7% Zusammenhang zwischen der 25(OH)D-Konzentration und der Größe ($r:0,26$; $p:0,014$) vor (Kremer et al., 2009).

3.3.2 Regeneration

Der Zusammenhang zwischen der Regeneration und Vitamin D wurde in zwei Untersuchungen überprüft.

Barker, Schneider, Dixon, Henriksen & Weaver (2013) untersuchten in einer Doppel-Blind-Studie den Einfluss von Vitamin D auf die Regeneration bei 28 Männern. 15 Probanden im Alter von 30 ± 6 Jahren erhielten über einen Zeitraum

von 35 Tagen täglich 4000IU Vitamin D (Barker et al., 2013). 13 Probanden im Alter von 31 ± 5 Jahren erhielten über denselben Zeitraum täglich ein Placebo (Barker et al., 2013). Nach 28 Tagen absolvierten die Probanden mit einem Bein ein Übungsprotokoll (Barker et al., 2013). Das zweite Bein diente als Kontrollgruppe (Barker et al., 2013). Während des Übungsprotokolls absolvierten die Probanden Sprünge an einer horizontalen Beinpresse mit 75% ihres Körpergewichtes in 10 Sätzen mit 10 Wiederholungen und 20 Sekunden Satzpause (Barker et al., 2013). Konnten zwei Sprünge nicht mehr erfolgreich ausgeführt werden durften sie auf reines Drücken wechseln (Barker et al., 2013). Wurde auch dies für zwei Wiederholungen nicht mehr erfolgreich durchgeführt wurde die Übung beendet (Barker et al., 2013).

Um die einbeinige isometrische Spitzenkraft zu messen führten die Probanden zuerst drei submaximale isometrische Kontraktionen an der Beinpresse aus (Barker et al., 2013). Im Folgenden wurden drei maximale isometrische Kontraktionen durchgeführt (Barker et al., 2013). Diese mussten für jeweils drei Sekunden gehalten werden (Barker et al., 2013). Zwischen den einzelnen Wiederholungen wurde eine Minute pausiert (Barker et al., 2013). Die isometrische Spitzenkraft wurde über eine montierte Kraftplatte gemessen (Barker et al., 2013). Der höchste der drei gemessenen Werte wurde als erreichte Spitzenkraft festgehalten und im Bezug zum Körpergewicht gesetzt (Barker et al., 2013). Die einbeinige isometrische Spitzenkraft, sowie aktuelle Muskelkaterbeschwerden wurden vor der Supplementation gemessen (Barker et al., 2013). Zirkulierende chemische Stoffe wie die 25(OH)D-Konzentration wurde mit der einbeinigen isometrischen Spitzenkraft und den aktuellen Muskelkaterbeschwerden direkt vor und direkt nach dem Übungsprotokoll gemessen (Barker et al., 2013). Des Weiteren wurden diese Werte nach 24h, 48h, 72h und 168h gemessen (Barker et al., 2013). Die zirkulierenden chemischen Stoffe wurden über eine Blutprobe gemessen, die zusätzlich zu den genannten Zeitpunkten eine Stunde nach dem Übungsprotokoll gemessen wurde (Barker et al., 2013).

Die Regeneration von isometrischen Spitzenbelastungen war 24h nach der Belastung in der Vitamin-D-Gruppe um ca. 8% ($p < 0,05$) besser als in der Placebo-Gruppe (Barker et al., 2013). Demnach hat die Vitamin-D-Konzentration einen positiven Einfluss auf die Regeneration in isometrischen Spitzenbelastungen.

Einen positiven Einfluss von Vitamin D auf die Regeneration konnte ebenso im Review von Dahlquist et al. (2015) aufgezeigt werden. Es zeigte sich, dass supra-physiologische Dosierungen von Vitamin D die Regenerationszeit verkürzen können (Dahlquist et al., 2015).

3.3.3 Testosteron

Der Effekt einer Vitamin-D-Supplementation auf den Testosteronspiegel wurde von Pilz, Frisch, Koertke, Kuhn, Dreier, Obermayer-Pietsch, Wehr & Zittermann (2011) untersucht. Dabei erhielten die 54 männlichen Probanden über ein Jahr täglich 3332IU Vitamin D ($n=31$) oder ein Placebo ($n=23$) (Pilz et al., 2011). Gleichzeitig nahmen die Probanden an einem Gewichtsreduktionsprogramm teil (Pilz et al., 2011).

In der Vitamin-D-Gruppe ergab sich ein Anstieg des TT von $10,7 \pm 3,9$ nmol/L auf $13,4 \pm 4,7$ nmol/L ($p < 0,001$) (Pilz et al., 2011). Das BAT stieg von $5,21 \pm 1,87$ nmol/L auf $6,25 \pm 2,01$ nmol/L ($p: 0,001$) und das fT stieg von $0,222 \pm 0,080$ nmol/L auf $0,267 \pm 0,087$ nmol/L ($p: 0,001$) an (Pilz et al., 2011). Ein signifikanter Anstieg der Testosteronwerte der Placebo-Gruppe konnte nicht festgestellt werden (Pilz et al., 2011). Es zeigte sich kein signifikanter Unterschied im Gewichtsverlust zwischen den Gruppen (Pilz et al., 2011). Des Weiteren konnte kein Unterschied der 25(OH)D-Konzentration der Männer die im Winterhalbjahr aufgenommen wurden, zu denjenigen die im Sommerhalbjahr aufgenommen wurden ($21,8 \pm 9,8$ nmol/L vs. $37,4 \pm 30,0$ nmol/L; $p: 0,113$) festgestellt werden (Pilz et al., 2011). Ebenso zeigte sich kein signifikanter Unterschied im BAT ($6,04 \pm 1,91$ nmol/L vs. $7,37 \pm 2,58$ nmol/L; $p: 0,173$), TT ($11,5 \pm 4,33$ nmol/L vs. $13,29 \pm 4,15$ nmol/L; $p: 0,336$), und fT ($0,255 \pm 0,078$ nmol/L vs. $0,301 \pm 0,104$ nmol/L; $p: 0,250$) im Halbjahresvergleich (Pilz et al., 2011).

3.3.4 Verwendete Studien/ Reviews

Die folgenden Tabellen fassen die Studien und Reviews, die sich mit den indirekten Effekten von Vitamin D auf die sportliche Leistungsfähigkeit befassen zusammen. Dadurch wird ein anschaulicherer Überblick geliefert. Tab.7 fasst die Studien zusammen und Tab.8 behandelt das Review.

Tab.7: Studien indirekte Effekte

Name	Autor	Probanden eingeladen	Probanden untersucht/aus gewertet	Alter	Vitamin D	Frequenz	Zeitraum	Ergebnisse	Nicht signifikante Ergebnisse	Veröffentlichung
Vitamin D Deficiency Among Professional Basketball Players	Fishman, M.P., Lombardo, S.J. & Kharrazi, F.D.	keine Angaben	279 (NBA Spieler)	Ø21,5 ± 1,3 Jahre (18,7-27,3 Jahre)	gemessen Ø25,6 ± 10,2 ng/mL (10,5-68,5 ng/mL)	einmalig	2009-2013	Geringe Korrelation zwischen Vitamin D und Größe ($r = 0,19$, $P = .002$) und Gewicht ($r = 0,15$, $P = .012$)	Korrelation zwischen Vitamin D und Alter ($r = 0,07$; $P = 0,26$) oder BMI ($r = 0,03$, $P = 0,61$)	Juli 2016
Vitamin D Status and Its Relationship to Body Fat, Final Height, and Peak Bone Mass in Young Women	Kremer, R., Campbell, P.P., Reinhardt, T. & Gilsanz, V.	keine Angaben	90 ♀	16-22	gemessen	einmalig	Mai- Oktober	negative Korrelationen zwischen 25(OH)D und Gewicht und BMI ($r = -0,28$, $p = 0,045$ und $r = -0,33$, $p = 0,015$) bei Vitamin D insuffizienten Probanden; Vitamin D insuffiziente Probanden waren schwerer ($p = 0,046$), kleiner ($p = 0,048$) und hatten den höheren BMI ($p = 0,014$) als suffiziente Probanden		Januar 2009
Effect of Vitamin D Supplementation on Testosterone Levels in Men	Pfiz, S., Frisch, S., Koertke, H., Kuhn, J., Dreier, J., Obermayer-Pietsch, B., Wehr, E. & Zittermann, A.	200	54 ♂ (gleichzeitiges Gewichtsredukt ionsprogramm)	Placebo Gruppe: 46,8±12,0 Vitamin D Gruppe: 49,4±10,2	3332 IU	täglich	1 Jahr	25(OH)D anstieg um 53,5±65,3 nmol/l zu 86,4±68,8 nmol/l ($p < 0,001$), Gesamttestosteronanstieg von 10,7±3,9 nmol/l auf 13,4±4,7 nmol/l ($p < 0,001$), Bioaktivtestosteron von 5,2±1,1,87 nmol/l auf 6,25±2,01 nmol/l ($p = 0,001$) und freies Testosteron 0,22±0,080 nmol/l auf 0,267±0,087 nmol/l ($p = 0,001$) Vitamin D in der Vitamin D Gruppe;	Gewichtsverlust zwischen den Gruppen; 25(OH)D Erhöhung um 5,8±21,3 nmol/l zu 35,5±18,0 nmol/l; $p = 0,215$ in der Placebo Gruppe; Unterschied vom 25 (OH) D der Männer im Winterhalbjahr zu Männern die im Sommerhalbjahr aufgenommen wurden (21,8±9,8 nmol/l vs. 37,4±30,0 nmol/l; $p = 0,113$) und BAT (6,04±1,91 nmol/l vs. 7,37±2,58 nmol/l; $p = 0,173$), TT (11,5±4,33 nmol/l vs. 13,29±4,15 nmol/l; $p = 0,336$), und FT (0,255±0,078 nmol/l vs. 0,301±0,104 nmol/l; $p = 0,250$).	März 2011
Supplemental vitamin D enhances the recovery in peak isometric force shortly after intense exercise	Barker, T., Schneider, E.D., Dixon, B., Henriksen, V.T. & Weaver, L.K.	keine Angaben	28 ♂	Placebo Gruppe: 31 ± 5 Vitamin D Gruppe: 30 ± 6	4000 IU	täglich	35 Tage	Vitamin D erhöht die 25(OH)D Serumkonzentration ($P < 0,05$; ≈ 70%); Vitamin D verbessert die Regeneration in isometrischen Spitzenbelastungen 24h nach der Beschädigung ($P < 0,05$; ≈ 8% at 24-h)		Dezember 2013

Tab.8: Review indirekte Effekte

Name	Autor	Ergebnisse	Datum der Veröffentlichung
Plausible ergogenic effects of vitamin D on athletic performance and recovery	Dahlquist, D.T., Dieter, B.P. & Koehle, M.S.	Supraphysiologische Dosierungen von Vitamin D können die aerobe Kapazität, Muskelwachstum, Kraft und Leistung, sowie die Knochendichte erhöhen. Diese Dosierungen können ebenso die Regenerationszeit verkürzen; Vitamin D Mangel (12.5-50nmol/L) und hohe Werte (>125nmol/L) können Nebenwirkungen mit dem Potenzial der erhöhten Sterbewahrscheinlichkeit haben; Gesundheits und Leistungssteigerung durch optimale Level zwischen 75nmol/L und 100nmol/L, in Kombination mit anderen Nährstoffen wie Vitamin K; Zur gesunden Kraft und Leistungssteigerung 4000-5000IU/Tag Vitamin D ₃ in Kombination mit 50-1000mcg/Tag Vitamin K ₁ und K ₂	August 2015

3.4 Dosierung

3.4.1 Natürliche Konzentrationen

Zwei Untersuchungen befassten sich mit natürlichen 25(OH)D-Konzentrationen. In sonnenreichen Gebieten, in denen weder durch Kleidung, noch durch kulturelle Praktiken Schutz vor der Sonneneinstrahlung gegeben ist, liegen die natürlich gegebenen 25(OH)D-Konzentrationen im Blut zwischen 135nmol/L und 225nmol/L (54-90µg/L) (Hollis, 2005).

Ein Vitamin-D-Mangel wurde im Review von Dahlquist et al. (2015) bei Konzentrationen von 12,5-50nmol/L herausgearbeitet.

3.4.2 Leistungssteigerung

Dahlquist et al. (2015) stellten heraus, dass supraphysiologische Dosierungen von Vitamin D einen Einfluss auf die aerobe Kapazität, das Muskelwachstum, die Kraft und die Leistung haben können (Dahlquist, et al., 2015).

Die optimalen Vitamin-D-Konzentrationen zur Gesundheits- und Leistungssteigerung liegen in Kombination mit anderen Nährstoffen wie Vitamin K zwischen 75nmol/L und 100nmol/L (Dahlquist et al., 2015).

Zum Erreichen dieser Konzentrationen empfehlen Dahlquist et al. (2015) 4000-5000IU Vitamin D₃/Tag in Kombination mit 50-1000mcg Vitamin K1 und K2 zur gesunden Kraft- und Leistungssteigerung.

3.4.3 Gesundheit

Fünf Untersuchungen befassten sich mit für die Gesundheit vorteilhaften Vitamin-D-Konzentrationen und den zum Erreichen dieser notwendigen Dosierungen.

Im Review von Bischoff-Ferrari, Giovannucci, Willet, Dietrich & Dawson-Hughes (2006) wurden die optimalen 25(OH)D Serumkonzentrationen und den zum Erreichen dieser notwendigen Vitamin-D-Supplementation betrachtet.

Die vorteilhafteste Serumkonzentration für gesundheitlich positive Effekte scheint bei ≥ 75 nmol/L und der Optimalbereich bei 90-100nmol/L zu liegen (Bi-

schoff-Ferrari et al., 2006). Um eine 25(OH)D-Konzentration von 75nmol Vitamin D/L in mindestens 50% der Bevölkerung zu erreichen, scheint eine Mindestzufuhr von 1000IU Vitamin D/Tag benötigt zu werden (Bischoff-Ferrari et al., 2006). 4000IU Vitamin D/Tag scheinen die 25(OH)D-Konzentration in 88% der jungen gesunden Männern auf ≥ 75 nmol/L bringen zu können (Bischoff-Ferrari et al., 2006). Des Weiteren erarbeiteten Bischoff-Ferrari et al. (2006) in ihrem Review Vitamin-D-Konzentrationen, die aus gesundheitlicher Sicht unbedenklich sind. Dabei stellten sie heraus, dass die Einnahmen von 4000-10000IU Vitamin D/Tag für junge Erwachsene sicher zu sein scheinen (Bischoff-Ferrari et al., 2006).

Holick (2004) hat in seinem Review die Empfehlung von 1000IU Vitamin D/Tag zum Erreichen einer gesunden 25(OH)D-Konzentration von 78-100nmol/L herausgearbeitet.

Eine Empfehlung von 1000-4000IU Vitamin D/Tag wurde von Artaza et al. (2009) herausgearbeitet. Dadurch soll ein adäquater Vitamin-D-Spiegel in der durchschnittlichen Bevölkerung gesichert werden (Artaza et al., 2009).

Für Erwachsene empfiehlt Hollis (2005) eine tägliche Vitamin-D-Supplementation über 2000IU.

Im Review von Dahlquist et al. (2015) wurde herausgearbeitet, dass aus gesundheitlicher Sicht suprphysiologische Dosierungen von Vitamin D sinnvoll sind, da diese die Knochendichte erhöhen können.

3.4.4 Negative Effekte

Die 25(OH)D-Konzentrationsbereiche in denen negative Effekte auftreten können wurden in drei Untersuchungen überprüft.

Nebenwirkungen mit dem Potenzial der erhöhten Sterbewahrscheinlichkeit können bei Konzentrationen über 125nmol/L auftreten (Dahlquist et al., 2015).

Hollis (2005) hat in seinem Review ebenso Grenzbereiche für 25(OH)D-Konzentrationen herausgearbeitet. Bei einer niedrigen Konzentration von unter 80nmol/L (32 μ g/L) 25(OH)D liegt eine Beeinflussung der Kalzium-Absorption vor (Hollis, 2005). Toxische Wirkung wird bei einer Konzentration über 250nmol/L (100 μ g/Tag) erreicht (Hollis, 2005).

Brondum-Jacobsen et al. (2012) befassten sich in der bereits angesprochenen Studie mit dem Vergleich zwischen geringen und höheren 25(OH)D-Konzentrationen und deren Auswirkungen auf Krankheiten. Dabei wurde herausgearbeitet, dass geringe 25(OH)D-Konzentrationen von 7,5-12nmol/L gegenüber höheren Konzentrationen von 47-71nmol/L ein erhöhtes Risiko für bestimmte Erkrankungen zu unterstützen scheinen (Brondum-Jacobsen et al., 2012).

Abbildung (Abb.) 1 veranschaulicht die Konzentrationsbereiche der 25(OH)D-Konzentrationen in denen negative oder toxische Auswirkungen festgestellt wurden.

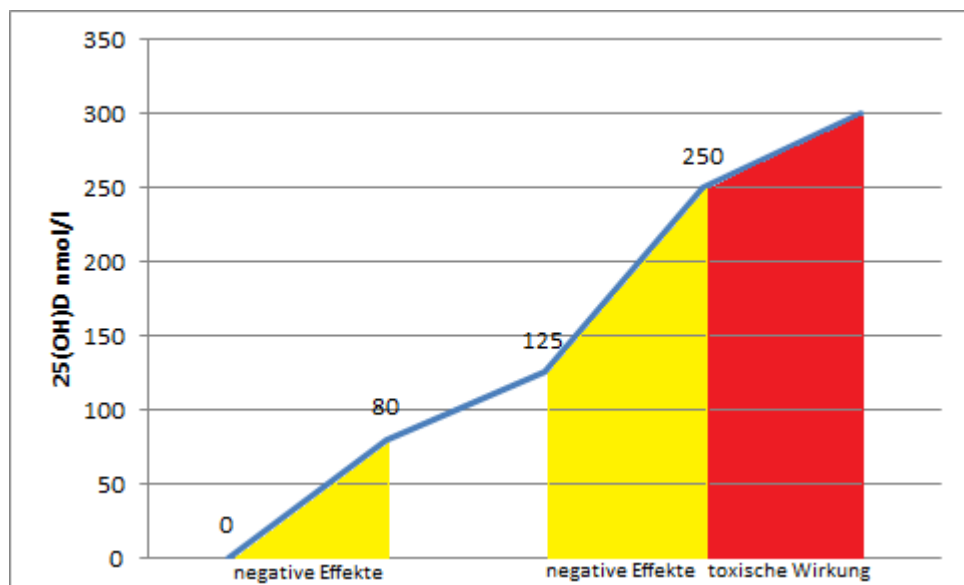


Abb.1: 25(OH)D-Konzentrationsbereiche mit negativen Effekten

3.4.5 *Verwendete Studien/ Reviews*

Die folgenden Tabellen fassen die Studien und Reviews, die sich mit den Dosierungen von Vitamin D befassen zusammen. Dadurch wird ein anschaulicherer Überblick geliefert. Tab.9 fasst die Studie zusammen und Tab.10 behandelt die Reviews.

Tab.9: Studie Dosierung

Name	Autor	Probanden eingeladen	Probanden untersucht/aus gewertet	Alter	Vitamin D	Frequenz	Dauer	Ergebnisse	Veröffentlichung
25-Hydroxyvitamin D Levels and Risk of Ischemic Heart Disease, Myocardial Infarction, and Early Death	Brondum-Jacobsen, P., Benn, M., Jensen, G. B. & Nordestgaard, B.G.	18 089	5709 ♀ 4410 ♂	49-66	gemessen	4mal	29Jahre	Vergleich Probanden mit 7,5-12 nmol/L gegenüber 47-71 nmol/L 25(OH)D: 72% erhöhtes Risiko für ischämische Herzkrankheiten, 99% für Herzinfarkte, 88% für Fröhntod, 120% für tödliche ischämische herzerkrankungen	Juli 2012

Tab.10: Reviews Dosierung

Name	Autor	Ergebnisse	Datum der Veröffentlichung
Plausible ergogenic effects of vitamin D on athletic performance and recovery	Dahlquist, D.T., Dieter, B.P. & Koehle, M.S.	Supraphysiologische Dosierungen von Vitamin D können die aerobe Kapazität, Muskelwachstum, Kraft und Leistung, sowie die Knochenichte erhöhen. Diese Dosierungen können ebenso die Regenerationszeit verkürzen; Vitamin D Mangel (12.5-50nmol/L) und hohe Werte (>125nmol/L) können Nebenwirkungen mit dem Potenzial der erhöhten Sterbewahrscheinlichkeit haben; Gesundheits und Leistungssteigerung durch optimale Level zwischen 75nmol/L und 100nmol/L, in Kombination mit anderen Nährstoffen wie Vitamin K; Zur gesunden Kraft und Leistungssteigerung 4000-5000IU/Tag Vitamin D ₃ in Kombination mit 50-1000mcg/Tag Vitamin K ₁ und K ₂	August 2015
Vitamin D: importance in the prevention of cancers, type 1 diabetes, heart disease, and osteoporosis	Michael F Holick	1000IU Vitamin D/Tag zum Erreichen einer gesunden 25(OH)D Konzentration von 78-100 nmol/l; Vitamin D Mangel bei Kindern erhöht für das restlich Leben das Risiko von: Typ 1 Diabetes, Multiple Sklerose, Arthritis und Krebserkrankungen; Vitamin D Mangel bei Erwachsenen: erhöhtes Risiko für Krebs- und Herz-Kreislauferkrankungen Minimalkonzentration von 25(OH)D sollte bei 50nmol/L sein; Optimalkonzentration für Knochengesundheit und zur Reduktion chronischer Erkrankungen: 78-100 nmol/L 25(OH)D	Mai 2004
Vitamin D and the Cardiovascular System	Jorge N. Artaza, Rajnish Mehrotra, Keith C. Norris	1000-4000IU Vitamin D/Tag zum Erreichen adäquater Vitamin D Level in der durchschnittlichen Bevölkerung; negativer Zusammenhang zwischen 25(OH)D Konzentration und CVD (meiste Evidenz bei Konzentrationen unter 20-25 ng/ml)	September 2009
Estimation of optimal serum concentrations of 25-hydroxyvitamin D for multiple health outcomes	Heike A Bischoff-Ferrari, Edward Giovannucci, Walter C Willett, Thomas Dietrich, and Bess Dawson-Hughes	die vorteilhafteste 25(OH)D Serumkonzentration scheint bei ≥ 75 nmol/L und der Optimalbereich zwischen 90 und 100nmol/L zu liegen (für BMD, Risiko von Knochenbrüchen, Funktion der unteren Extremitäten, Zahngesundheit und kolorektale Krebsvorsorge); ≥ 10000 IU Vitamin D/Tag um die 25(OH)D Konzentration in $\geq 50\%$ der Bevölkerung auf 75 nmol Vitamin D/L zu bringen; 4000IU können die 25(OH)D Konzentration in 88% der Jungen gesunden Männern auf ≥ 75 nmol/L bringen; Einnahmen von 4000-10000 IU/Tag scheinen für junge Erwachsene sicher zu sein	November 2006
Circulating 25-Hydroxyvitamin D Levels Indicative of Vitamin D Sufficiency: Implications for Establishing a New Effective Dietary Intake Recommendation for Vitamin D	Bruce W. Hollis	25(OH)D Konzentration liegt in sonnenreichen Gebieten wo weder Kleidung noch Kulturelle Praktiken Schutz vor Sonneneinstrahlung liefern zwischen 135-225nmol/L (54-90µg/L); Wenn 25(OH)D Konzentration unter 80nmol (32 µg/L) liegt, ist die Kalzium-Absorption beeinflusst; Tägliche Empfehlung >2000IU/Tag für Erwachsene; Giftige Konzentration >250nmol (100µg/Tag)	Februar 2005

4 Diskussion

4.1 Gesundheitliche Effekte

4.1.1 Bedeutung für die sportliche Leistung

Die dargestellten Ergebnisse führen zu der Folgerung, dass die Effekte von Vitamin D auf die Gesundheit zwar keinen direkten Einfluss auf die sportliche Leistungsfähigkeit haben, jedoch ist ein langfristiger Leistungsaufbau unter anderem von einer Trainingskarriere mit möglichst wenig Ausfällen gekennzeichnet. So führen Verletzungen und Probleme des Herz-Kreislauf-Systems vermutlich zu Trainingsausfällen, die kurzfristig betrachtet wahrscheinlich zu Leistungseinbußen führen. Langfristig betrachtet könnten häufige Trainingsausfälle vermutlich zu einem niedrigeren maximalen Leistungsniveau der Trainingskarriere beitragen.

4.1.2 Verletzungen/Stürze

Da das Probandenkollektiv der Studie von Trivedi et al. (2002) im Alter zwischen 65-85 Jahren lag, ist es fraglich, inwieweit sich die Ergebnisse der Studie auf jüngere Menschen übertragen lassen. Am Beispiel der Altersstruktur in Fitnessstudios zeigt sich, dass der Großteil der Sporttreibenden deutlich jünger ist (VuMA, 2016). Der größte Anteil der Nutzer eines Fitnessstudios liegt im Alter von 20-29 Jahren und macht 30% des Kundenstammes aus (VuMA, 2016). Nur 7% der Fitnessstudionutzer sind Sportler im Alter von mindestens 60 Jahren (VuMA, 2016). Obwohl dies nur eine kleine Gruppe darstellt, ist die Betrachtung einer älteren Zielgruppe interessant, da auch in hohem Alter noch sportliche Erfolge erreichbar sind. Somit ist auch dort eine verletzungsfreie Trainingskarriere zielführend. Des Weiteren hat die Gruppe der über 60-jährigen Sportler, auf Grund des demografischen Wandels, ein großes Potenzial in Zukunft weiter anzuwachsen (Steinbach & Hartmann, 2007).

Die von Trivedi et al. (2002) beschriebene Reduktion des Risikos für Knochenbrüche kann durch eine verbesserte Einlagerung von Kalzium im Knochen herrühren,

da Vitamin D für die Kalziumaufnahme im Blut, sowie die Einlagerung von Kalzium im Knochen verantwortlich ist (Deutsche Gesellschaft für Ernährung e. V., 2008).

Der im „Der Unfallchirurg“ erschienene Artikel von Bartl, Bartl & Mutschler (2003) beschrieb, dass eine Supplementation von Vitamin D und Kalzium zu einer Minderung von Wirbelkörper- und Schenkelhalsfrakturen bei älteren Risikopatienten führt und unterstützt damit die vermutete gemeinsame Wirkung von Vitamin D und Kalzium.

Obwohl die Knochendichte durch eine Kalzium und Vitamin-D-Supplementation nur gering ansteigt, besteht dennoch ein großer Einfluss auf die Frakturrate (Hansen, 2007). Denn der positive Einfluss von Vitamin D und Kalzium auf die neuromuskuläre Koordination senkt die Wahrscheinlichkeit für Stürze (Hansen, 2007). Die Reduktion der Sturzwahrscheinlichkeit mindert wiederum das Risiko für Knochenbrüche.

Die Senkung der Sturzwahrscheinlichkeit konnte nur bei Studien, in denen eine Kombination von Kalzium und Vitamin D zugeführt wurde gemessen werden aber nicht bei einer alleinigen Vitamin-D-Supplementation (Latham et al., 2003). Dies weist darauf hin, dass der beeinflussende Faktor die Kalzium-Supplementation war.

Der von Hansen (2007) beschriebene positive Einfluss von Vitamin D und Kalzium auf die neuromuskuläre Koordination, könnte somit auch alleine durch Kalzium bedingt sein.

Demnach scheint eine adäquate Vitamin D Versorgung die Einlagerung von Kalzium im Knochen zu begünstigen, was in Kombination mit den positiven Effekten von Kalzium auf die Sturzwahrscheinlichkeit zu einer Reduktion von Verletzungen führen kann.

Es werden weitere Studien benötigt, in denen die unterschiedlichen Auswirkungen einer Vitamin-D- und Kalzium-Supplementation im Vergleich zu einer reinen Kalzium-Supplementation auf die Sturzwahrscheinlichkeit untersucht werden.

4.1.3 Herz-Kreislauf-System

Der Einfluss von Vitamin D auf das Herz-Kreislauf System ist umstritten.

Die Studie von Brondum-Jacobsen et al. (2012), sowie die Reviews von Artaza et al. (2009) und Holick (2004) stellten positive Effekte von Vitamin D auf das Herz-Kreislauf-System heraus.

Im Gegensatz dazu konnten die Ergebnisse der Studien von Trivedi et al. (2003) und Seibert et al. (2015) keinen positiven Effekt von Vitamin D auf das Herz-Kreislauf-System zeigen.

Diese unterschiedlichen Ergebnisse könnten auf Grund von unterschiedlichen 25(OH)D-Konzentrationen der Studien entstanden sein. So hatten die Probanden der Studie von Trivedi et al. (2003) Konzentrationen von ungefähr 53,4nmol/L (Placebo-Gruppe) und 74,3nmol/L (Vitamin-D-Gruppe). Seibert et al. (2015) verglich 25(OH)D-Konzentrationen von 73 ± 16 nmol/L zu 38 ± 14 nmol/L. Brondum-Jacobsen et al. (2012) verglich hingegen Probanden mit 25(OH)D-Konzentrationen von 47-71nmol/L gegenüber Probanden mit 25(OH)D Konzentrationen von 7,5-12nmol/L. Dies lässt vermuten, dass die Beeinflussung von Vitamin D auf das Herz-Kreislauf-System größer wird, umso stärker der Vitamin-D-Mangel vorliegt.

Eine detailliertere Betrachtung der Risikofaktoren für Herz-Kreislauf-Erkrankungen könnte weitere Erkenntnisse liefern, inwieweit Vitamin D Einfluss auf das Herz-Kreislauf-System nimmt.

Eine Beeinflussung von Vitamin D auf den Blutdruck konnte weder bei Caro et al. (2012), noch bei Seibert et al. (2015) nachgewiesen werden. Ebenso sind die Ergebnisse von Fishman et al. (2016) und Kremer et al. (2009), die einen Bezug zwischen dem Körpergewicht und dem Vitamin-D-Spiegel herausstellen konnten, kritisch zu betrachten. In der Untersuchung von Fishman et al. (2016) wurde die positive Korrelation zwischen dem Vitamin-D-Status und dem Körpergewicht bei NBA Spielern untersucht. Dabei ist anzumerken, dass ein höheres Körpergewicht bei Sportlern nicht unbedingt von erhöhten Fetteinspeicherungen herrührt und nachteilig ist. Des Weiteren gilt zu beachten, dass die Zusammenhänge in den

Studien von Fishman et al. (2016) und Kremer et al. (2009) gering waren und sie den Vitamin-D-Spiegel maßen und nicht zusätzliches Vitamin D zuführten, sowie weder die Ernährung noch der Anteil an täglichen Sonnenstunden, den die Probanden in ihrem Alltag erfuhren, mit einbezogen wurden. Daher liegt die Vermutung nahe, dass der Einfluss auf das Körpergewicht eher von einem aktiveren Lebensstil herrührt. Denn dabei ist die Wahrscheinlichkeit höher häufiger draußen an der Sonne zu sein, wodurch der Körper Vitamin D bildet (Deutsche Gesellschaft für Ernährung e. V., 2016). Durch den größeren Bewegungsanteil eines aktiveren Lebensstiles erhöht sich der Energiebedarf leicht, was bei gleicher Kalorien-Aufnahme zu einem geringeren Körpergewicht führt. Dies wurde in den Studien nicht berücksichtigt (Fishman et al., 2016; Kremer et al., 2009).

Demnach werden weitere Untersuchungen benötigt, um die genaue Wirkungsweise von Vitamin D auf die weiteren Risikofaktoren Diabetes mellitus, ungünstige Blutfettwerte, Stress, Rauchen und Bewegungsmangel zu erarbeiten.

Einen Ansatzpunkt für weitere Forschung lieferte das Review von Holick (2004), dieses zeigte das erhöhte Risiko eines Vitamin-D-Mangels im Kindesalter auf. Dabei wurde herausgearbeitet, dass ein Vitamin-D-Mangel im Kindesalter das Risiko für das restliche Leben an Typ1 Diabetes zu erkranken erhöht (Holick, 2004). Dies ist ein Ansatzpunkt für weitere Untersuchungen im Bereich der Beeinflussung der Herz-Kreislauf-Erkrankungen von Vitamin D durch die Auswirkungen auf den Risikofaktor Diabetes mellitus.

4.1.4 Sterbewahrscheinlichkeit

Eine Reduktion der Sterbewahrscheinlichkeit kann nicht nur zu einem längeren Leben, sondern somit vermutlich auch zu einem längeren Sporttreiben führen.

Die Beeinflussung der Sterbewahrscheinlichkeit durch Vitamin D ist umstritten.

Autier & Gandini (2007), Dahlquist et al. (2015) und Brondum-Jacobsen et al. (2012) konnten einen Einfluss von Vitamin D auf die Sterbewahrscheinlichkeit feststellen. Trivedi et al. (2002) konnte einen solchen Einfluss jedoch nicht nachweisen.

Da viele Faktoren zu einem Ableben führen können, scheint der Einfluss eines einzelnen Vitamins in Bezug auf die Beeinflussung der Sterbewahrscheinlichkeit vermutlich als geringwertig. Die verschiedenen Ergebnisse treten wahrscheinlich auf Grund der Vielzahl an beeinflussenden Faktoren der Sterbewahrscheinlichkeit auf, die in ihrer Gesamtheit im Rahmen von Studien vermutlich nicht ganzheitlich standardisiert werden können.

4.2 Direkte Effekte auf die sportliche Leistungsfähigkeit

4.2.1 Aerobe Kapazität

Die Auswirkungen von Vitamin D auf die aerobe Kapazität sind umstritten. Die Untersuchung von Forney et al. (2014), sowie das Review von Dahlquist et al. (2015) konnten zwar einen Einfluss von Vitamin D auf die aerobe Kapazität darlegen, die Untersuchung von Fitzgerald et al. (2014) kam jedoch nicht zu diesem Ergebnis.

Dabei bleibt anzumerken, dass in den Untersuchungen von Forney et al. (2014) und Fitzgerald et al. (2014) der Vitamin-D-Spiegel im Blut gemessen wurde und nicht zusätzliches Vitamin D zugeführt wurde. Eine Erklärung dieser unterschiedlichen Befunde wäre, dass signifikante Unterschiede erst bei einer höheren externen Zufuhr an Vitamin D auftreten.

Ebenso liegt die Vermutung nahe, dass Forney et al. (2014) und Fitzgerald et al. (2014) unterschiedliche 25(OH)D-Konzentrationsbereiche behandelten und daher unterschiedliche Ergebnisse erzielten. Die Studienteilnehmer von Forney et al. (2014) hatten in der Gesamtheit 25(OH)D-Konzentrationen von ungefähr $87 \pm 5 \text{ nmol/L}$, Fitzgerald et al. (2014) untersuchte Probanden mit Konzentrationen von ungefähr $89 \pm 22 \text{ nmol/L}$. Da zwischen den genannten Konzentrationen keine große Differenz besteht, scheint dies kein Grund für die unterschiedlichen Ergebnisse zu sein.

Des Weiteren besteht die Möglichkeit, dass die positiven Effekte von Vitamin D auf die VO_2max , die Forney et al. (2014) und Dahlquist et al. (2015) herausstellen

konnten, durch einen generell aktiveren Lebensstil der Probanden der höheren 25(OH)D-Konzentrationen herrührten.

Ebenso könnten die Ergebnisse von Fitzgerald et al. (2014) in unterschiedlichen Trainingsstrukturen der bisherigen sportlichen Karriere der Athleten begründet sein. Je nachdem wieviel Training in die Verbesserung der VO₂max investiert wird, wieviel Training in der Halle und wieviel Training im Freien absolviert wird, beeinflusst dies vermutlich die 25(OH)D-Konzentrationen, sowie die VO₂max.

Trotz der umstrittenen Ergebnisse, liefern die Untersuchungen von Forney et al. (2014) und Dahlquist et al. (2015) Ansatzpunkte für weitere Forschung in diesem Bereich.

Dabei ist zu klären, durch welche Mechanismen genau die 25(OH)D-Konzentration im Körper Einfluss auf die VO₂max nimmt. In diesem Zusammenhang könnten auch mögliche geschlechtsspezifische Hintergründe der unterschiedlichen Wirkungsweisen wie sie bei Forney et al. (2014) auftraten, miteinbezogen werden.

4.2.2 Kraft und Leistung

Da in der Studie von Carrillo et al. (2013) ein signifikanter Unterschied der Maximalkraft zwischen der Vitamin-D-Gruppe und der Placebo-Gruppe nur in Woche 4 und nicht in den Messungen der Wochen 8 und 12 festgestellt wurde, scheint dies ein einmaliger Ausschlag gewesen zu sein. Somit konnte in den Studien von Carrillo et al. (2013) und Forney et al. (2014) kein signifikanter Zusammenhang in Bezug auf die Auswirkung von Vitamin D auf die Kraft und Leistung zum Ende der Studien festgestellt werden.

Dahlquist et al. (2015) konnten ihrem Review jedoch einen positiven Effekt von Vitamin D auf die Leistung herausarbeiten.

Diese unterschiedlichen Ergebnisse sind vermutlich auf unterschiedliche 25(OH)D-Konzentrationen in den Untersuchungen zurückzuführen.

So wurde bei Forney et al. (2014) die 25(OH)D-Konzentration nur gemessen, ohne dass zusätzlich Vitamin D supplementiert wurde. Die Probanden der Studie von Carrillo et al. (2013) supplementierten hingegen täglich 4000IU Vitamin D

und im Review von Dahlquist et al. (2015) werden 4000-5000IU/Tag Vitamin D zur Leistungssteigerung empfohlen.

Da jedoch bei Dosierungen von 0IU Vitamin D/Tag und 4000IU Vitamin D/Tag noch keine positiven Effekte festgestellt wurden und 4000-5000IU Vitamin D /Tag sich anscheinend positiv auf die Leistung auswirken, scheinen positive Effekte von Vitamin D bei einer Supplementierung oberhalb von 4000IU Vitamin D/Tag gegeben zu sein (Forney et al., 2014; Carrillo et al., 2013; Dahlquist et al., 2015).

Auf Grund dessen werden weitere Untersuchungen zur Auswirkung von Vitamin D auf die Kraft und Leistung benötigt. Dabei scheinen Konzentrationen oberhalb von 4000IU Vitamin D/Tag besonders vielversprechend.

4.3 Indirekte Effekte auf die sportliche Leistungsfähigkeit

4.3.1 Bedeutung für die sportliche Leistung

Neben den direkten Effekten auf die sportliche Leistungsfähigkeit, wirkt Vitamin D durch viele indirekte Effekte auf die langfristige Leistungsverbesserung. Diese Effekte haben keinen direkten Einfluss auf die sportliche Leistungsfähigkeit, führen jedoch beispielsweise durch eine verbesserte Regeneration und somit möglicher höherer Trainingsfrequenz, langfristig gesehen vermutlich zu einer Verbesserung der Leistung.

4.3.2 Anthropometrische Daten

Gewisse Ausprägungen von bestimmten anthropometrischen Daten können je nach Sportart Vorteile oder Nachteile liefern. So ist es für Basketballspieler von Vorteil überdurchschnittlich groß zu sein. Für Turner ist dies hingegen ein Nachteil, da der größere Körper das Erzeugen eines höheren Drehmomentes bei bestimmten Figuren verlangt.

Fishman et al. (2016) und Kremer et al. (2009) konnten in ihren Untersuchungen einen Zusammenhang zwischen Vitamin D und der Körpergröße herausstellen.

Dabei ist zu beachten, dass dieser Zusammenhang mit 4% und 7% gering war und keine Daten über die Vitamin-D-Spiegel während des gesamten Verlaufes der Wachstumsphase bekannt waren (Fishman et al., 2016; Kremer et al., 2009). Daher sind diese Ergebnisse kritisch zu betrachten, bieten jedoch Anstoß zu weiteren Untersuchungen. Dabei sind vor allem Untersuchungen über den gesamten Verlauf der Wachstumsphase der Probanden interessant, sowie Untersuchungen in denen während der Wachstumsphase Vitamin D supplementiert wird.

4.3.3 Regeneration

Bei einem großen Trainingsumfang in Kombination mit einer hohen Trainingsdichte ist eine beschleunigte Regeneration wünschenswert (Eisenhut & Zintl, 2013). Um eine sinnvolle Trainingsbelastung zu erzielen, muss die Regeneration in der Planung eines Trainings berücksichtigt und unterstützt werden (Eisenhut & Zintl, 2013).

Eine Verbesserung der Regeneration kann somit zu einer sinnvollere Trainingsbelastung und langfristig betrachtet wahrscheinlich zu einer verbesserten Leistungsfähigkeit beitragen.

Klassische Maßnahmen zur Verbesserung der Regeneration sind: „Auslaufen, Massage, Sauna, Warmwasserbad, Solarium, Elektrotherapie und ernährungsphysiologische Maßnahmen“ (Eisenhut & Zintl, 2013, S. 203).

Eine Verbesserung der Regeneration durch eine Supplementation von 4000IU Vitamin D/Tag um ungefähr 8% 24h nach der Belastung konnte von Barker et al. (2013) festgehalten werden. Ebenso konnte Dahlquist et al. (2015) einen positiven Effekt durch supraphysiologische Dosierungen von Vitamin D auf die Regenerationszeit feststellen.

Sieben Trainingseinheiten die Woche sind bei einem leistungsorientierten Sporttreiben keine Seltenheit. So ist eine verbesserte Regeneration 24h nach der Belastung wünschenswert, um für die nächste Trainingseinheit möglichst optimal regeneriert zu sein.

4.3.4 Testosteron

In vielen Sportarten wie Bodybuilding oder Gewichtheben ist ein Anstieg von Kraft und Muskelmasse wünschenswert. Ein Anstieg des Testosteronspiegels durch eine Vitamin-D-Supplementierung konnte in der Studie von Pilz et al. (2011) festgestellt werden. Eine Erhöhung des Testosteronspiegels scheint die Muskelhypertrophie zu beeinflussen, was wiederum zu einer Verbesserung der Muskelkraft führt (Herbst & Bhasin, 2004).

Dieser Effekt wurde ebenso in der Studie von Bhasin, Storer, Berman, Callegari, Clevenger, Phillips, Bunnell, Tricker, Shirazi & Casaburi (1996) festgestellt. Dort wurde 40 Probanden über 10 Wochen 600mg Testosteron pro Woche oder ein Placebo intramuskulär zugeführt (Bhasin et al., 1996).

Die Ernährung wurde zwei Wochen vor dem Studienbeginn standardisiert (Bhasin et al., 1996). Die tägliche Ernährung lag bei 32kcal/kg Körpergewicht mit 1,5g Protein/kg Körpergewicht (Bhasin et al., 1996). Alle zwei Wochen wurde die Ernährung den Gewichtsveränderungen angepasst (Bhasin et al., 1996).

Die Studienteilnehmer wurden in 4 Gruppen unterteilt, eine Sport+Testosteron, eine Placebo+Testosteron, eine kein_Sport+Testosterone und eine kein_Sport+Placebo-Gruppe (Bhasin et al., 1996).

Die Probanden der Sport-Gruppe absolvierten ein schweres Gewichtstraining (90% des 1RM), ein leichtes (70% des 1RM) und ein mittelschweres Training (80% des 1RM) pro Woche (Bhasin et al., 1996). Dabei wurden jeweils 4 Sätze mit je 6 Wiederholungen absolviert (Bhasin et al., 1996). In den letzten fünf Wochen wurden die Gewichte erhöht (Bhasin et al., 1996). Ebenso stieg die Anzahl der Sätze von vier auf fünf Sätze an (Bhasin et al., 1996).

Die Muskelmasse und Muskelgröße wurde mit Hilfe einer Magnetresonanztomographie vor und nach der 10 wöchigen Intervention gemessen (Bhasin et al., 1996). Ebenso wurde das 1RM in der Kniebeuge und beim Bankdrücken zu Beginn und zum Ende der Studie gemessen (Bhasin et al., 1996).

Die Studie ergab einen ungefähr drei Mal so großen Anstieg an fettfreier Masse (6,1kg) in der Sport+Testosteron-Gruppe im Vergleich zur Sport+Placebo-Gruppe

(2kg) (Bhasin et al., 1996). Selbst die Probanden der kein_Sport+Testosteron-Gruppe hatten einen 60% höheren Anstieg fettfreier Masse als die Gruppe Sport+Placebo (Bhasin et al., 1996).

Das Gesamttestosteron stieg in der Studie von Pilz et al. (2011) um 2,7nmol/L auf 13,4±4,7nmol/L an. In der Studie von Bhasin et al. (1996) stieg das Gesamttestosteron jedoch um circa 97,6nmol/L auf ungefähr 112,6±10,6nmol/L in der Sport+Testosteron-Gruppe. Das ist ein um etwa 3600% höherer Anstieg des Gesamttestosterons im Vergleich zur Studie von Pilz et al. (2011).

Daraus lässt sich schließen, dass der Effekt auf die Kraft und das Muskelwachstum durch die Erhöhung des Testosteronspiegels auf Grund einer Vitamin-D-Supplementation im Bereich von 3300IU Vitamin D/Tag minimal und vermutlich zu vernachlässigen ist. Dennoch könnten Untersuchungen im Bereich der Auswirkungen von Vitamin D oder von minimalen Testosteronerhöhungen auf den Muskelzuwachs weitere Erkenntnisse in diesem Bereich liefern. Ebenso wären Untersuchungen interessant, die darlegen, durch welche Mechanismen Vitamin D den Testosteronspiegel beeinflusst.

4.4 Dosierung

Da beim Sport ein drei- bis viermal so großer Bedarf an Vitaminen besteht, ist eine genaue Dosierung dieser zur Vorbeugung eines Mangels umso entscheidender (Eisenhut & Zintl, 2013).

Die Untersuchungen von Bischoff-Ferrari et al. (2006), Holick (2004), Artaza et al. (2009) und Hollis (2005) zeigen, dass aus gesundheitlicher Sicht Konzentrationen von 1000-4000IU Vitamin D/Tag zu empfehlen sind. Dadurch werden im Großteil der Bevölkerung gesunde 25(OH)D-Konzentrationen von 75-100nmol/L erreicht, wie die Ergebnisse von Bischoff-Ferrari et al. (2006) und Holick (2004) darlegen. Konzentrationen über 125nmol/L können nach Dahlquist et al. (2015) Nebenwirkungen mit dem Potenzial der erhöhten Sterbewahrscheinlichkeit hervorrufen. Allerdings liegen die natürlichen 25(OH)D-Konzentrationen in sonnenreichen Gebieten zwischen 135nmol/L und 225nmol/L (54-90µg/L) (Hollis, 2005).

Vitamin D kann durch Sonneneinstrahlung vom Körper selbst gebildet werden (Deutsche Gesellschaft für Ernährung e. V., 2016). Dies lässt die Frage offen, inwieweit der Körper bei einer körpereigenen Überproduktion in der Lage ist diese zu regulieren. Entweder kann der Körper die eigene Vitamin-D-Produktion bei zu viel Sonneneinstrahlung einstellen, er kann eine Vitamin-D-Überproduktion nicht verhindern oder Konzentrationen von 135nmol/L bis 225nmol/L haben entgegen den Ergebnissen von Dahlquist et al. (2015) noch keine Nebenwirkungen zur Folge. Da Cholecalciferol bei starker UVB-Strahlung in Tachysterol und Lumisterol umgewandelt wird, gibt es keine körpereigene Cholecalciferol-Überproduktion (Surber, 2016).

Demnach ist zu klären, wie die von Dahlquist et al. (2015) festgestellten Nebenwirkungen bei 25(OH)D Konzentrationen über 125nmol/L entstehen.

Einen Ansatzpunkt könnte die Vitamin-K-Konzentration liefern. Durch einen erhöhten Vitamin-D-Spiegel kann es zu einem Vitamin-K₂-Mangel kommen, da mehr Vitamin K₂ zur Aktivierung von Proteinen, die durch Vitamin D gebildet werden, benötigt wird (Masterjohn, 2007). Dies kann zu einer Störung der Kalziumverwertung und damit zu Ablagerungen im Körper führen (Rotter, o.J.). Bei Tieren zeigten sich bei sehr hohen Vitamin-D-Dosen die gleichen Symptome wie bei einem Vitamin-K₂-Mangel (Luo, Ducey, McKee, Pinero, Loyer, Behringer & Karsenty, 1997). Daher scheint es empfehlenswert zu sein bei einer Vitamin-D-Supplementation ebenso Vitamin K₂ zu supplementieren um einen Mangel dieses Vitamins zu verhindern.

Dahlquist et al. (2015) empfiehlt ebenso die Supplementation von Vitamin K bei einer zusätzlichen Zufuhr von Vitamin D. Zur gesunden Kraft und Leistungssteigerung werden 4000-5000IU Vitamin D₃/Tag, die mit 50-1000mcg Vitamin K₁ und K₂ kombiniert werden sollten empfohlen um 25(OH)D-Konzentrationen von 75-100nmol/L zu erreichen (Dahlquist et al., 2015).

Dieser Aspekt könnte die nicht sicheren Grenzwerte der 25(OH)D-Konzentrationen erklären. Wenn die Nebenwirkungen einer hohen Vitamin-D-Supplementation nicht an zu hohen 25(OH)D-Konzentrationen liegen, sondern an

einem Vitamin-K₂-Mangel, so müssten Grenzwerte für 25(OH)D-Konzentrationen in Kombination mit verschiedenen Vitamin-K₂-Konzentrationen gebildet werden. Besonders interessant wären dabei Untersuchungen mit angepassten Vitamin-K-Zufuhren bei 25(OH)D-Konzentrationen oberhalb von 250nmol/L. Denn bei diesen Konzentrationen wurde eine toxische Wirkung von Vitamin D festgestellt (Hollis, 2005).

Zur Erstellung des Praxisbezuges veranschaulicht Abbildung 2 die Ziele verschiedener hoher Vitamin-D-Einnahmen in Kombination mit sicheren Zufuhrdosen zur Minimierung des Risikos einer Überdosierung.

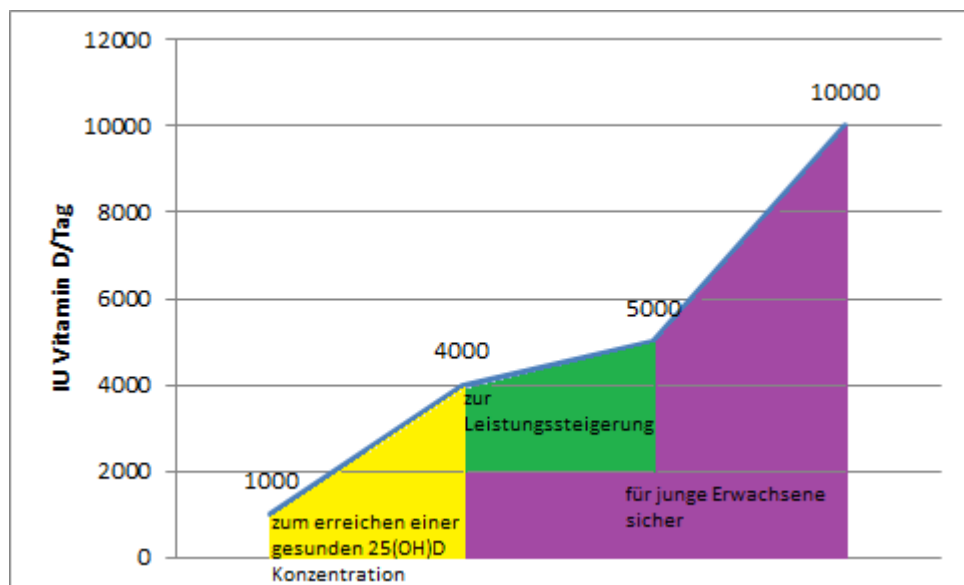


Abb.2: Ziele verschiedener Vitamin-D-Einnahmen

4.5 Ergebniskritik

Kritisch zu betrachten gilt, dass bei den einbezogenen Studien hauptsächlich Nicht-Sportler beziehungsweise nicht explizit Sportler untersucht wurden. So wurden lediglich bei Fishman et al. (2016) NBA-Spieler und bei Fitzgerald et al. (2014) Eishockeyspieler untersucht. Dies muss bei der Betrachtung der Ergebnisse von Vitamin D auf die sportliche Leistungsfähigkeit berücksichtigt werden.

Des Weiteren lag die Altersstruktur der Probanden über alle Studien gesehen zwischen 16 und 85 Jahren. Einerseits wurde so ein großes Altersspektrum abgedeckt und die Ergebnisse lassen sich nicht nur auf Personen eines kleinen Alters-

spektrums beziehen, andererseits wurden so altersspezifische unterschiedliche Anforderungen an den Vitamin-D-Status nicht mit einbezogen.

Der Einsatz einer Literaturrecherche birgt das Risiko, dass Literatur nicht mit einbezogen wurde, die relevante Ergebnisse hätte liefern können. Dies kann daher rühren, dass diese Literatur in den verwendeten Datenbanken nicht gefunden wurde oder ein ganzheitlicher Zugriff nicht möglich war.

Weiterführende Untersuchungen im Rahmen des Einflusses von Vitamin-D-Supplementationen auf die sportliche Leistungsfähigkeit könnten hier nicht angesprochene Aspekte behandeln. So wurden im Rahmen der direkten Effekte von Vitamin D auf die sportliche Leistungsfähigkeit die aerobe Kapazität, sowie die Kraft und Leistung untersucht. Je nach Sportart sind allerdings Reaktionsfähigkeit und Koordination vermutlich ebenso wichtige direkte Faktoren für die sportliche Leistung.

Dies gilt ebenso für die untersuchten indirekten Effekte. So könnten unabhängige weiterführende Untersuchungen den Einfluss von weiteren indirekten Effekten außerhalb von anthropometrischen Daten oder der Beeinflussung der Regenerationsfähigkeit und des Testosteronspiegels untersuchen.

5 Fazit

Der größte Nutzen für die sportliche Leistungsfähigkeit entsteht anscheinend über die Auswirkungen von Vitamin D auf indirekte Effekte. Dabei scheint der positive Einfluss des Vitamin-D-Spiegels auf die Regeneration der wichtigste indirekte Faktor zu sein. Des Weiteren scheinen Effekte auf anthropometrische Daten, sowie eine Beeinflussung des Testosteronspiegels gegeben zu sein.

Der Einfluss des Vitamin-D-Spiegels auf die gesundheitlichen Faktoren Verletzungen, Stürze, Herz-Kreislauf-System und Sterbewahrscheinlichkeit sind umstritten und nicht gänzlich geklärt.

Ebenso scheinen die Auswirkungen auf die direkten Effekte der sportlichen Leistungsfähigkeit aerobe Kapazität, sowie Kraft und Leistung umstritten.

Die als optimal geltenden Dosierungen von 1000-4000IU Vitamin D/Tag werden zum Erreichen von gesunden 25(OH)D-Konzentrationen empfohlen (Bischoff-Ferrari et al., 2006; Holick, 2004; Artaza et al., 2009; Hollis, 2005). Dies führt zu 25(OH)D-Konzentrationen zwischen 75 und 100nmol/L im überwiegenden Teil der Bevölkerung (Bischoff-Ferrari et al., 2006; Holick, 2004).

Dosierungen von 4000-10000IU Vitamin D/Tag scheinen keine negativen Effekte für junge Erwachsene zu haben (Bischoff-Ferrari et al., 2006). Jedoch wurden bei 25(OH)D-Spiegeln oberhalb von 250nmol/L toxische Wirkungen festgestellt (Hollis, 2005).

Dabei sollte der Vitamin-K-Spiegel nicht außeracht gelassen werden, da bei einem hohen Vitamin-D-Spiegel mehr Vitamin K₂ zur Aktivierung von durch Vitamin D gebildeten Proteinen gebraucht wird und es so zu einem Vitamin-K₂-Mangel kommen kann (Masterjohn, 2007).

Sportler, die sich leistungssteigernde Effekte erwünschen, sollten eine tägliche Supplementation von 4000-5000IU Vitamin D, sowie 50-1000mcg Vitamin K₁ und K₂ einnehmen (Dahlquist et al., 2015).

Dennoch sollte der 25(OH)D-Spiegel regelmäßig überprüft werden, um eventuellen Überdosierungen oder Unterversorgungen frühzeitig entgegenzuwirken. Ebenso sollte auf Grund der Beeinflussung des Vitamin-K-Spiegels durch eine Vitamin-D-Supplementation dieser ebenso regelmäßig überprüft werden, um eine dortige Unterversorgung zu verhindern.

Die umstrittenen Ergebnisse der gesundheitlichen Faktoren, sowie direkten und indirekten Effekten auf die sportliche Leistungsfähigkeit bieten Ansatzpunkte für weitere Untersuchungen. Dabei scheinen Untersuchungen im Rahmen der Kraft und Leistung bei Konzentrationen oberhalb von 4000IU Vitamin D/Tag besonders vielversprechend. Zur genaueren Klärung des Einflusses von Vitamin D auf anthropometrische Daten benötigt dieser Zusammenhang weiter Forschung die primär den Einfluss von Vitamin D während der gesamten Wachstumsphasen behandelt.

Die Beeinflussung des Testosteronspiegels durch eine Vitamin D Supplementierung liefert Ansatzpunkte zu weiteren Untersuchungen, um den Effekt eines solchen Testosteronanstieges auf die Muskelhypertrophie zu klären.

6 Zusammenfassung

In der vorliegenden Arbeit wurde der Einfluss von Vitamin D als Nahrungsergänzungsmittel im Sport untersucht. Im Rahmen einer Literaturrecherche wurden 14 Studien mit insgesamt 14075 Probanden, eine Metaanalyse und sieben Reviews behandelt. Diese wurden mit Hilfe der Stichwörter: „Vitamin D“, „athletic“, „athletes“, „Sportler“, „Sport“, „performance“, „Leistung“, „Vitamin K“, „Testosteron“, „Regeneration“, „Blutdruck“, „blood pressure“, „körpereigene“ und „Überdosierung“ in den Datenbanken PubMed, Google Scholar, Google Books, Google und in der Zentralbibliothek der Sportwissenschaften zu Köln herausgearbeitet. Dabei wurde sich mit den ausgewählten Parametern: „Verletzungen/Stürze“, „Herz-Kreislauf-System“, „Sterbewahrscheinlichkeit“, „Aerobe Kapazität“, „Kraft und Leistung“, „anthropometrische Daten“, „Regeneration“, „Testosteron“, „natürliche Konzentrationen“ und den entsprechenden Dosierungen befasst.

Vitamin D hat Einfluss durch indirekte Effekte auf die Leistungssteigerung. Die Effekte auf die Regeneration, die anthropometrischen Daten, sowie die Beeinflussung des Testosteronspiegels wirken sich nicht direkt auf die sportliche Leistung aus, können langfristig betrachtet jedoch zu einer positiven Beeinflussung der Leistungsfähigkeit beitragen. Der größte Nutzen einer Vitamin D Supplementierung scheint im Rahmen der indirekten Effekte auf die Leistungsfähigkeit zu liegen.

Barker et al. (2013) konnte eine Verbesserung der Regeneration um ungefähr 8% 24h nach der Belastung durch eine Supplementation von 4000IU Vitamin D/Tag herausstellen. Des Weiteren wurde ein positiver Einfluss auf die Regeneration ebenso von Dahlquist et al. (2015) bei supraphysiologischen Dosierungen von Vitamin D festgestellt.

Fishman et al. (2016) und Kremer et al. (2009) konnten in ihren Untersuchungen einen Zusammenhang zwischen Vitamin D und der Körpergröße herausstellen.

Ein Zusammenhang zwischen dem Vitamin-D-Status und dem Alter konnte jedoch nicht festgestellt werden (Fishman et al., 2016).

Ein Anstieg des Testosterons durch eine Vitamin D Supplementierung wurde von Pilz et al. (2011) nachgewiesen. Eine Steigerung der Muskelmasse auf Grund einer Erhöhung des Testosteronspiegels durch Testosteroninjektionen konnte von Bhasin et al. (1996) dargelegt werden. Der Gesamttestosteronspiegel stieg dabei allerdings um ungefähr 3600% stärker an als in der Studie von Pilz et al. (2011). Daher scheint der Einfluss einer Vitamin-D-Supplementation auf die Muskelmasse durch eine Erhöhung des Testosteronspiegels vernachlässigbar.

Die Auswirkungen von Vitamin D auf Verletzungen und Stürze, das Herz-Kreislauf-System und die Sterbewahrscheinlichkeit haben keinen direkten Einfluss auf die sportliche Leistungsfähigkeit. Diese gesundheitlichen Faktoren können die Leistung durch die Reduzierung von Trainingsausfällen jedoch indirekt beeinflussen.

Durch eine Vitamin D Supplementierung konnte eine Reduzierung der Anzahl der Frakturen um 20% festgestellt werden (Trivedi et al., 2002). Die Anzahl der Knochenbrüche der Hüfte, Handgelenke, Unterarme und Wirbelknochen sank sogar um 31% (Trivedi et al., 2002).

Eine Beeinflussung der Sturzwahrscheinlichkeit durch eine Vitamin-D-Supplementation wurde im Review von Latham et al. (2003) nur in Kombination mit zusätzlicher Kalziumzufuhr und nicht alleine durch Vitamin D nachgewiesen. Dies lässt vermuten, dass der positive Effekt auf die Sturzwahrscheinlichkeit von der Kalzium Supplementierung herrührt.

Einen positiven Einfluss von Vitamin D auf Herz-Kreislauferkrankungen wurde von Brondum-Jacobsen et al. (2012), Artaza et al. (2009) und Holick (2004) festgestellt. Diesen Effekt auf das Herz-Kreislauf-System konnten die Ergebnisse von Trivedi et al. (2003) und Seibert et al. (2015) jedoch nicht unterstützen.

Ebenso konnte die Betrachtung der Risikofaktoren Blutdruck und Übergewicht die genaue Beeinflussung des Herz-Kreislauf-Systems durch Vitamin D nicht klären. Die Betrachtung der Risikofaktoren für Herz-Kreislauf-Erkrankungen legte keinen Zusammenhang zwischen Vitamin D und dem Blutdruck dar (Caro et al., 2012; Seibert et al., 2015). Eine Beeinflussung des Körpergewichtes konnte von Fishman et al. (2016) und Kremer et al. (2009) festgehalten werden, diese Ergebnisse sind auf Grund von fehlender Standardisierung im Rahmen der Ernährung und dem Anteil an täglichen Sonnenstunden jedoch kritisch zu betrachten.

Holick (2004) zeigte in seinem Review auf, dass das Risiko an Typ1 Diabetes zu erkranken durch einen Vitamin-D-Mangel im Kindesalter für das restliche Leben ansteigt. Demnach könnte das Herz-Kreislauf-System besonders im Kindesalter durch den Vitamin-D-Spiegel beeinflusst werden.

Eine Reduktion der Sterbewahrscheinlichkeit durch eine Vitamin-D-Supplementation konnte in der Metaanalyse von Autier& Gandini (2007) herausgearbeitet werden. Ein um 88% erhöhtes Risiko für den vorzeitigen Tod der Gruppe der niedrigeren Vitamin-D-Konzentrationen stellten Brondum-Jacobsen et al. (2012) heraus. Trivedi et al. (2002) konnte diese Beeinflussung der Sterbewahrscheinlichkeit durch Vitamin D nicht nachweisen.

Auf Grund der Vielzahl an beeinflussenden Faktoren der Sterbewahrscheinlichkeit ist die Auswirkung eines einzelnen Vitamines vermutlich minimal.

Einen direkten Einfluss auf die sportliche Leistungsfähigkeit liegt durch die Beeinflussung der aeroben Kapazität, sowie der Kraft und Leistung vor.

Forney et al. (2014) und Dahlquist et al. (2015) stellten eine Beeinflussung der aeroben Kapazität heraus. Die Untersuchung von Fitzgerald et al. (2014) kann diese Ergebnisse jedoch nicht unterstützen. Diese verschiedenen Ergebnisse könnten von unterschiedlich aktiven Lebensstilen, sowie verschiedenen Trainingsstrukturen der Probanden herrühren.

Ein positiver Effekt von Vitamin D auf die Kraft und Leistung trat bei Konzentrationen von 0 bis 4000IU Vitamin D/Tag nicht auf (Forney et al., 2014; Carrillo et al.,

2013). Bei Dosierungen von 4000 bis 5000IU Vitamin D/Tag scheinen jedoch positive Effekte auf die Leistung gegeben zu sein (Dahlquist et al., 2015).

Natürlich gegebene 25(OH)D-Konzentrationen scheinen bei ausreichender Sonneneinstrahlung zwischen 135nmol/L und 225nmol/L zu liegen (Hollis, 2005). Eine körpereigene Überproduktion ist dabei nicht möglich (Surber, 2016). Im Rahmen der Betrachtung der Grenzwerte ist ein Vitamin-K₂-Mangel auf Grund eines erhöhten Bedarfs bei einem erhöhten Vitamin-D-Spiegel wahrscheinlicher (Masterjohn, 2007). Zum Erreichen von gesunden 25(OH)D-Konzentrationen von 75-100nmol/L sind Dosierungen von 1000-4000IU Vitamin D/Tag empfehlenswert (Bischoff-Ferrari et al., 2006; Holick, 2004; Artaza et al., 2009; Hollis, 2005). Konzentrationen unterhalb von 80nmol/L sollten aufgrund ihrer Beeinflussung der Kalzium-Absorption vermieden werden (Hollis, 2005). Des Weiteren liegt toxische Wirkung bei 25(OH)D-Konzentrationen über 250nmol/L vor (Hollis, 2005). Im Rahmen der gesunden Kraft und Leistungssteigerung scheinen Konzentrationen von 4000-5000IU Vitamin D₃/Tag, die mit 50-1000mcg Vitamin K₁ und K₂ kombiniert werden empfehlenswert um 25(OH)D-Konzentrationen von 75-100nmol/L zu erreichen (Dahlquist et al., 2015).

Der Einfluss von Vitamin D als Nahrungsergänzungsmittel im Sport ist umstritten. Die größte Beeinflussung scheint im Rahmen der indirekten Effekte durch positive Effekte auf die Regeneration zu liegen. Die in der vorliegenden Arbeit aufgeführten Ergebnisse auf die gesundheitlichen Faktoren, sowie die direkten und indirekten Einflüsse von Vitamin D auf die Leistungsfähigkeit liefern jedoch Ansatzpunkte für weitere Untersuchungen.

Literaturverzeichnis

- Artaza, J.N., Mehrotra, R. & Norris, K.C. (2009). Vitamin D and the Cardiovascular System. *Clinical Journal of the American Society of Nephrology*. 4 (9) 1515-1522. doi: 10.2215/CJN.02260409
- Autier, P. & Gandini, S. (2007). Vitamin D Supplementation and Total Mortality. *Arch Intern Med*. 167(16):1730-1737. doi:10.1001/archinte.167.16.1730
- Barker, T., Schneider, E.D., Dixon, B., Henriksen, V.T. & Weaver, L.K. (2013). Supplemental vitamin D enhances the recovery in peak isometric force shortly after intense exercise. *Nutrition & Metabolism*. DOI: 10.1186/1743-7075-10-69
- Bartl, R., Bartl, C. & Mutschler, W. *Unfallchirurg* (2003) 106: 526. doi:10.1007/s00113-003-0642-5
- Beneke R., Pollmann C., Bleif I., Leithauser RM., Hutler M. (2002). How anaerobic is the Wingate Anaerobic Test for humans? *Eur J Appl Physiol* 87: 388–392. In Forney, L.A., Earnest, C.P., Henagan, T.M., Johnson, L.E., Castleberry, T.J. & Stewart, L.K. (2014). Vitamin D status, body composition, and fitness measures in college-aged students. *J Strength Cond Res* 28(3): 814–824
- Belitz, H.D. & Grosch, W. (1992). *Lehrbuch der Lebensmittelchemie*. (Aufl. 4). Berlin, Heidelberg, New York, London, Paris, Tokyo, Hong Kong, Barcelona, Budapest: Springer
- Bhasin, S., Storer, T.W., Berman, N., Callegari, C., Clevenger, B., Phillips, J., Bunnell, T.J., Tricker, R., Shirazi, A. & Casaburi, R. (1996). The Effects of Supraphysiologic Doses of Testosterone on Muscle Size and Strength in Normal Men. *N Engl J Med*. 335:1-7. DOI: 10.1056/NEJM199607043350101
- Bischoff-Ferrari, H.A., Giovannucci, E., Willet, W.C., Dietrich, T. & Dawson-Hughes, B. (2006). Estimation of optimal serum concentrations of 25-hydroxyvitamin D for multiple health outcomes. *Am J Clin Nutr*. 84 (1) 18-28
- Brondum-Jacobsen, P., Benn, M., Jensen, G. B. & Nordestgaard, B.G. (2012). 25-Hydroxyvitamin D Levels and Risk of Ischemic Heart Disease, Myocardial Infarction, and Early Death. *Population-Based Study and Meta-Analyses of 18 and 17 Studies. Arteriosclerosis, Thrombosis, and Vascular Biology*. doi: https://doi.org/10.1161/ATVBAHA.112.248039. 32:2794-2802

- Caro, Y., Negrón, V. & Palacios, C. (2012). Association between vitamin D levels and blood pressure in a group of Puerto Ricans. *P R Health Sci J.*, 31(3):123-9
- Carrillo, A.E., Flynn, M.G., Pinkston, C., Markofski, M.M., Jiang, Y., Donkin, S.S. & Teegarden, D. (2013). Impact of vitamin D supplementation during a resistance training intervention on body composition, muscle function, and glucose tolerance in overweight and obese adults. *Clin Nutr.* 32(3):375-81. doi: 10.1016/j.clnu.2012.08.014.
- Complementary Medicines Australia. (2014). Sales of sports nutrition products in Australia from 2011 to 2015 (in million Australian dollars). In *Statista - The Statistics Portal*. Zugriff am 29.11.2016 unter <https://www.statista.com/statistics/593851/australia-sports-nutrition-products-sales/>.
- CRN. (2015). Top 5 types of vitamin and mineral supplements among U.S. adults in 2015. In *Statista - The Statistics Portal*. Zugriff am 29.11.2016 unter <https://www.statista.com/statistics/308344/top-vitamin-and-mineral-supplement-types-used-by-us-adults/>.
- CRN. (2013). Frequency of taking dietary or nutritonal supplements among U.S. adults in 2013. In *Statista - The Statistics Portal*. Zugriff am 29.11.2016 unter <https://www.statista.com/statistics/308658/frequency-of-taking-dietary-supplements-in-the-us/>.
- CRN. (2013b). Usage of different types of dietary or nutritional supplements among U.S. adults in 2013, by gender. In *Statista - The Statistics Portal*. Zugriff am 29.11.2016 unter <https://www.statista.com/statistics/308670/type-of-dietary-nutritional-supplements-in-us-consumers-by-gender/>.
- Dahlquist, D.T., Dieter, B.P. & Koehle, M.S. (2015). Plausible ergogenic effects of vitamin D on athletic performance and recovery. *Journal of the International Society of Sports Nutrition*. DOI: 10.1186/s12970-015-0093-8
- Deutsche Gesellschaft für Ernährung e. V. (2016). *Vitamin D (Calciferole)*. Zugriff am 02.12.2016 unter <https://www.dge.de/wissenschaft/referenzwerte/vitamin-d/>
- Deutsche Gesellschaft für Ernährung e. V. (2008). Knochen stärken – aber richtig!. *DGE aktuell*, 13, 2
- Eisenhut, A. & Zintl, F. (2013). *Ausdauertraining. Grundlagen/ Methoden/ Trainingssteuerung* (8. Auflage). München: BLV Buchverlag GmbH & Co. KG.

- Fitzgerald, J.S., Peterson, B.J., Warpeha, J.M., Wilson, P.B., Rhodes, G.S. & Ingraham, S.J. (2014). Vitamin D Status and V[Combining Dot Above]O₂peak During a Skate Treadmill Graded Exercise Test in Competitive Ice Hockey Players. *Journal of Strength & Conditioning Research*. 28(11) 3200–3205. doi: 10.1519/JSC.0000000000000523
- Fishman M.P., Lombardo S.J. & Kharrazi F.D. (2016). Vitamin D Deficiency Among Professional Basketball Players. *Orthop J Sports Med*. 4(7):2325967116655742. doi: 10.1177/2325967116655742.
- Forney, L.A., Earnest, C.P., Henagan, T.M., Johnson, L.E., Castleberry, T.J. & Stewart, L.K. (2014). Vitamin D status, body composition, and fitness measures in college-aged students. *J Strength Cond Res* 28(3): 814–824
- Hansen, W. (2007). *Medizin des Alterns und des alten Menschen*. Stuttgart: Schattauer GmbH
- Herbst, K.L. & Bhasin, S. (2004) Testosterone action on skeletal muscle. *Current Opinion in Clinical Nutrition and Metabolic Care*. 7(3):271-7.
- Holick, M.F. (2004). Vitamin D: importance in the prevention of cancers, type 1 diabetes, heart disease, and osteoporosis. *Journal of Clinical Nutrition*. 79 (3) 362-371.
- Hollis, B.W. (2005). Circulating 25-Hydroxyvitamin D Levels Indicative of Vitamin D Sufficiency: Implications for Establishing a New Effective Dietary Intake Recommendation for Vitamin D. *J. Nutr.* 135 (2) 317-322.
- Intercell Pharma GmbH (2017). *Vitamin D*. Zugriff am 12.05.2017 unter <http://www.intercell-pharma.de/index.php?vitamin-d>
- Koeppe KK, Janot JM. A comparison of VO₂max and metabolic variables between treadmill running and treadmill skating. *J Strength Cond Res* 22: 497–502, 2008. In Fitzgerald, J.S., Peterson, B.J., Warpeha, J.M., Wilson, P.B., Rhodes, G.S. & Ingraham, S.J. (2014). Vitamin D Status and V[Combining Dot Above]O₂peak During a Skate Treadmill Graded Exercise Test in Competitive Ice Hockey Players. *Journal of Strength & Conditioning Research*. 28(11) 3200–3205. doi: 10.1519/JSC.0000000000000523
- Kremer, R., Campbell, P.P., Reinhardt, T. & Gilsanz, V. (2009). Vitamin D Status and Its Relationship to Body Fat, Final Height, and Peak Bone Mass in Young Women. *J Clin Endocrinol Metab*. 94(1):67-73. doi: 10.1210/jc.2008-1575.
- Latham, N.K., Anderson, C.S. & Reid, I.R. (2003). Effects of Vitamin D Supplementation on Strength, Physical Performance, and Falls in Older Persons: A

Systematic Review. *Journal of the American Geriatrics Society*. DOI: 10.1046/j.1532-5415.2003.51405.x

Luo G., Ducey P., McKee M.D., Pinero G.J., Loyer E., Behringer R.R. & Karsenty G. (1997). Spontaneous calcification of arteries and cartilage in mice lacking matrix GLA protein. *Nature*. 1997 Mar 6;386(6620):78-81. In Rotter D. *Vitamin D und Vitamin K*. Zugriff am 31.03.2017 unter <http://www.vitamind.net/vitamin-k/>

Masterjohn C. (2007). Vitamin D toxicity redefined: vitamin K and the molecular mechanism. *Med Hypotheses*. 2007;68(5):1026-34. In Rotter D. *Vitamin D und Vitamin K*. Zugriff am 31.03.2017 unter <http://www.vitamind.net/vitamin-k/>

Mic's Body Shop (2017). *Trainingsziel*. Zugriff am 29.03.2017 unter <https://www.micsbodyshop.de/trainingsziel>

Mic's Body Shop (2017b). *Vitamin D - Das Sonnenvitamin*. Zugriff am 29.03.2017 unter <https://www.micsbodyshop.de/vitamine/vitamin-d>

Pilz S., Frisch S., Koertke H., Kuhn J., Dreier J., Obermayer-Pietsch B., Wehr E. & Zittermann A. (2011). Effect of vitamin D supplementation on testosterone levels in men. *Horm Metab Res*. 43(3):223-5. doi: 10.1055/s-0030-1269854.

Rotter D. (o.J.). *Vitamin D und Vitamin K*. Zugriff am 31.03.2017 unter <http://www.vitamind.net/vitamin-k/>

Seibert, E., Lehmann, U., Riedel, A., Ulrich, C., Hirche, F., Bransch, C., Dierkes, J. & Girndt, M. (2015). Vitamin D3 supplementation does not modify cardiovascular risk profile of adults with inadequate vitamin D status. *Eur J Nutr*. doi:10.1007/s00394-015-1106-8

Steinbach, D. & Hartmann, S. (2007). Demografischer Wandel und organisierter Sport - Projektionen der Mitgliederentwicklung des DOSB für den Zeitraum bis 2030. *Sport und Gesellschaft - Sport and Society*, 4 (3), 223-242.

Surber, C. (2016). Sonnenschutz. Aktuelles zu immer wiederkehrenden Fragen. *Der informierte Arzt*, 16 (8), 29.

The Hut.com Ltd (2016). *Ihre Ziele*. Zugriff am 29.03.2017 unter <http://de.myprotein.com/your-goals.list>

Trivedi, D. P., Doll, R. & Khaw, K. T. (2002). Effect of four monthly oral vitamin D3 (cholecalciferol) supplementation on fractures and mortality in men and women living in the community: randomised double blind controlled trial. *BMJ*, 326. doi: <http://dx.doi.org/10.1136/bmj.326.7387.469>

- Verlag A.Vogel AG. (2017). Risikofaktoren. Die Risiken für Herz-Kreislauf-Erkrankungen. In A.Vogel. Zugriff am 6. März 2017, von http://www.avogel.de/ernaehrung_gesundheit/ihre-gesundheit/gesundheitssthemem/herz/herzinfarkt_risikofaktoren.php
- Vestcom. (2012). Reasons of U.S. consumers to take vitamins, minerals and nutritional supplements as of 2012. In Statista - The Statistics Portal. Zugriff am 29.11.2016 unter <https://www.statista.com/statistics/308645/reasons-us-consumers-use-vitamin-mineral-nutritional-supplements/>.
- VuMA. (2016). Anteil der Fitnessstudio-Nutzer in Deutschland, die in der Freizeit mindestens einmal im Monat ins Fitnessstudio gehen, nach Alter im Jahr 2015. In *Statista - Das Statistik-Portal*. Zugriff am 6. März 2017, von <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/537184/umfrage/fitnessstudio-nutzer-in-deutschland-nach-altersgruppen/>.

Eidesstattliche Versicherung

Hiermit versichere ich an Eides statt, dass ich diese Arbeit selbständig verfasst und keine anderen als die angegebenen Quellen und Hilfsmittel benutzt habe. Die Stellen meiner Arbeit, die dem Wortlaut oder dem Sinn nach anderen Werken und Quellen entnommen sind, habe ich unter Angabe der Quelle kenntlich gemacht. Dasselbe gilt sinngemäß für Tabellen, Karten und Abbildungen. Diese Arbeit habe ich in gleicher oder ähnlicher Form oder auszugsweise nicht im Rahmen einer anderen Prüfung eingereicht.

Eigenhändige Unterschrift