

Inhaltsverzeichnis

Abbildungsverzeichnis	III
Tabellenverzeichnis.....	V
Abkürzungsverzeichnis	VI
1 Einleitung	1
1.1 Hintergrund.....	1
1.2 Fragestellungen	3
2 Theoretische Grundlagen	4
2.1 Epidemiologie	4
2.2 Physiologie	4
2.2.1 Glucose Stoffwechsel	4
2.2.2 Insulin und seine Wirkung.....	5
2.3 Ätiologie und Pathogenese.....	7
2.4 Symptomatik.....	10
2.5 Diagnose	11
2.6 Therapie	13
2.7 Akute und chronische Komplikationen.....	17
2.8 Veränderte Gesundheitsparameter bei der Diagnose von T2DM	19
2.9 Körperliche Aktivität bei Typ 2 Diabetes mellitus	20
3 Methodik.....	23
3.1 Strategie bei der Literaturrecherche	23
3.2 Auswahl der Studien	24
3.3 Bewertung des Verzerrungsrisikos	24
3.4 Synthese und Analyse der Daten	27
4 Ergebnisse	32
4.1 Literatur und Studienauswahl.....	32
4.2 Risk of Bias, Bewertung von Verzerrungsrisiko.....	34
4.3 Charakteristik der eingeschlossenen Studien.....	36
4.3.1 Teilnehmer.....	40
4.3.2 Interventionsgruppe	41
4.3.3 Kontrollgruppe	43
4.3.4 Ergebnisparameter	44
4.4 Ergebnisse der Datenanalyse.....	45
4.4.1 Effekte der Schrittzählerinterventionen im Vergleich zu der Kontrollbehandlung auf die tägliche Schrittzahl und Gesundheitsparameter	45
4.4.1.1 Tägliche Schrittzahl	45

4.4.1.2	Gesundheitsparameter	46
4.4.2	Zusammenhang zwischen Veränderung täglicher Schrittzahl und Veränderung der Gesundheitsparametern	49
4.4.3	Effekte der Erhöhung täglicher Schrittzahl um mindestens 2500 Schritte.....	55
5	Diskussion	59
5.1	Effekte der Schrittzählerinterventionen	59
5.2	Effekte der Veränderung täglicher Schrittzahl.....	60
5.3	Effekte der Erhöhung täglicher Schrittzahl um mindestens 2500 Schritte	61
5.4	Schlussfolgerung für die Forschung und Praxis	62
5.5	Methodenkritik	65
6	Zusammenfassung	68
	Literaturverzeichnis.....	IX
	Anhangsverzeichnis.....	XVI

Abbildungsverzeichnis

<i>Abb. 1: Fördernde und hemmende Einflüsse auf die Insulin-Sekretion (modifiziert nach Herbert Renz-Polster & Steffen Krautzig, 2008, S. 855).....</i>	<i>6</i>
<i>Abb. 2. Entwicklung der Insulin-Sekretion und des Blutzuckerspiegels im Verlauf des Typ-2 Diabetes mit dem Endstadium des Sekundärversagens (Weid, 2018).....</i>	<i>8</i>
<i>Abb. 3: Entwicklung des Typ-2-Diabetes (modifiziert nach Herbert Renz-Polster & Steffen Krautzig, 2008, S. 862).....</i>	<i>9</i>
<i>Abb. 4: Recherche im Flussdiagramm.....</i>	<i>33</i>
<i>Abb. 5: Qualitätsbewertung der einzelnen Studien</i>	<i>35</i>
<i>Abb. 6: Effekte der Intervention gegen Kontrollbehandlung auf die tägliche Schrittzahl</i>	<i>46</i>
<i>Abb. 7: Effekte der Intervention gegen Kontrollbehandlung auf HbA1c-Wert.....</i>	<i>47</i>
<i>Abb. 8: Effekte der Intervention gegen Kontrollbehandlung auf BMI.....</i>	<i>47</i>
<i>Abb. 9: Effekte der Intervention gegen Kontrollbehandlung auf systolischen BD</i>	<i>48</i>
<i>Abb. 10: Effekte der Intervention gegen Kontrollbehandlung auf diastolischen BD.....</i>	<i>48</i>
<i>Abb. 11: Effekte der Intervention gegen Kontrollbehandlung auf Gesamtcholesterin.....</i>	<i>49</i>
<i>Abb. 12: Korrelation zwischen Δtägliche Schrittzahl und ΔHbA1c</i>	<i>52</i>
<i>Abb. 13: Korrelation zwischen Δtägliche Schrittzahl und ΔBMI.....</i>	<i>53</i>
<i>Abb. 14: Korrelation zwischen Δtägliche Schrittzahl und Δsystolischer Blutdruck.....</i>	<i>53</i>
<i>Abb. 15: Korrelation zwischen Δtägliche Schrittzahl und Δdiastolischer Blutdruck.....</i>	<i>54</i>
<i>Abb. 16: Korrelation zwischen Δtägliche Schrittzahl und ΔGesamtcholesterin.....</i>	<i>54</i>
<i>Abb. 17: Effekte der Erhöhung täglicher Schrittzahl um mindestens 2500 Schritte auf HbA1c-Wert</i>	<i>56</i>
<i>Abb. 18: Effekte der Erhöhung täglicher Schrittzahl um mindestens 2500 Schritte auf BMI..</i>	<i>56</i>
<i>Abb. 19: Effekte der Erhöhung täglicher Schrittzahl um mindestens 2500 Schritte auf SBD.</i>	<i>57</i>
<i>Abb. 20: Effekte der Erhöhung täglicher Schrittzahl um mindestens 2500 Schritte auf DBD.</i>	<i>57</i>
<i>Abb. 21: Effekte der Erhöhung täglicher Schrittzahl um mindestens 2500 Schritte auf Gesamtcholesterin</i>	<i>58</i>
<i>Abb. 22: Effekte der Intervention gegen Kontrollbehandlung auf Taillenumfang</i>	<i>XXXI</i>
<i>Abb. 23: Effekte der Intervention gegen Kontrollbehandlung auf LDL.....</i>	<i>XXXI</i>
<i>Abb. 24: Effekte der Intervention gegen Kontrollbehandlung auf HDL</i>	<i>XXXI</i>
<i>Abb. 25: Effekte der Intervention gegen Kontrollbehandlung auf Triglyzeride</i>	<i>XXXII</i>
<i>Abb. 26: Korrelation zwischen Δtägliche Schrittzahl und ΔTaillenumfang.....</i>	<i>XXXIII</i>
<i>Abb. 27: Korrelation zwischen Δtägliche Schrittzahl und ΔLDL.....</i>	<i>XXXIII</i>
<i>Abb. 28: Korrelation zwischen Δtägliche Schrittzahl und ΔHDL.....</i>	<i>XXXIV</i>
<i>Abb. 29: Korrelation zwischen Δtägliche Schrittzahl und ΔTriglyzeride.....</i>	<i>XXXIV</i>
<i>Abb. 30: Effekte der Erhöhung täglicher Schrittzahl um mindestens 2500 Schritte auf Taillenumfang.....</i>	<i>XXXV</i>

Abb. 31: Effekte der Erhöhung täglicher Schrittzahl um mindestens 2500 Schritte auf LDL.....XXXV

Abb. 32: Effekte der Erhöhung täglicher Schrittzahl um mindestens 2500 Schritte auf HDL.....XXXVI

Abb. 33: Effekte der Erhöhung täglicher Schrittzahl um mindestens 2500 Schritte auf Triglyzeride.....XXXVI

Tabellenverzeichnis

<i>Tab. 1: Kriterien zur Diagnose eines Diabetes mellitus (modifiziert nach Herbert Renz-Polster & Steffen Krautzig, 2008, S. 866)</i>	12
<i>Tab. 2: Insulinpräparate (modifiziert nach Herbert Renz-Polster & Steffen Krautzig, 2008, S. 875)</i>	16
<i>Tab. 3: Risk of Bias Toolbeschreibung</i>	25
<i>Tab. 4: Charakteristik der eingeschlossenen Studien</i>	37
<i>Tab. 5: Effekte der Intervention gegen Kontrollbehandlung auf die Gesundheitsparameter</i> ..	46
<i>Tab. 6: Übersicht von Delta-Werte für tägliche Schrittzahl und Gesundheitsparameter</i>	50
<i>Tab. 7: Korrelation zwischen der Veränderung täglichen Schrittzahl und Veränderung von Gesundheitsparameter</i>	52
<i>Tab. 8: Effekte der Erhöhung täglicher Schrittzahl um mindestens 2500 Schritte</i>	55

Abkürzungsverzeichnis

Abb.	Abbildung
BD	Blutdruck
BMI	Body-Mass-Index
bspw.	beispielsweise
BZ	Blutzucker
bzw.	beziehungsweise
ca.	zirka
CCK	Cholecystkinin
cm	Zentimeter
C-Peptide	Connecting peptide
d	Cohens d
DBD	diastolischer Blutdruck
df	Freiheitsgrade
d. h.	das heißt
dl	Deziliter
DM	Diabetes mellitus
ebd.	ebenda, gerade dort
et al.	und andere
g	Gramm
GIP	Glucoseabhängiges insulinotrope Peptide
GLP 1	Glucagon-like Peptide-1
GLUT-4	Glucosetransporter 4
h	Stunde
HbA1c	glykosylierte Hämoglobin
HDL	High Density Lipoprotein
HOMA-IR	Homa-Index, Homeostasis Model assessment
I ²	Heterogenität
IG	Interventionsgruppe
KG	Kontrollgruppe
kg	Kilogramm
KH	Kohlenhydrate
KHK	koronare Herzkrankheit
km	Kilometer
l	Liter

Abkürzungsverzeichnis

LDL	Low Density Lipoprotein
m	Meter
MDA	Malondialdehyd
MET	metabolische Äquivalent
mg	Milligramm
min	Minute
ml	Milliliter
mmol	Millimol
Mo	Monate
MW	Mittelwert
n	Anzahl/ Summe
NHP-Insuline	Intermediärinsuline
O ₂	Sauerstoff
OGTT	orale Glucosetoleranztest
p	Signifikanz
PAI-1	Plasminogen-Aktivator-Inhibitor Typ 1
pH	Potenzial des Wasserstoffs
PNS	peripheres Nervensystem
PWV	Pulswellengeschwindigkeit
r	Korrelationskoeffizient
RoB	Risk of Bias, Verzerrungsrisiko
RTC	randomisierte kontrollierte Studie
s	gepoolte Standardabweichung
SBD	systolischer Blutdruck
SD	Standardabweichung
SE _d	Standardfehler
SGLT-2	insulinabhängiger Natrium/Glucose-Cotransporter
t	berechnete Differenz
T0	Messzeitpunkt vor der Intervention
T1	Messzeitpunkt direkt nach der Intervention
T1DM	Typ 1 Diabetes mellitus
T2DM	Typ 2 Diabetes mellitus
Tab.	Tabelle
TN	Teilnehmer
TRAP	Tartrat-resistente saure Phosphatase
u. a.	unter anderen

Abkürzungsverzeichnis

v_d	Varianz
v. a.	vor allem
$VO_{2_{max}}$	maximale Sauerstoffaufnahme
\bar{x}	mittlere Differenz
ZNS	zentrales Nervensystem
α	Signifikanzniveau
α_2	alpha-2
β -Zellen	Beta-Zellen
Δ	Differenz

Aus Gründen der leichteren Lesbarkeit wird in der vorliegenden Hausarbeit die gewohnte männliche oder weibliche Sprachform bei personenbezogenen Substantiven und Pronomen verwendet. Dies impliziert jedoch keine Benachteiligung des anderen Geschlechts, sondern soll im Sinne der sprachlichen Vereinfachung als geschlechtsneutral zu verstehen sein.

1 Einleitung

1.1 Hintergrund

Diabetes mellitus Typ 2 bezeichnet einen Überbegriff für Stoffwechselerkrankungen, die sich durch den erhöhten Blut- und Urinzucker auswirken. Neben dem tiefgreifend gestörten Kohlenhydratstoffwechsel werden auch der Fett- und Eiweißstoffwechsel gestört (Herbert Renz-Polster & Steffen Krautzig, 2008). Dadurch ist T2DM mit einer Reihe von gesundheitsbezogenen Komplikationen verbunden. Mit dem Grad der Hyperglykämie und der Dauer der Erkrankung steigt das Risiko für die Entwicklung von makrovaskulären und mikrovaskulären Komplikationen wie Neuropathie, Nephropathie, Retinopathie, Myokardinfarkt und Schlaganfall (American Diabetes Association, 2003).

Aufgrund von zunehmender Prävalenz und Inzidenz ist Diabetes zu einer weitverbreiteten Epidemie geworden. Zwischen den Jahren 1980 und 2014 ist die Zahl der Menschen mit Diabetes auf das Vierfache, nämlich 422 Millionen gestiegen (World Health Organisation, 2022). Im Jahr 2019 war Diabetes die direkte Ursache für 1,5 Millionen Todesfälle. Zusätzlich wurden weitere 460 000 Todesfälle bei Niereninsuffizienz durch Diabetes und ca. 20 % der kardiovaskulären Tode durch den gesteigerten Blutzuckerspiegel verursacht. Aufgrund von Diabetes ist die altersstandardisierte Sterblichkeitsrate zwischen den Jahren 2000 und 2009 um 3 % gestiegen (ebd.). Der größte Begünstigungsrisikofaktor für die steigende Prävalenz ist dabei die zunehmende körperliche Inaktivität in den Entwicklungsländern und die damit verbundene Entwicklung der Fettleibigkeit (Di Loreto et al., 2005). Es gibt einen J-förmigen Zusammenhang zwischen dem BMI und der Gesamtmortalität bei Erwachsenen mit dem T2DM, was darauf hinweist, dass fettleibige oder übergewichtige Patienten eine höhere Sterblichkeitsrate im Vergleich zu den normalgewichtigen Patienten aufweisen (Tobias et al., 2014).

Das Ziel des Diabetesmanagements ist es, das gesunde Leben der Patienten zu verlängern, indem diabetische Komplikationen vermieden werden und die Verbesserung der Lebensqualität angestrebt wird. Um dies zu erreichen, ist es wichtig, eine Kontrolle über den Blutzuckerspiegel und das Körpergewicht zu haben. Einer der Hauptfaktoren, die dem T2DM zugrunde liegen, ist ein Ungleichgewicht zwischen Energieaufwand und Energieaufnahme. Mit körperlicher Inaktivität geht die Abnahme des Energieumsatzes einher, die entscheidend für die Entwicklung von Adipositas, Insulinresistenz und T2DM ist. Dabei stellt die regelmäßige körperliche Aktivität ein wichtiges Potenzial nicht nur für Diabetespatienten, sondern auch für gesunde Menschen dar. Körperlicher Aktivität erhöht die Energieaufnahme und kann die bei T2DM diabetesbedingten Komplikationen verbessern (Taylor, 2008). Die regelmäßige

Teilnahme an moderater bis starker körperlicher Aktivität wird als eine Schlüsselstrategie zur Prävention und Behandlung von Typ-2-Diabetes mellitus (Colberg et al., 2016). Es gibt zahlreiche Hinweise darauf, dass die regelmäßige körperliche Aktivität positive Auswirkungen auf Patienten mit T2DM hat. Snowling & Hopkins (2006) sind zu den Ergebnissen gekommen, dass regelmäßige aerobe körperliche Aktivität zur Verminderung des HbA1c-Wertes, der Triglyceriden, des Blutdrucks und der Insulinresistenz führt. Weiterhin verbessert die regelmäßige körperliche Aktivität die Lebensqualität und das Sterblichkeitsrisiko (Chen et al., 2015; Sluik et al., 2012). Somit ist die Aufrechterhaltung von körperlicher Aktivität ein entscheidender Faktor für die Blutzuckereinstellung und die allgemeine Gesundheit von Menschen mit Diabetes und Prädiabetes. Leider ist die Mehrheit der Menschen mit der Diagnose von T2DM entweder nicht oder wenig körperlich aktiv, als Menschen ohne Diabetes (Morrato et al., 2007). Eine gesteigerte körperliche Aktivität wird in der Regel durch komplexe und ressourcenintensive Interventionen erreicht, die aufgrund begrenzter und ungleichmäßig verteilter Ressourcen der medizinischen Versorgung nicht immer möglich sind. Bisherige Interventionen erzielten in der Regel nur schwache oder mäßige Wirkungen (Avery et al., 2012). Dementsprechend stellt die Steigerung der körperlichen Aktivität in dieser Bevölkerungsgruppe eine Herausforderung dar.

Dies führt zu dem Fakt, dass eine geeignete, effektive und leichter umsetzbare Intervention benötigt wird, um die körperliche Bereitschaft bei T2DM zu steigern und den negativen Komplikationen vorzubeugen. Eine Möglichkeit für Umsetzung könnten Geräte zur Überwachung der körperlichen Aktivität, u. a. Schrittzähler, sein, die in der allgemeinen Bevölkerung kommerzielle Erfolge verschaffen, Akzeptanz in der Öffentlichkeit bedeuten und die Begeisterung für die Selbstbeobachtung stärken. Die Schrittzähler geben dabei ein sofortiges Feedback über die Anzahl der zurückgelegten Schritte. Es handelt sich um einen einfachen und kostengünstigen Bewegungssensor, der am Körper getragen wird. Die Schrittzähler können das Bewegungsverhalten bewerten oder Menschen zur Bewegung motivieren. Alleine das Gehen zählt zu aerobem Training, erhöht den täglichen Energieverbrauch und hilft Patienten mit T2DM beim Management des Körpergewichts durch den Einsatz der großen Muskelgruppen des Körpers (Colberg et al., 2016). Besonders bei einer körperlichen Aktivität geringer oder mäßiger Intensität, die die Anforderungen des zügigen Gehens nicht übersteigt, wird bei asymptomatischen Patienten keine vorherige ärztliche Abklärung gebraucht, was die Flexibilität und Selbstständigkeit steigern kann (ebd.). Da Schrittzähler erst in den letzten Jahren an Beliebtheit gewonnen haben, gibt es hier im Sinne einer unbeaufsichtigten Intervention noch Forschungsbedarf. Bisherige Metaanalysen konnten zeigen, dass der Einsatz von Schrittzähler bei Erwachsenen mit T2DM die körperliche Aktivität bemerkbar steigern (Baskerville et al., 2017) bzw. den BMI senken kann (Cai et al.,

2016). Zusammenfassend kann das Gehen bei Patienten mit T2DM erfolgreich eingesetzt und durchgeführt werden (Baskerville et al., 2017; Qiu, Cai, Schumann et al., 2014). Die Ergebnisse in Bezug auf die Auswirkungen auf die Gesundheitsparameter bleiben jedoch fraglich bzw. offen. Auch nähere Empfehlungen für die Umsetzung von Schrittzählern für Patienten mit T2DM sind ungeklärt.

1.2 Fragestellungen

Diese Arbeit besteht aus zwei Teilen: In dem ersten Teil werden die wichtigsten theoretischen Grundlagen zum Diabetes mellitus Typ 2 sowie die Wirkung der körperlichen Aktivität auf die Gesundheitsparameter bei Patienten mit T2DM vorgestellt. Der zweite Teil befasst sich mit der Literaturübersicht und -analyse. Es werden potenzielle Studien ausgewählt, die Schrittzählerintervention zur Steigerung und/oder Überwachung der körperlichen Aktivität benutzen und deren Einfluss auf die tägliche Schrittzahl sowie die Gesundheitsparameter bei Patienten mit Diabetes mellitus Typ 2 bewerten. Durch diese Analyse soll eine günstige Form der Schrittzählerintervention gefunden werden, um die Patienten zur regelmäßigen körperlichen Aktivität zu motivieren und dadurch bessere gesundheitliche Ergebnisse zu erzielen. Ziel dieser Arbeit ist es, die Wirksamkeit von Schrittzählern zu verstehen und diese als mögliche einfach einsetzbare Intervention bei der Behandlung von T2DM zu bewahren. Es werden vorrangig folgende Fragestellungen untersucht:

Haben die Schrittzählerinterventionen im Vergleich zur Kontrollgruppe einen Effekt auf BMI, Blutdruck und Blutparameter und auf die tägliche Schrittzahl bei Patienten mit Diabetes mellitus Typ 2?

Wie wirkt sich die Veränderung der täglichen Schrittzahl infolge von Schrittzählerinterventionen auf BMI, Blutdruck und Blutparameter bei Patienten mit Diabetes mellitus Typ 2 aus?

Hat eine Erhöhung der täglichen Schrittzahl von mindestens 2500 Schritten infolge einer Schrittzählerinterventionen einen Effekt auf BMI, Blutdruck und Blutparameter bei Patienten mit Diabetes mellitus Typ 2?

2 Theoretische Grundlagen

In diesem Kapitel wird Diabetes mellitus vorgestellt und auf verschiedene Aspekte der Erkrankung eingegangen. Es werden Epidemiologie, Physiologie, Ätiologie und Pathogenese, Symptomatik, Diagnose, Therapie, akute und chronische Komplikationen sowie veränderte Gesundheitsparameter bei der Erkrankung erläutert. Anschließend werden die Auswirkungen der körperlichen Aktivität bei den Patienten mit T2DM beschrieben.

2.1 Epidemiologie

Sowohl die Zahl der Todesfälle aufgrund von Diabetes als auch die Prävalenz von Diabetes haben in den letzten Jahrzehnten stetig zugenommen. Im Jahr 2014 waren 8,5 % der Erwachsenen im Alter von mindestens 18 Jahren an Diabetes betroffen. Dies entspricht der Anzahl von 422 Millionen Menschen (World Health Organisation, 2022). Deutschlandweit gab es eine Ausbreitung der Erkrankung auf 7,2 %, was 4,6 Millionen der Erwachsenen im Alter von 18 bis 79 Jahren mit Diabetes betrifft. Dazu wird bei weiteren 2,0 % der Erwachsenen (1,3 Millionen) noch ein unentdeckter Diabetes eingerechnet. Von allen Diabeteserkrankungen sind ca. 90 % dem Typ-2-Diabetes zuzuordnen (Robert Koch-Institut, 2016). Auch folgende Kapitel beschäftigen sich mit Typ 2 Diabetes mellitus.

In Folge von immer mehr verbreiteten Risiken wie Bewegungsmangel, Fehlernährung und Übergewicht nimmt die Häufigkeit der Erkrankung weltweit zu (Herbert Renz-Polster & Steffen Krautzig, 2008). Im Vergleich zum Jahr 1998 ist die Prävalenz um etwa zwei Prozent gestiegen (Robert Koch-Institut, 2016). Nach Rowley et al. (2017) wird Diabetes zukünftig für die öffentliche Gesundheit eine große Belastung, da sich die Prävalenz von Diabetes bis 2030 voraussichtlich verdoppeln wird.

2.2 Physiologie

2.2.1 Glucose Stoffwechsel

Glucose ist ein wichtiger Energielieferant des menschlichen Körpers. Nebenbei ist sie auch Ausgangsstoff für die Energiespeicherung in Form von Glykogen und Fett und für die Synthese von Proteinen verantwortlich (Herbert Renz-Polster & Steffen Krautzig, 2008). Jeder menschliche Erwachsene bedarf 2-4 mg/kg/min Glucose, die sich zum Großteil in über die Nahrung aufgenommenen Kohlenhydraten befindet. Viele Organe können zwar ihren Energiebedarf

aus dem Abbau von Aminosäuren und Fetten decken, währenddessen die Blutkörperchen und das ZNS auf eine kontinuierliche Versorgung mit Glucose angewiesen sind. In Ausnahmefällen, z.B. beim Fasten, kann sich das ZNS nach einer gewissen Zeit anpassen und den Energiebedarf teilweise aus dem Abbau von Ketonkörpern decken (ebd.).

Der Glucosespiegel, auch Blutzuckerspiegel genannt, ist ein wichtiger Messwert, der sich auf ganzen Organismus auswirkt. Um das über Tag ständig schwankende Glucoseangebot und den Glucosebedarf zu verwalten, verfügt der Körper über einen Regulationsmechanismus. Je nach Bedarf kann die Glucose durch Gluconeogenese aus Aminosäuren und Fetten gespeichert oder in die Zellen eingeschleust werden. Der Blutzuckerspiegel wird von mehreren Determinanten reguliert, darunter zählen die exogene Glucosezufuhr, die endogene Glucose-Bilanz, der Insulin-Spiegel, kontrainsulinäre Hormone, die Insulin-Sensitivität der Körperzellen sowie das Ausmaß der insulinunabhängigen Glucose-Aufnahme. Die Insulin-Wirkung hat dabei den Haupteinfluss (ebd.).

Herbert Renz-Polster & Steffen Krautzig (2008) listen die physiologischen sowie unphysiologischen Blutzuckerwerte auf. Durch den funktionierenden Regulationsmechanismus wird der Blutzuckerspiegel auf 80 ± 20 mg/dl ($4,5 \pm 1$ mmol/l) eingestellt. Liegt der Wert unter 45 mg/dl (2,5 mmol/l), besteht eine Hypoglykämie. Im Gegensatz dazu besteht oberhalb 126-140 mg/dl (7,0-7,8 mmol/l) eine Hyperglykämie. Da der physiologische Bereich des Blutzuckers von der Energiezufuhr beeinflusst wird, liegt dieser dem Essen zwischen 100-140 mg/dl und im nüchternen Zustand nimmt er Werte von 60-110 mg/dl ein. Wird die Nierenschwelle¹ überschritten, was ab einem Wert von 180 mg/dl (10 mmol/l) erfolgt, kommt es zu einer hohen Ausscheidung von Glucose mit dem Urin.

2.2.2 Insulin und seine Wirkung

Insulin ist der wichtigste Kontrollfaktor für die Regulation von Glucose (Herbert Renz-Polster & Steffen Krautzig, 2008). Er wird in den β -Zellen der Langerhans-Insel des Pankreas produziert. Dessen Serumspiegel spiegelt in etwa den gegenwärtigen Ernährungszustand wider: Wenn Nahrung absorbiert wird, erhöht er sich und bei Hungerzustand reduziert er sich. Die durch Glucose regulierte Insulin-Sekretion wird auch von basaler Insulinsekretion begleitet, deren Gipfel am frühen Morgen und am späten Nachmittag ist. Nebenbei gibt es noch andere Faktoren, die die Insulinsekretion beeinflussen: die β -Zellen können auch von bestimmten Aminosäuren v. a. Leucin stimuliert werden genau wie bspw. die gastrointestinalen Hormone, Aminosäuren, Fettsäuren den Glucose-effekt an den β -Zellen verstärken können. Gehemmt

¹ Normalerweise wird die Glucose aus dem Primärharn fast vollständig resorbiert, wird jedoch die Nierenschwelle überstiegen, ist die Rückresorptionskapazität erschöpft und es kommt zu unphysiologisch hoher Ausscheidung von Glucose mit dem Urin.

werden kann die Insulinsekretion durch Insulin selbst, Noradrenalin und Adrenalin. Auch chronisch hohe Glucose-Konzentrationen vermindern die Insulin-Ausschüttung als Reaktion auf den Glucose-Reiz (ebd.). Für eine bessere Veranschaulichung zeigt die Abbildung 1 alle fördernden und hemmenden Einflüsse auf die Insulinsekretion.

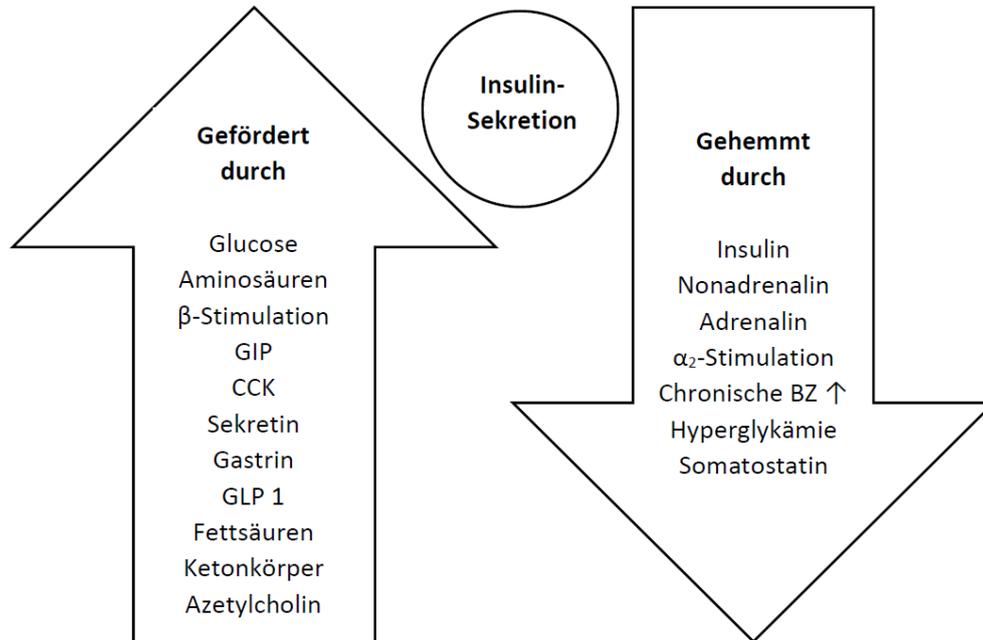


Abb. 1: Fördernde und hemmende Einflüsse auf die Insulin-Sekretion (modifiziert nach Herbert Renz-Polster & Steffen Krautzig, 2008, S. 855)

Insulin beeinflusst den Kohlenhydrat-, Fett- und Proteinstoffwechsel, indem es die anabolen Stoffwechselvorgänge (Glykogen-, Lipid- und Proteinsynthese) steigert und den Katabolismus (Glykogenolyse, Lipolyse und die Proteolyse bzw. Gluconeogenese) hemmt. Bei dem Kohlenhydratstoffwechsel fördert Insulin die Glucose-Aufnahme in die Muskel- und Fettzellen und die Glykogen-Synthese in den Leber- sowie Muskelzellen. Weiterhin hemmt er die Glykogenolyse sowie Gluconeogenese. Bei dem Fettstoffwechsel wirkt sich Insulin auf die Förderung der Fettsynthese durch Erhöhung der Aufnahme von freien Fettsäuren in die Leber- und Fettzellen und Hemmung der Lipolyse sowohl in Fett- als auch in Muskelzellen aus. Bei dem Proteinstoffwechsel fördert Insulin die Aminosäureaufnahme in die Leber-, Muskel- und Fettzellen und steigert die Proteinsynthese im Leber-, Muskel- und Fettgewebe durch Aktivierung der Ribosomen (Herbert Renz-Polster & Steffen Krautzig, 2008).

Für unseren Organismus ist es wichtig, einen optimalen Insulin-Spiegel zu halten, da der Insulinmangel oder -überschuss verschiedene Auswirkungen auf unseren Mechanismus hat. Diese Auswirkungen fassen Herbert Renz-Polster & Steffen Krautzig (2008) zusammen. Durch Insulinmangel kann der Glucose-, Fett- sowie Eiweißstoffwechsel nicht optimal stattfinden.

Dies alles hängt mit den oben beschriebenen Aufgaben von Insulin zusammen. Durch den Insulinmangel wird die Glucose vermindert in die Zellen aufgenommen und die Gluconeogenese in der Leber steigt. Das führt zur Blutzuckerspiegelerhöhung und es kommt zur osmotischen Diurese mit Wasser- und Elektrolytverlusten. Bei dem Fettstoffwechsel werden in der Leber die Triglyzeride zu freier Fettsäure abgebaut, was zu Reaktionen wie ketoazidotischem Koma und damit zu metabolischer Acidose führt (s. Kapitel 2.7 Akute und chronische Komplikationen). Bei dem Eiweißstoffwechsel kommt es in den Muskel- und Leberzellen zur gesteigerten Proteolyse mit nachfolgender Harnstoffbildung und Eiweißverlusten aus den Muskelzellen. Dadurch kommt es zum Muskelverlust. Bei einem Insulinüberschuss entsteht akut eine Hypoglykämie, chronisch werden die anabolen Stoffwechselwirkungen und die Gewebe geschädigt. Insulin wirkt mit seinen Stoffwechselwirkungen anabol und durch die Hemmung der Lipolyse und Proteolyse antikatabol. Insulin hat auch einen wachstumsfördernden Effekt, was im hohen Maß für den Mechanismus negativ ist. Ein chronischer Insulinüberschuss fördert die Entstehung der Atherosklerose und der Hypertonie (ebd.).

Die Wirkung von Insulin ist nicht nur von seinem Spiegel abhängig, sondern auch von der Sensitivität der Insulin-Rezeptoren an den Zelloberflächen der Körperzellen. Über diese Rezeptoren, die den Glucose-Einstrom in die Zelle vermitteln, wirkt sich das Insulin aus. Bei dem metabolischen Syndrom, chronischer Hyperglykämie und Hyperinsulinämie ist die Sensitivität der Insulinrezeptoren vermindert. Dies bezeichnet man als Insulinresistenz (ebd.). Mit den Worten von Greten (2005) wird die Insulinresistenz als eine verminderte biologische Antwort auf eine definierte Insulinkonzentration beschrieben.

2.3 Ätiologie und Pathogenese

Im Vergleich zu T1DM, bei dem es sich um einen Insulinmangel handelt, wird bei Patienten mit T2DM der Glucosestoffwechsel und die Insulinwirkung gestört. Die Erkrankung wird durch die Verminderung der Insulinwirkung an den Zielgeweben und Störung der Insulinsekretion der pankreatischen β -Zellen charakterisiert. Bisher ist jedoch unklar, was eine primäre und was eine sekundäre Störung auslöst. Einige Meinungen sprechen dafür, dass die Insulinresistenz die primäre Störung mit einer sekundär entstehenden Hyperinsulinämie ist. Dem entgegen stehen aber auch die Vorschläge, dass primär eine Störung der pankreatischen Insulinsekretion vorliegt, was sekundär eine Insulinresistenz bedingen könnte (Greten, 2005).

Eine Insulinresistenz wirkt sich auf die Glucosehomöostase als Insulinmangel aus, indem die Glucoseaufnahme insbesondere von Muskel-, aber auch von Fettgewebe vermindert wird. Infolgedessen wird die Glucoseproduktion in dem Pankreas durch Insulin nur ungenügend gehemmt. Die Insulinresistenz und deren molekularer Mechanismus ist bisher nicht eindeutig

geklärt. Da Adipositas die Insulinresistenz begünstigt, hat möglicherweise das aus dem Fettgewebe stammende Adiponectin eine pathogenetische Bedeutung (ebd.). Damit die Normoglykämie bei einer Insulinresistenz aufrechterhalten wird, wird zunächst mehr Insulin von den β -Zellen in dem Pankreas produziert. Dies ist jedoch langfristig durch die Pankreaskapazität limitiert. Nach einigen Jahren sind die β -zellen nicht mehr in der Lage, mit dem notwendigen erhöhten Insulin-Bedarf mitzuhalten. In einem jahrelangen Krankheitsverlauf nimmt die Insulinsekretion progredient ab und es manifestiert sich ein zunehmender Insulinmangel (Abb. 2). Dadurch übersteigt der Blutzuckerspiegel die Normwerte und es entwickelt sich eine Nüchternhyperglykämie mit T2DM (Halle et al., 2008).

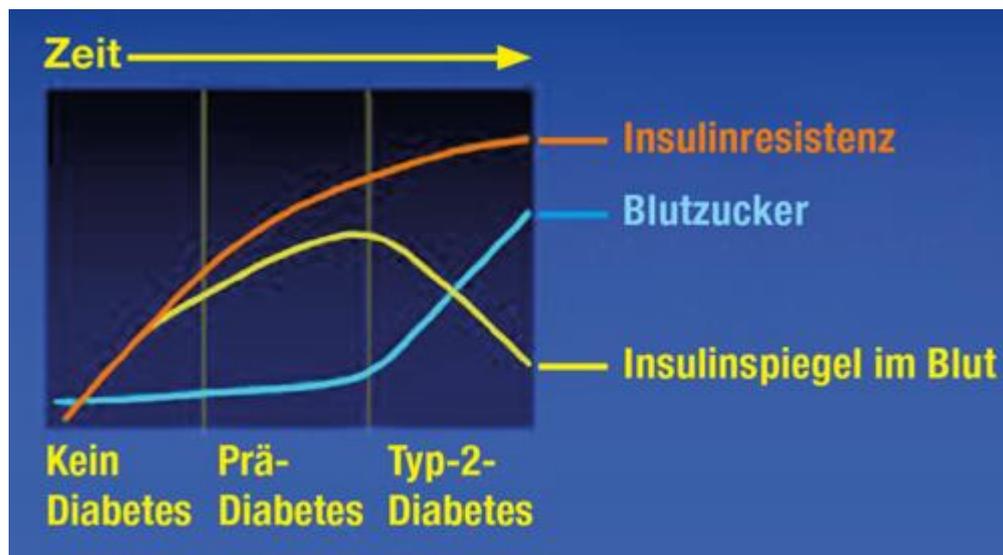


Abb. 2. Entwicklung der Insulin-Sekretion und des Blutzuckerspiegels im Verlauf des Typ-2 Diabetes mit dem Endstadium des Sekundärversagens (Weid, 2018)

Eine Erschöpfung der Insulinsekretion kann eine Insulinabhängigkeit verursachen. Ebenso führt die Insulinresistenz zu einer gesteigerten Lipolyse mit Triglyzeriderhöhung, einer Erhöhung des extrazellulären Natriumgehalts sowie einer stammbetonten Fettsucht, was dem metabolischen Syndrom entspricht. Das metabolische Syndrom, auch Syndrom X genannt, betrifft 22-39 % der erwachsenen Bevölkerung und kann auch als Vorstufe von Diabetes angesehen werden. Das Syndrom wird durch abdominelle Adipositas, Hyperinsulinämie, Dyslipoproteinämie und arterielle Hypertonie gekennzeichnet (Herbert Renz-Polster & Steffen Krautzig, 2008). Herbert Renz-Polster & Steffen Krautzig (2008) beschreiben die Risikofaktoren für die Entstehung von T2DM. Dabei spielen die genetischen Prädispositionen eine Rolle, wobei der zugrundeliegende genetische Defekt unbekannt und wahrscheinlich heterogen ist. Unter Geschwistern liegt die Prävalenz bei 38 %, bei Kindern von Typ-2-Diabetikern bei 21 %. Ein gesteigertes Krankheitsrisiko entwickelt sich unter soziobiologischen Faktoren, die mangelnde körperliche Aktivität und Überernährung umfassen. 90 % der Diabetiker sind adipös, was stark

mit der heutzutage steigenden hochkalorischen Ernährung zusammenhängt. Somit entwickelt sich die Krankheit zunehmend und schon im jüngeren Alter, sowie bei Kindern. Durch eine langfristige Überernährung entsteht eine Insulinresistenz, indem das Insulin mehr sekretiert wird und nachfolgend die peripheren Insulin-Rezeptoren reduziert werden. Andererseits kann die Insulinresistenz auch durch Bewegungsmangel entstehen, indem die gesteigerte Insulin-konzentration durch den Abfall der insulinabhängigen Glucose-Aufnahme in die Muskelzelle verursacht wird (Abb. 3).

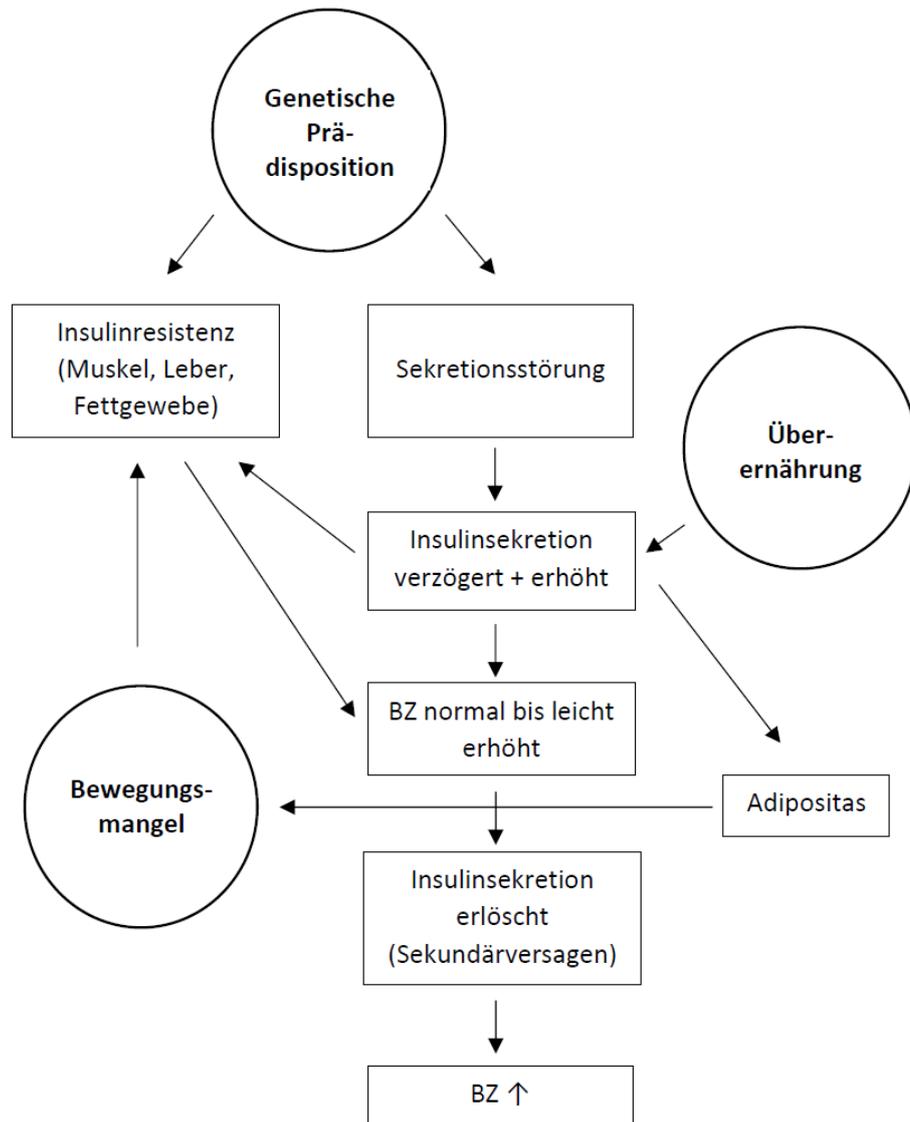


Abb. 3: Entwicklung des Typ-2-Diabetes (modifiziert nach Herbert Renz-Polster & Steffen Krautzig, 2008, S. 862)

Auch Halle et al. (2008) schreiben der körperlichen Inaktivität eine wesentliche Rolle zu, da dadurch die metabolischen Auswirkungen auf den Muskelstoffwechsel verursacht werden. Die Auswirkungen sind 1. eine geringe oxidative Anwendung der plasmatischen und intramuskulären Fettsäuren, 2. ein verminderter Anteil an oxidativen Typ-1-Muskelfasern, 3. eine

erniedrigte Aktivität von oxidativen Enzymen des Citratzyklus und 4. eine niedrigere Translokation von GLUT-4-Transporter an die Muskelmembran mit der Folge einer erniedrigten transmembranösen Glucose-Aufnahme und verschlechterter Glucosetoleranz (ebd.). Nach Schwarz et al. (2022) gelten als weitere Risikofaktoren Rauchen oder bestimmte Medikamente, die den Zuckerstoffwechsel verschlechtern. Dies sind bspw. die Verhütungspille, Antidepressiva, Diuretika und Blutdrucksenker. Neben den genannten Faktoren wie Adipositas, Überernährung, körperliche Inaktivität und Medikamente sind noch Schwangerschaft, Lebererkrankungen, Endokrinopathien², Stressfaktoren wie bspw. Infektionen, Traumen oder Myokardinfarkte zu beachten (Greten, 2005).

2.4 Symptomatik

Der hohe Blutzuckerspiegel löst eine Reihe von Symptomen aus. Diese sind u. a. vermehrter Harndrang, starker Durst, allgemeine Schwäche, Müdigkeit, Juckreiz, vermehrte Infektionen durch Abwehrschwäche, Schmerzen durch Folgeerkrankungen, Empfindungsstörungen oder Beeinträchtigung der Sehfunktion (Schwarz et al., 2022).

Durch den hohen Blutzuckerspiegel kommt es zu einer starken Veränderung des Wasser- und Mineralhaushaltes. Die Nieren scheiden mit dem Urin vermehrt Zucker aus, Zucker bindet Wasser und dementsprechend werden große Harnmengen ausgeschieden. Somit entsteht ein vermehrter Harndrang. Der vermehrte Flüssigkeitsverlust hat zur Folge, dass der Körper mehr Wasser konsumieren muss, um den Verlust zu kompensieren. Das ist jedoch schwierig nachzuholen und somit lässt sich der Durst schwer bekämpfen. Da die Glucose im Blut als Hauptenergielieferant nicht richtig in die Zellen aufgenommen werden kann, kann der Körper die benötigte Energie nicht gewinnen. Dies wirkt sich einerseits auf den ganzen Körper und die Muskeln und andererseits auf das Gehirn aus. Angefangen von einer Konzentrationsschwäche, Kopfschmerzen und Müdigkeit kann sich dies bis hin zu schweren Bewusstseinsstörungen und Koma entwickeln. Der erhöhte Blutzuckerspiegel schwächt das Immunsystem und erhöht die Anfälligkeit für Infektionen der Haut und Schleimhaut sowie der Harnwege. Außerdem können unspezifische Symptome wie Juckreiz oder trockene Haut vorkommen. Trotz aller genannten Symptome weist die Krankheit oft lange Zeit einen asymptomatischen Verlauf auf (ebd.).

Bei nicht diagnostizierter oder nicht gut eingestellter T2DM können Folgeerkrankungen und -schäden entstehen. Wenn das periphere Nervensystem betroffen ist, kommt es zur Schädigung von motorischen, sensiblen und vegetativen Nervenbahnen, was oft ein gestörtes Schmerzempfinden oder abgeschwächte Muskelkoordination verursacht. Die Schädigung von

²=Erhöhung kontrainsulinärer Hormone

vegetativen Nerven kann Durchfall oder andere Verdauungsprobleme auslösen. Neben dem PNS sind auch die Blutgefäße betroffen, angefangen von den kleinsten Kapillaren bis zu den großen Blutgefäßen. Dadurch entstehen Durchblutungsstörungen, welche Auswirkungen auf verschiedene Organe auslösen können. Wird die Herzmuskulatur unterversorgt, kann eine Herzinsuffizienz, koronare Herzkrankheit oder ein Herzinfarkt entstehen. Eine ineffiziente Versorgung von Gehirngefäßen kann neurologische Ausfallerscheinungen oder sogar Schlaganfälle auslösen. Entsteht eine Netzhautschädigung, auch diabetische Retinopathie genannt, kann es zu Sehunschärfe, eingeschränktem Farbsehen und schließlich Sehkraftverlust bis zur Erblindung kommen. Wird das Nierengewebe beschädigt, endet das oft in einer gestörten Nierenfunktion (Niereninsuffizienz). Durch Gefäßschäden in der Haut entstehen häufig am Fuß oder am Unterschenkel Geschwüre und Wunden, die schlecht zu heilen sind. In diesem Fall handelt es sich um einen diabetischen Fuß (ebd.).

Mit der T2DM hängen depressive Verstimmungen und Depression zusammen, die sich bei ca. 25 % der Patienten ausprägen. Das kann einerseits durch die Krankheit selbst oder auch durch damit verbundene Spätfolgen ausgelöst werden. Im Umkehrschluss zeigen Menschen mit Depression ein erhöhtes Risiko für T2DM. Das wird durch die von den Depressionen veränderten Signalwege im hormonellen System und Stoffwechsel ausgelöst. Weiterhin können auch Erektionsstörungen bei Männern vorkommen, da infolge von dem hohen Blutzucker die Blutgefäße und dadurch der Blutfluss an den Schwellkörpern, dem Penis und dem autonomen Nervensystem geschädigt werden (ebd.).

2.5 Diagnose

Adipositas und Übergewicht werden oft mit der Diagnose des T2DM verbunden, obwohl kein kausal-pathogenetisches Prinzip besteht: Über 90 % der Patienten mit T2DM sind zwar übergewichtig oder adipös, andererseits entwickeln aber nur ca. 20-25 % aller adipösen Personen einen T2DM (Halle et al., 2008).

Die Diagnose beinhaltet die typische Anamnese, die klinischen Befunde und die Labordiagnostik. Durch den oft asymptomatischen Verlauf ist die klinische Symptomatik diskret und die Diagnose wird häufig zufällig gestellt. Dementsprechend kann die Diagnosestellung oft erst bei Manifestation von diabetestypischen langzeitigen Folgekomplikationen oder bei sonstigen Erkrankungen stattfinden. Bei Verdacht auf T2DM wird eine vollständige Körperuntersuchung indiziert. Dabei werden besonders die prädisponierenden Faktoren, bspw. Adipositas, und diabetestypische Spätkomplikationen, bspw. Neuropathie, beachtet (Greten, 2005).

Die Diagnose von T2DM wird durch eine Hyperglykämie gesichert. Um die Diagnose zu sichern, müssen bei der Labordiagnostik mehrere Kriterien erfüllt werden. Diese sind erstens

der Nachweis eines Blutzuckers über 200 mg/dl unabhängig von der Tageszeit und der Nahrungsaufnahme, zweitens ein zweimaliger Nachweis eines Nüchternblutzuckers über 126 mg/dl. Bei Nüchternblutzucker zwischen 100 und 125 mg/dl wird zusätzlich ein OGTT (oraler Glucosetoleranztest) durchgeführt (Halle et al., 2008). Die mehrfache Diagnostik mit allen Blutzuckerwerten ist in Tabelle 1 veranschaulicht. Bei dem OGTT wird innerhalb von 5 Minuten oral 75 g Glucose in 250-300 ml Flüssigkeit oder ein 300 ml Glucose-Oligosaccharid-Gemisch eingenommen. Nach 60 und 120 Minuten, eventuell auch nach 30 und 90 Minuten, wird jeweils die Blutglucosebestimmung durchgeführt (Greten, 2005). Für die Durchführung des OGTT müssen bestimmte Voraussetzungen erfüllt werden: Mindestens 3 Tage vor dem Test wird einer kohlenhydratreichen Ernährung von 150-250 g Kohlenhydraten pro Tag befolgt. Es dürfen keine vorherigen Beschränkungen der körperlichen Aktivität bestehen. Eine akute Erkrankung soll möglichst 2 Wochen zurückliegen. Mindestens 3 Tage vor dem Test werden möglichst Medikamente wie Hormone, orale Antidiabetika, Thiazid-Diuretika, Salizylate und hormonelle Kontrazeptiva abgesetzt. Bei Frauen muss die Menstruation beachtet werden, da der OGTT 3 Tage vor, während und 3 Tage nach der Menstruation nicht durchgeführt sein sollte. Mindestens 8-12 Stunden vor dem Test besteht ein Verbot von Nikotin- und Kaffee konsum sowie besonderer körperlicher Aktivität. Auch die Nüchternperiode von dem Test von 10 bis maximal 14 Stunden muss beachtet werden (ebd.).

Tab. 1: Kriterien zur Diagnose eines Diabetes mellitus (modifiziert nach Herbert Renz-Polster & Steffen Krautzig, 2008, S. 866)

Stadium	Nüchtern-Plasma-Glucose:	Gelegenheits-plas-maglucose-spiegel	orale Glucosetole-ranztest (2-h-Wert):
Normal	< 110 mg/dl <6,1 mmol/l		< 140 mg/dl < 7,8 mmol/l
Gestörte Glucose-tole-ranz	110-125 mg/dl 6,1-6,9 mmol/l		140-199 mg/dl 7,8-11,0 mmol/l
Diabetes mellitus	≥ 126 mg/dl ≥ 7,0 mmol/l	≥ 200 mg/dl ≥ 11,1 mmol/l mit Polydipsie, Polyu-rie und ungeklärtem Gewichtsverlust	≥ 200 mg/dl ≥ 11,1 mmol/l

Wird die Nierenschwelle für Glucose überschritten, ist die Glucose auch im Urin nachweisbar. Die Schwelle liegt bei normaler Nierenfunktion bei 150-180 mg/dl. Aus diesem Verfahren können jedoch keine sicheren Rückschlüsse gezogen werden. Trotz fehlender Glucosurie darf eine Hyperglykämie nicht ausgeschlossen werden. Grund dafür ist, dass beispielsweise bei diabetischer Neuropathie oder im Alter die Nierenschwelle für Glucose erhöht ist und dementsprechend selbst bei einem Blutglucosespiegel von mehr als 180 mg/dl keine Glucose im Harn

ausgeschieden wird. Umgekehrt kann sich auch bei normalem Blutzuckergehalt Glucose im Urin befinden. Das ist bspw. bei der renalen Glucosurie der Fall, wo eine spezifische Störung der Glucoserückresorption besteht (Greten, 2005). Die weiteren seltenen diagnostischen Verfahren sind die Ketonkörperbestimmung im Urin, C-Peptid-Bestimmung oder die Immundiagnostik (ebd.).

Bei der Therapiekontrolle wird die Bestimmung des HbA1c eingesetzt. Das ist ein Langzeitparameter für die Qualität der Stoffwechseleinstellung. Proportional zur mittleren Blutzuckerkonzentration nimmt der HbA1c-Wert zu. Da das durchschnittliche Erythrozytenalter etwa 2 Monate entspricht, reflektiert auch der HbA1c-Wert die mittlere Blutzuckerkonzentration über diesen Zeitraum. Bei Personen mit gesundem Stoffwechsel oder Diabetikern mit eingestellter Normoglykämie übersteigt der Wert nicht 6 %, bei schlechtem Stoffwechsel kann der Wert bis zu 12 % und mehr reichen (ebd.).

2.6 Therapie

Wenn Diabetes nicht behandelt wird, können Gefäße, Nerven und Organe geschädigt werden. Deshalb sind eine rechtzeitige Entdeckung und Behandlung relevant, um die Schäden zu vermeiden oder aufzuhalten. Da bei der T2DM die Hyperglykämie nur ein kleiner Anteil darstellt, zielt die Diabetes-Therapie nicht nur auf eine Normalisierung der Hyperglykämie ab, sondern umfasst auch die Behandlung der zusammenhängenden kardiovaskulären Risikofaktoren (Herbert Renz-Polster & Steffen Krautzig, 2008).

Die übliche Diabetesversorgung kann sich individuell von Patienten zu Patienten unterscheiden. Dies ist abhängig von Alter, Alltag des Patienten und wie weit der Diabetes fortgeschritten ist (Engler et al.). Die Basistherapie ist nach aktuellen Empfehlungen eine Lebensstilintervention, die auf der Veränderung der Essgewohnheiten und Vermehrung der körperlichen Aktivität abzielt. Dies sollte unabhängig vom Stadium die Basis der Intervention darstellen, wobei zu Beginn der Erkrankung die positiven Effekte am größten sein können (Halle et al., 2008). Durch einen gesunden Ernährungsstil, Bewegung und Gewichtsreduktion kann eine medikamentöse Behandlung im besten Fall verhindert werden, auf Jahre hinausgezögert werden oder eventuell die hohe notwendige medikamentöse Dosierung gesenkt werden (ebd.). Zur Therapie zählen auch Patientenschulung, um das Übergewicht abzubauen und die Rauchgewohnheit abzugewöhnen (Engler et al.). Die Schulung ist bei Neudiagnostik oder auch bei bspw. Therapieumstellung indiziert. Dies unterstützt eine aktive Arbeit des Patienten, die bei der Einstellung des Stoffwechsels vorgesehen wird. Greten (2005) listet die wichtigsten Themen einer Diabetesschulung auf. Darunter zählen Verständnis der Erkrankung, die richtige Ernährung, körperliche Aktivität, Grundlagen der Therapie mit Insulin und/oder oralen Antidiabetika,

Insulintechnik und Insulindosisanpassung, Blutzucker-, Urinzucker- und Ketonurie-Selbstkontrolle, Vorgehen bei Hypo- und Hypertonie als Notfall, die richtige Körperpflege und Prävention von Langzeitkomplikationen sowie regelmäßige Kontrolluntersuchungen.

Colberg et al. (2016) stellt die Empfehlungen für körperliche Aktivität bei T2DM Patienten dar: (1) Um die Insulinwirkung zu verbessern, wird im besten Fall tägliche körperliche Bewegung oder zumindest nicht mehr als 2 Tage ohne Bewegung empfohlen. (2) Erwachsene mit Typ-2-Diabetes sollten idealerweise sowohl aerobes als auch Widerstandstraining durchführen, um optimale glykämische sowie gesundheitliche Vorteile zu erzielen. Und (3) Kinder und Erwachsene mit Typ-2-Diabetes sollten ermutigt werden, die gleichen Ziele für die körperliche Aktivität zu erreichen, die für gesunde Jugendliche gelten.

Die Ernährung wird individuell eingestellt, wobei das Körpergewicht und die körperliche Aktivität für die Energiezufuhr entscheidend sind. Bei Normalgewicht wird eine bedarfsangepasste Ernährung angestrebt, um das Körpergewicht zu halten. Bei Untergewichtigen könnte das Gewicht in gewissen Grenzen zunehmen und die Übergewichtigen sollen in jedem Fall abnehmen (Greten, 2005). Für Ernährungszusammensetzung gibt es allgemeine Empfehlungen. Die Kohlenhydrate sollten 50-55 % der gesamten Energiezufuhr abdecken. Empfohlene Lebensmittel sind dabei die, die reich an löslichen Ballaststoffen sind oder einen niedrigen glykämischen Index haben. Saccharose³ ist in mäßigen Mengen, weniger als 10 % der Gesamtenergie, erlaubt. Fettanteil sollte 30-35 % der gesamten Energiezufuhr bilden, wobei maximal 1/3 gesättigte Fettsäure und je etwa 1/3 einfach ungesättigte Fettsäure und mehrfach ungesättigte Fettsäure decken sollten. Die Cholesterinzufuhr sollte maximal 300 mg/Tag betragen. Der Eiweißanteil sollte sich bei 10-20 % der gesamten Energiezufuhr bewegen, wobei bei vorkommender Nephropathie dieser Anteil reduziert werden sollte. Zuckerersatzstoffen wie Zyklam, Saccharin und Aspartam sind erlaubt. Zuckeraustauschstoffe wie bspw. Fruktose werden nicht empfohlen. Von der Alkoholmenge sind entsprechend ein oder zwei Glas Wein/Tag akzeptabel, jedoch sollte dies in Folge des Risikos schwerer Hypoglykämie zu KH-haltige Mahlzeiten konsumiert werden. Die Kochsalzmenge sollte nicht 6 g/Tag übertreffen, da ein Hypertonierisiko entsteht. Jeder Diabetiker sollte seine Mahlzeiten in drei kleinere Haupt- und drei bis vier Zwischenmahlzeiten am Tag aufteilen (ebd.).

Wenn durch Lebensstilveränderung allein jedoch nicht die Behandlungsziele erreicht werden, werden nach drei bis sechs Monaten auch blutzuckersenkende Medikamente, die Antidiabetika, eingesetzt. Die senken zwar den Blutzucker sowie den HbA1c-Wert, können aber mit verschiedenen Nebenwirkungen einhergehen (Engler et al.). Die oralen Antidiabetika werden nach ihrer Wirkung in drei Gruppen geteilt: 1. Kohlenhydratresorptionsverzögerer, 2. Medikamente, die die Empfindlichkeit der Zelle gegenüber Insulin erhöhen, wie bspw. Metformin und

³=Haushaltszucker, Disaccharid aus Glucose und Fruktose

3. Medikamente, die die Sekretion von Insulin durch die Pankreas fördern, wie bspw. Sulfonylharnstoffe (Herbert Renz-Polster & Steffen Krautzig, 2008). Die erste Gruppe dient zum zeitlichen Hinauszögern der Kohlenhydrataufnahme und der damit verbundenen Verminderung des Insulin-Spitzenpiegels in der ersten Sekretionsphase. Das Metformin aus der zweiten Gruppe wird aus mehreren Gründen vor allem für junge, adipöse Patienten mit den Zeichen eines metabolischen Syndroms geeignet: Metformin erhöht nicht den Insulin-Spiegel, induziert keine Hypoglykämie, erleichtert die Gewichtsabnahme und hat positive Effekte auf den Fettstoffwechsel, indem Triglyceride gesenkt werden. Ein Sulfonylharnstoffpräparat der dritten Gruppe sollte nur nach erfolgreicher Gewichtsreduktion eingesetzt werden, da sonst eine weitere medikamentöse Insulin-Sekretionssteigerung ungünstig ist und die Gewichtsreduktion dadurch erschwert wird (ebd.). Bei der Auswahl werden auch häufige Begleiterkrankungen wie Adipositas, Bluthochdruck oder Nierenerkrankungen beobachtet. Patienten, die kein hohes Risiko von Herz-Kreislauf-Erkrankungen aufweisen, wird meistens Metformin empfohlen. Patienten mit einer bestehenden Herz-Kreislauf-Erkrankung bekommen zusätzlich zu Metformin ein weiteres Medikament der Gruppe SGLT-2-Hemmer, die vermehrte Glucoseausscheidung über den Harn verursachen oder GLP-1-Analoga, die Sekretion von Insulin stimulieren und die Ausschüttung von Glukagon hemmen. Patienten, die keine Herz-Kreislauf-Erkrankung haben, aber ein hohes Risiko aufweisen, können zwischen den zwei Varianten wählen (Engler et al.). Wenn auch dies nicht hilft, werden weitere Medikamente oder Insulin selbst eingesetzt und so die dritte Stufe der Behandlung erreicht. Das Insulin, das dem Körper fehlt, wird mithilfe von Spritzen zugeführt. Ein dauerhafter Einsatz von Insulin sollte wirklich erst dann in der Frage kommen, wenn durch alle anderen Therapiemöglichkeiten die Therapieziele nicht erreicht geworden sind (Engler et al.). Bei Insulin müssen Hypoglykämie und Hyperinsulinämie als Nebenwirkungen beobachtet werden. Der Arzt sollte deswegen mit den Implikationen der Insulintherapie vertraut sein (Herbert Renz-Polster & Steffen Krautzig, 2008). Es gibt unterschiedliche Insulinpräparate, die sich nach Wirkungsbeginn, -maximum und -dauer unterscheiden (Tab. 2). Diese werden je nach Therapiemöglichkeit unterschiedlich eingesetzt. Zu den Therapiemöglichkeiten zählen konventionelle, intensivierte Insulin-Therapie und Insulinpumpen Therapie. Die konventionelle Therapie ist nur bei stabiler Stoffwechsellistung und regelmäßigem Tagesablauf möglich. Dabei wird Insulin zweimal am Tag nachgereicht, einmal zum Frühstück und einmal zum Abendbrot. Angewendet werden Mischungen aus Normal- und NPH-Insuline oder reine NPH-Insuline. Diese Therapiemöglichkeit ist bei meist Typ-2-Diabetiker ausreichend. Bei der intensivierten Therapie wird zusätzlich zur 1-2 x täglichen Gabe des Verzögerungsinsulins vor den Mahlzeiten noch schnell-wirkendes Insulin zugeführt, wobei die Menge je nach geplanter Kohlenhydrataufnahme sowie vor der Mahlzeit gemessenen Blutzuckerspiegel variieren. Diese Therapie ermöglicht den Patienten eine höhere Flexibilität bei den

Mahlzeiten sowie eine bessere Stoffwechselkontrolle, ist jedoch mit vermehrter Selbstkontrolle und Insulininjektionen sowie Schulungsaufwand verbunden. Bei der Insulinpumpen-Therapie erfolgt durch eine kleine tragbare Pumpe eine kontinuierliche, subkutane Insulin-Infusion von Normalinsulin. So kann auch zwischen den Mahlzeiten ein gleichmäßig normwertiger Blutzuckerspiegel erzielt werden. Bei Bedarf kann der Patient vor den Mahlzeiten über die Pumpe zusätzliche Insulin-Dosen nachreichen. Bei dieser Therapie ist der Insulinbedarf im Vergleich zu beiden vorherigen Möglichkeiten 10-20 % kleiner. Sie ist für Patienten geeignet, die stark schwankende BZ-Werten haben oder die häufig an schwerer Hypoglykämie leiden. Allgemein können bei Insulintherapie verschiedene Komplikationen entstehen. Diese sind Hypoglykämie, Hautveränderung am Injektionsort, Sehstörungen infolge von Rehydratation der Linse in der Anfangsphase der Therapie, Insulin-Resistenz oder Insulin-Ödeme infolge von Verschiebung im Wasser- und Elektrolythaushalt bei der Neueinstellung (ebd.).

Tab. 2: Insulinpräparate (modifiziert nach Herbert Renz-Polster & Steffen Krautzig, 2008, S. 875)

	Wirkungsbeginn	Wirkungsmaximum	Wirkungsdauer
Lys-Pro-Insulin, Insulin Aspart, Glulisin-Insulin	5-15 min	30-60 min	ca. 4 h
Normalinsulin	15-30 min	ca. 2 h	5-8 h **
Verzögerungsinsuline:			
Intermediärinsuline (NPH-Insuline)	30-90 min*	4-8 h	bis 24 h **
Lang wirkende Insuline	90-240 min*	-	bis 30 h **
<ul style="list-style-type: none"> • Zinksuspensionen • Glargin-Insulin, Detemir-Insulin 	ca.1 h	keines	ca. 24 h
* je nach Hersteller unterschiedlich			
** von der Injektionsmenge abhängig			

Als bester klinischer Indikator bei der Einstellung des Blutzuckerspiegels auf (fast-) normalen Bereich bietet sich das HbA1c an. Halle et al. (2008) beschreibt die gewünschten Werte und das angepasste Vorgehen. Ein HbA1c-Wert von 6,5 % wird angestrebt. Wenn sich der Wert nach reiner Lebensstilintervention nicht unter 7 % stabilisiert, ist zunächst eine Monotherapie mit einem oralen Antidiabetikum vorgesehen. Wenn auch dies nicht hilft, nach drei Monaten den Wert unter 7 % zu bekommen, wird durch ein zweites orales Antidiabetikum therapiert, wobei man die mögliche Kombination beachten muss. Wenn auch dies nicht dazu beiträgt,

den gewünschten Zielwert zu erreichen, sollte das Verzögerungsinsulin zur Nacht eingesetzt werden, möglichst auch schon in Kombination mit einer oralen Monotherapie. Weiterhin gibt es Therapieintensivierungen in Form von konventioneller oder intensivierter Insulintherapie oder die Pumpentherapie (Halle et al., 2008).

2.7 Akute und chronische Komplikationen

Zu akuten Komplikationen zählen hyperglykämische Stoffwechselleistungen und die Hypoglykämie. Die hyperglykämischen Stoffwechselleistungen sind die diabetische Ketoazidose („Coma diabeticum“) und das hyperglykämische, hyperosmolare, nichtketoazidotische Dehydratationssyndrom („hyperosmolares Koma“) (Greten, 2005). Das Koma ist darin begründet, dass beide akute hyperglykämische Komplikationen in Koma münden können, häufig treten sie jedoch ohne Koma auf.

Bei dem Coma diabeticum steht Insulinmangel und ein Anstieg kontrainsulinären Hormone wie bspw. Glukagon im Vordergrund. Ein häufiger Grund dafür ist die Erstmanifestation eines bisher nicht bekannten T1DM und dementsprechend betrifft dies die Typ-2-Diabetiker nur selten. Bei T2DM tritt das auf, wenn die Insulinzufuhr unterbrochen wird, bspw. bei einem Defekt der Insulinpumpe oder Unterlassung bzw. Reduzierung der Insulintherapie. Weitere Gründe sind die Infektion von Lungen, Atem- oder Harnwegen. Infolge von Hyperglykämie entsteht ein osmotischer Druckanstieg, der osmotische Diurese, gefolgt von Volumenmangel, Dehydrierung, Kalium- und Phosphatausschöpfung verursacht. Am Fettgewebe wird die Freisetzung von Fettsäuren stimuliert, die aufgrund von Insulinmangel nicht mehr zu Triglyzeriden umgebaut werden, sondern zu Ketonen oxidiert, was wiederum zu einer metabolischen Azidose führt. Die Leitsymptome sind u. a. fortschreitender Durst, Polyurie, Erbrechen, Muskelschwäche und Müdigkeit. Bei Fortschreiten kann es als Folge der intrazellulären Dehydratation bis zum Koma kommen und die Elektrolytverschiebung kann eine Herzrhythmusstörung verursachen. Die Diagnostik erfolgt durch Laborbefunde der Glucosespiegel bis 500 mg/dl, massiver Glukosurie, stark positiver Ketonurie und metabolischer Azidose (ebd.).

Bei hyperosmolarem Koma kommt es ebenso zu Dehydratation, jedoch fehlt die Ketoazidose. Dies kann möglicherweise durch eine nicht ausreichende Menge im Blut zirkulierendem Insulin zur Hemmung von Lipolyse und Ketogenese erklärt werden. Die Hauptbetroffenen sind ältere Patienten, bei denen zuvor häufig kein T2DM bekannt ist. Die Auslösungsgründe sind Infektionen, schwere Erkrankungen oder Diätfehler sowie Unterdosierung oder Vergessen der oralen Medikation. Anamnese sowie klinische Symptomatik ähneln sich bei der diabetischen Ketoazidose. Der Blutglucosespiegel ist jedoch meist höher als bei diabetischer Ketoazidose, häufig lässt sich eine Glucose zwischen 600 und 1000 mg/dl nachweisen (ebd.).

Die Therapieschritte ähneln sich in beiden Fällen. Es werden häufig intravenöses Normalinsulin und parenterale Flüssigkeitszufuhr zum Ausgleich des Defizits oder Elektrolytausgleich mit Natrium und Kalium eingesetzt (ebd.). Die Ausgleichsubstitutionen stehen im Vordergrund, da Flüssigkeitsverlust und Herzrhythmusstörungen die Organe schädigen und bis zum Tod führen können (Herbert Renz-Polster & Steffen Krautzig, 2008). Das Ausgleichsverfahren muss jedoch langsam erfolgen, weil sonst die Gefahr eines Hirnödems besteht. Das Flüssigkeitsdefizit kann bei dem hyperosmolaren Koma bis $\frac{1}{4}$ des Gesamtkörperwassers betragen. Dies würde neun Liter umfassen. Bei dem ketoazidotischen Koma kann dies ca. sechs Liter betragen. Der Ausgleich findet mittels einer isotonen, physiologischen Kochsalzlösung über 24-48 Stunden statt. Die Insulin-Substitution erfolgt über eine intravenöse Dauerinfusionen von Normalinsulin mit dem Ziel, den Blutzucker langsam von maximal 5,5 mmol/l/h zu senken. Die Kaliumsubstitution wird oral nachgereicht und kann je nach Kaliumspiegel auch über eine Woche erfolgen. Auch der Natriumhaushalt muss über den ganzen Therapiezeitraum überwacht werden und deren Zufuhr bei Bedarf entsprechend angepasst werden. Die Azidose korrigiert sich durch die Insulin-Gabe von selbst (ebd.).

Bei der Metformin-Therapie kann ein laktazidotisches Koma auftreten, was durch einen veränderten Bewusstseinszustand bei einem Blut-Lactatspiegel >5 mmol/l und einem pH $<7,25$ beschrieben wird (Herbert Renz-Polster & Steffen Krautzig, 2008). Weitere Zeichen sind Übelkeit, Appetitlosigkeit, Durchfälle, Erbrechen oder Muskelschwäche. Es kommt zur Lactatbildung infolge von hypoxischen Zuständen bei der Glykolyse unter O_2 -Mangel und der Zufuhr von bspw. Alkohol oder Fructose. Eine weitere Ursache stellen Lebererkrankungen dar, die die Umwandlung von Lactat in Glucose vermindern. Die Therapiemöglichkeiten sind forcierte Diurese oder Hämodialyse, um die Medikamente zu reduzieren (ebd.).

Die Hypoglykämie, auch Unterzuckerung genannt, bedeutet einen kritischen Abfall des Blutzuckers, der von klinischen Symptomen begleitet wird. Da Glucose der primäre Energielieferant des Gehirns ist, treten durch Senkung der Plasma-Glucose unter eine kritische Grenze zunächst reversible zentralnervöse Funktionsstörungen auf, die bei länger andauernder Senkung zu irreversiblen zerebralen Schädigungen bis hin zum Tod führen können (Greten, 2005). Die Hypoglykämie wird häufig als eine kapilläre Blutglucose <50 mg/dl definiert. Ursache dafür ist immer ein zu hoher Insulinspiegel, der exogen sowie endogen verursacht werden kann. Zu Symptomen, die aufgrund zentralnervöser Störungen auftreten können, zählen bspw. Kopfschmerzen, Konzentrations- und Koordinationsstörungen, Aggressivität, Sehstörungen, Unruhe, Krampfanfälle oder Koma. In Folge von Gegenregulation des Sympathikus entstehen Symptome wie Blässe, Zittern, Schweißausbruch, Tachykardie, Heißhunger und Unruhe. Die Symptome treten gleichzeitig mit einem erniedrigten Blutzucker auf und sind durch Zufuhr von Glucose, die den Blutzucker über den hypoglykämischen Bereich anheben, zu beseitigen

(ebd.). Die Hypoglykämie tritt oft durch Überdosierung von Insulin oder oralen Antidiabetika vom Sulfonylharnstofftyp auf. Weiterhin kann sie bei unterlassener Kohlenhydratzufuhr in Folge von ausgelassenen Mahlzeiten, interkurrente Erkrankungen wie Brechdurchfall nach ungewöhnlicher körperlicher Aktivität oder nach Alkoholgenuss auftreten. Bei klinischer Anamnese wird die Hypoglykämie durch Blutglucosebestimmung diagnostiziert, im Notdienst mithilfe von Blutzucker-Streifen. Bei noch erhaltenem Bewusstsein wird Traubenzucker oder kohlenhydrathaltige Getränke nachgereicht. Bei Unbewusstsein wird intravenös die Glucoselösung oder Glukagoninjektion injiziert (ebd.).

Zu den relevantesten chronischen Komplikationen gehören Makro- und Mikroangiopathie, diabetische Retinopathie, diabetische Neuropathie und diabetisches Fußsyndrom (s. Kapitel 2.5 Symptomatik).

2.8 Veränderte Gesundheitsparameter bei der Diagnose von T2DM

Mit der Diagnose von T2DM verändern sich auch die Gesundheitsparameter. Deren Abweichung von Normwerten kann den menschlichen Organismus schädigen, indem die Folge- und Nebenerkrankungen begünstigt werden. Dementsprechend ist es bedeutend, die Parameter wieder in Normwerte zu bringen, um das Risiko zu erniedrigen.

Die Normwerte des glykosylierten HbA1c-Wertes betragen bei nicht-diabetischem Zustand unter 6 %, wobei die Werte von Diabetikern bis zu 12 % steigen können. Besonders der HbA1c dient als Hauptindikator bei der Einstellung des Blutzuckerspiegels mit dem Ziel, dies unter 7 % zu stabilisieren (Halle et al., 2008).

Die meisten Diabetiker sind übergewichtig und weisen dementsprechend einen erhöhten BMI und Taillenumfang auf. Eine Reduktion der Körpermaße um etwa 10 % würde die meisten Typ-2-Diabetiker in eine kompensierte Stoffwechsellage zurückführen (Herbert Renz-Polster & Steffen Krautzig, 2008).

Obwohl bei Diabetespatienten die Blutdruckwerte etwas niedriger als bei gesunden Menschen liegen sollten, ist oft ein Bluthochdruck vorhanden. Die optimalen Werte liegen bei 140/80 mmHg bei Messung in der Arztpraxis und 130/75 mmHg bei Messung zu Hause. Über den Bluthochdruck spricht man, wenn die Werte über 140/85 mmHg liegen. Auch die Blutdruckwerte lassen sich durch Lebensstilintervention vermindern, was ebenso vor Medikamenteneinnahme bevorzugt wird. Als körperliche Aktivität eignen sich Ausdauersportarten wie Wandern, Joggen, Walking, Radfahren oder Schwimmen (diabetesDE - Deutsche Diabetes-Hilfe e.V.).

Die Blutfettwerte gelten als Risikofaktoren bei Diabetes und anderen Stoffwechselerkrankungen. Hohe Lipidwerte bei Diabetes weisen ein höheres Risiko für Spätkomplikationen wie

Herzinfarkt, Schlaganfall und Herz-Kreislauf-Erkrankung auf. Infolge von gestörtem Fettstoffwechsel bei Diabetes werden die Stimulationsrezeptoren geschädigt, was die Blutfettwerte steigen lässt. Dies hängt wiederum mit dem erhöhten Blutdruck zusammen, da dies die Ausscheidung von Wasser und Natrium senkt und das Blutvolumen steigert. Dementsprechend ist es wichtig, die Blutfettwerte bei Diabetikern regelmäßig zu kontrollieren. Darunter zählen Cholesterinwerte und Triglyzeride (Stephan, 2022). Der Autor beschreibt jeweils Referenz- und Zielwerte für die Diabetiker. Die Normwerte für Gesamtcholesterin betragen $\leq 5,17$ mmol/l, wobei auch bei Diabetikern diese Werte als Zielwerte gelten. LDL-Cholesterin stellt das „böse“ Cholesterin dar, dementsprechend sollte bei Diabetikern der angestrebte Wert unter dem Normwert liegen. Der Referenzbereich beträgt $\leq 3,88$ mmol/l und der Zielbereich $\leq 2,59$ mmol/l. Im Gegensatz dazu wirkt sich HDL positiv auf unseren Organismus aus, indem es die Gefäße von Verkalkung und Entzündungen und das Herz vor koronalen Krankheiten und Herzinfarkten schützt. Die Werte sind geschlechtsspezifisch, der Referenzbereich für Frauen befindet sich zwischen 1,16-1,68 mmol/l und für Männer zwischen 0,85-1,6 mmol/l. Als Zielbereich gilt für Frauen und Männer ein Wert über 1,29 bzw. 1,03 mmol/l. Außerdem werden bei der Kontrolle Triglyceride als wichtiger Energiespeicher gemessen. Besonders die Fettreserven führen zu Fettleibigkeit und erhöhtem BMI. Die Normwerte sind $\leq 1,8$ mmol/l und der Zielwert für die Diabetiker beträgt $< 1,71$ mmol/l (ebd.).

2.9 Körperliche Aktivität bei Typ 2 Diabetes mellitus

Die körperliche Aktivität ist ein effektives und wirksames Therapeutikum für Glucosekontrolle bei Diabetespatienten und sollte daher als Hauptpfeiler jeder Therapiebehandlung angesehen werden. Die durch die körperliche Mehraktivität reduzierte Fettreserven führen zu einer Wiederherstellung der metabolischen Kompetenz des abdominalen Fettgewebes. Dies führt zur Verbesserung der Insulinresistenz (Ravussin & Smith, 2002). Erhöhte körperliche Aktivität assoziiert stark mit einer Verbesserung der glykämischen Blutzuckerkontrolle (Snowling & Hopkins, 2006), der Gewichtsreduktion (Cai et al., 2016) und verbessertem Wohlbefinden (Chen et al., 2015).

Eine präventive Strategie, die von der American Diabetes Association empfohlen wird, stellt mäßige bis intensive körperliche Aktivität dar (Colberg et al., 2016). Ein höheres Maß an mäßiger bis intensiver körperlicher Aktivität wurde mit einem geringeren Diabetesrisiko in Verbindung gebracht (Smith et al., 2016). Aerobes Training erhöht die mitochondriale Dichte, die Insulinempfindlichkeit, oxidative Enzyme, die Elastizität und Reaktivität der Blutgefäße, die Lungen- und Immunfunktion und die Herzleistung (Garber et al., 2011). Mäßige bis hohe Mengen an aerober Aktivität sind mit einem wesentlich niedrigeren kardiovaskulären und

allgemeinen Sterblichkeitsrisiko bei Typ-2-Diabetes assoziiert (Sluik et al., 2012). Eine Kombination der körperlichen Intervention mit einem Energiedefizit in der Ernährung kann sinnvoll sein, indem eine nachhaltig signifikant größere Gewichtsabnahme, kardiorespiratorische Fitness, Blutzuckerkontrolle, Blutdruck, Blutfette, weniger Medikamente; weniger Schlafapnoe, schwere diabetische Nierenerkrankung und Retinopathie, Depression, sexuelle Funktionsstörung, Harninkontinenz, Inkontinenz und Knieschmerzen; und bessere Erhaltung der körperlichen Mobilität und Lebensqualität bei insgesamt geringeren Gesundheitskosten erzielt wurde (Pi-Sunyer, 2014).

Die meisten Patienten sind jedoch nicht regelmäßig aktiv oder betreiben keine angemessene körperliche Aktivität (Zhao et al., 2011), wobei die mangelnde Motivation und Überwachung zu den Hauptfaktoren zählen (Korkiakangas et al., 2009). Diese Realität unterstützt die Notwendigkeit eines effektiven Selbstmanagements der Krankheit durch Selbstkontrolle des Blutzuckers sowie der Bewegung. Russell-Minda et al. (2009) zeigen zwar einen positiven Zusammenhang von verstärktem Kontakt mit Ärzten und eine Verbesserung der Blutzuckereinstellung der Diabetes Patienten, allerdings gibt es Defizite in der Gesundheitsversorgung, einen Ärztemangel und Unfähigkeit vieler Patienten, die Klinikbesuche beizubehalten. Als eine der populären Interventionsstrategien für körperliche Aktivität sind in letzter Zeit die Schrittzähler bekannt geworden (van Dyck et al., 2013). Schrittzähler sind kostengünstige intelligente Geräte, die hauptsächlich zur Beobachtung der zurückgelegten Schritte dienen und somit ein leicht interpretierbares, nachvollziehbares und einfaches Maß für die körperliche Aktivität sind. Die Schrittzähler überwachen auch jegliche Art von unstrukturierter Aktivität, wie beispielweise Hausarbeit, Gartenarbeit oder Spaziergänge. Auch dies alles erhöht den täglichen Energieverbrauch und hilft bei Gewichtsmanagement bei übergewichtigen und adipösen Menschen (Levine et al., 2008). Selbst eine Schrittzählerintervention bei Patienten mit T2DM führt zur Steigerung der körperlichen Aktivität (Qiu, Cai, Chen et al., 2014) und fördert das Selbstmanagement von Patienten. Unstrukturierte Aktivitäten korrelieren auch mit der Reduzierung der gesamten täglichen Sitzdauer. Einer Steigerung der unstrukturierten Aktivitäten, selbst wenn es sich um eine kurze dreiminütige Gehpause nach dem Essen handelt, kann das Blutzuckermanagement verbessern (Dempsey et al., 2016). Da die meisten T2DM Patienten übergewichtig und inaktiv sind, dient die Schrittzähler Intervention als geeigneter Einsatz, bei dem die körperliche Aktivität mit geringerem Umfang und niedriger Intensität für den Anfang optimal ist, um die Bereitschaft zu steigern und akute Verletzungen sowie chronische Überlastungssyndrome zu vermeiden (Halle et al., 2008). Bei höherer Intensität, wie es bei sporttherapeutischem Training der Fall ist, wird eine vorherige individuelle ärztliche Abklärung benötigt, da akute Komplikationen wie bspw. Hypoglykämie entstehen können. Bei einer körperlichen Aktivität geringer oder mäßiger Intensität, die die Anforderungen des zügigen Gehens nicht

übersteigt, wird diese Abklärung bei asymptomatischen Patienten nicht benötigt (Colberg et al., 2016). Ein Schrittzähler und ein Tagebuch zur Aufzeichnung der Schritte hat sich bereits als nützliches Instrument zur kurzfristigen Steigerung der körperlichen Aktivität gezeigt (Furber et al.). Eine längere zweijährige Intervention von Rossen et al. (2021), die eine Selbstbeobachtung der Schritte mit und ohne Beratung beinhaltete, verhinderte einen Rückgang der körperlichen Aktivität. Eine höhere Schrittzahl über zwei Jahre ist mit einem geringeren Risiko für die Entstehung von T2DM sowie Übergewicht verbunden (Master et al., 2022). Um das Risiko so klein wie möglich zu halten, sind 8160 tägliche Schritte erforderlich, wobei bei weiterer Steigerung der Schritte das Risiko nicht weiter reduziert wird. Cuthbertson et al. (2022) haben den Zusammenhang zwischen Schrittzählungen und Risiko für Diabetes geprüft und sind zu dem Ergebnis gekommen, dass mehr Schritte/Tag bei zügigem Gehen oder schnellerem Tempo potenziell mit einem geringeren Diabetesrisiko verbunden sind. Eine intensive Lebensstilintervention mit unbeaufsichtigter körperlicher Aktivität bei übergewichtigen T2DM Patienten kann zur Senkung des Gewichts, Taillenumfangs, HbA1c-Werts, systolischen sowie diastolischen Blutdrucks, HDL-Cholesterins und Triglyzeriden führen (Wing et al., 2013). Auch langfristige positive Auswirkungen der mäßigen körperlichen Aktivität auf verschiedene physiologische und biomechanische Ergebnisse konnten beobachtet werden, indem Di Loreto et al. (2005) eine 2-jährliche Beobachtung von Patienten mit T2DM durchführten. Durch eine zurückgelegte körperliche Belastung ab 11 MET/Woche mit der Intensität von 3 bis 6 MET kann es zu einer signifikanten Reduktion des HbA1c-Werts, systolischen und diastolischen Blutdrucks, Gesamtcholesterins, den Triglyzeriden und des 10-Jahren-KHK-Risikos kommen. Bei den Probanden, die jeweils 21 und mehr METs geschafft haben, kam es zusätzlich zu einer signifikanten Reduktion des Körpergewichts, des BMIs, des Taillenumfangs, des LDL-Cholesterins und einer signifikanten Erhöhung des HDL-Cholesterins (ebd.). Die 11 MET werden erreicht, wenn eine Person täglich für ca. 25 Minuten ein schnelleres Gehen (5,6 km/h) durchführt. Für 21 MET wären mit gleichem Tempo dementsprechend 50 Minuten erforderlich (Spireescu).

3 Methodik

Dritte Kapitel beschäftigt sich mit der Methodik, auf deren Basis die Ergebnisse der vorliegenden Arbeit entstanden ist. Um den Arbeitsvorgang transparent darzustellen, werden im Folgenden die Vorgehensweise bei der Literaturrecherche sowie die Bewertung der eingeschlossenen Studien hinsichtlich ihres Verzerrungsrisikos ausführlich erläutert. Weiterhin werden in diesem Kapitel die wichtigsten Grundlagen von Datensynthese und -analyse vorgestellt.

3.1 Strategie bei der Literaturrecherche

Bei der Literaturrecherche wurden primäre Studien einbezogen, die in den Literaturdatenbanken PubMed, Cochrane Library und Google Scholar bis zum 14. Oktober 2022 verfügbar waren. Die Ergebnisse wurden auf Arbeiten in deutscher oder englischer Sprache begrenzt. Bei der Studiensuche wurden nur Studien mit freiem Zugang herangezogen. Die Recherche wurde mithilfe der Schneeballtechnik durchgeführt. Die gesamte Recherche wurde von einer Person durchgeführt. Die verwendete Suchsyntax für die Literaturrecherche in englischer Sprache in den Datenbanken lautete wie folgt:

	AND		
OR	Diabetes Mellitus Type 2	Daily activity	Glycaemic Parameters
	Diabetes	Daily steps	Hormones
	DMT2	Physical activity	Risk parameters
	DM	Pedometer	Blood pressure
		Step counter	
		Monitoring step app	

Die Syntax bestand aus drei Spalten, wobei jede Spalte mehrere Suchterme beinhaltet. Die Suchterme einer Spalte wurden mit der Operation „OR“ verwendet, um die Ergebnissuche zu erweitern und eventuell relevante Studien nicht zu übersehen. Mit jeweils einem Suchterm jeder Spalte wurden verschiedenste Kombinationen gebildet und für die Suche verwendet (Operation „AND“). Die daraus resultierende Kombination konnte bspw. „Diabetes“ and „physical activity“ and „risk parameters“ lauten.

Für die deutsche Sprache wurde die Syntax mit gleichem Prinzip benutzt. Die deutschen Suchterme waren:

	UND		
ODER	Diabetes mellitus Typ 2	Tägliche Aktivität	Blutparameter
	Diabetes	Tägliche Schritte	Parameter
	DMT2	Körperliche Aktivität	Hormone
	DM	Pedometer Schrittzähler	Risikoparameter Blutdruck

3.2 Auswahl der Studien

Die gefundenen Studien aus den elektronischen Datenbanken wurden bezüglich ihrer Eignung für diese Arbeit überprüft. Zu den in Frage kommenden Studien gehörten randomisierte kontrollierte Studien. Die Einschlusskriterien waren: (1) Patientinnen mit Diabetes mellitus Typ 2, unabhängig von der Therapie (2) Messung täglicher Schrittzahl im Zusammenhang mit anderen Parametern (3) Verwendung eines Schrittzählers oder Beschleunigungsmessers für die Intervention, unabhängig von dem Modell/ Hersteller. Für die Auswertung des HbA1c-Werts wurde noch ein viertes Kriterium eingeführt: (4) eine Interventionsdauer von mindestens acht Wochen. Für die Auswertung der Auswirkungen von täglichen Schritten für die Gesundheitsparameter wurden zusätzlich die Studien ausgeschlossen, die neben einer körperlichen Intervention noch eine Ernährungsintervention anboten. Die Studien, die die definierten Kriterien nicht erfüllten oder bei denen kein Volltext zur Verfügung stand, wurden ausgeschlossen. Die Anwendung der Ein- und Ausschlusskriterien erfolgte im ersten Schritt anhand des Titels und des Abstracts und im zweiten Schritt durch die Kontrolle der Volltexte.

3.3 Bewertung des Verzerrungsrisikos

Alle in der Analyse berücksichtigten Studien wurden hinsichtlich ihres Verzerrungspotenzials unter Verwendung des Manuals für Bewertung des Biasrisikos der Cochrane Deutschland bewertet (Cochrane Deutschland, Arbeitsgemeinschaft der Wissenschaftlichen Medizinischen Fachgesellschaften - Institut für Medizinisches Wissensmanagement, 2016). Dieses Tool beschäftigt sich mit den sieben folgenden Kriterien:

1. Generierung der Randomisierungssequenz,
2. Verdeckte Gruppenzuteilung,
3. Verblindung von Studienpersonal/ -teilnehmern,
4. Verblindung der Endpunkterhebung/-bewertung,
5. Fehlende Daten bei der Endpunkterhebung/-bewertung,
6. Selektives Berichten von Endpunkten und
7. Andere Ursachen für Bias.

Die Kriterien und deren Beurteilung ist in der Tabelle 3 beschrieben.

Tab. 3: Risk of Bias Toolbeschreibung

<p>„selection bias“</p> <p>Generierung der Randomisierungssequenz</p>	<p>Die Randomisierungssequenz wird idealerweise vor der Zuteilung der Studienteilnehmer in die unterschiedlichen Gruppen erstellt. Eine zufällige Zuteilung der Teilnehmer zur Interventions- und Kontrollgruppe verhindert systematische Unterschiede zwischen den Gruppen.</p> <p>→ verursacht durch inadäquate Generierung einer Randomisierungssequenz</p>
<p>„selection bias“</p> <p>Verdeckte Gruppenzuteilung</p>	<p>Durch die Geheimhaltung der Gruppenzuteilung (Behandlungsfolge) wird sichergestellt, dass die Randomisierungssequenz angemessen implementiert wird. Dadurch wird einer selektiven Auswahl der Studienteilnehmer in die einzelnen Behandlungsgruppen entgegengewirkt.</p> <p>→ verursacht durch inadäquate Geheimhaltung der Gruppenzuteilung</p>
<p>„performance bias“</p> <p>Verblindung von Studienpersonal/-teilnehmern</p>	<p>Verfügen Studienpersonal /-teilnehmer über Informationen zur Gruppenzugehörigkeit, kann dieses Wissen die Ergebnisse der Studie beeinflussen. Ist der behandelnde Arzt einer Studie nicht verblindet, besteht die Gefahr, dass Patienten der Interventionsgruppe eine intensivere Behandlung/Betreuung erfahren als Patienten der Kontrollgruppe. Als Folge kann die Wirksamkeit überschätzt werden. Auch Studienteilnehmer, die wissen, welcher Gruppe sie zugehören, können die Ergebnisse durch ein subjektiv gesteigertes positiveres/negativeres Empfinden verzerren.</p> <p>→ verursacht durch Kenntnis der Gruppenzugehörigkeit</p>
<p>„detection bias“</p> <p>Verblindung der Endpunkterhebung/-bewertung</p>	<p>Sind sowohl Studienpersonal als auch -teilnehmer bei der Endpunktbeurteilung verblindet, wird einer unterschiedlichen Endpunktinterpretation, beeinflusst durch die Kenntnis der Interventions- beziehungsweise Kontrollbehandlung, entgegengewirkt. Vor allem grenzwertige Befunde oder minimale Veränderungen bei subjektiven Endpunkten können somit nicht überinterpretiert werden. Auch wenn – wie häufig bei nicht-medikamentösen Interventionen – eine Verblindung in der Interventionsphase nicht möglich ist, kann und sollte die Endpunkterhebung durchaus verblindet erfolgen. Das Ausmaß des Verzerrungsrisikos ist dabei vor allem abhängig vom Studienendpunkt: Für objektive Endpunkte, wie z. B. Mortalität, ist in der Regel eine fehlende Verblindung wesentlich unproblematischer als für subjektive Endpunkte, wie zum Beispiel Schmerz oder Lebensqualität.</p>

	<p>→ verursacht durch Kenntnis der Gruppenzugehörigkeit bei Endpunkterhebung</p>
<p>„attrition bias“</p> <p>Fehlende Daten bei der Endpunkterhebung/-bewertung</p>	<p>Fehlende Daten bei der Endpunkterhebung, insbesondere wenn diese nicht „zufällig“ fehlen, können zu einer Verzerrung des Therapieeffektes führen.</p> <p>→ verursacht durch die Anzahl, Ursache oder den Umgang mit fehlenden Daten</p>
<p>„reporting bias“</p> <p>Selektives Berichten von Endpunkten</p>	<p>Wenn Autoren oder Sponsoren von Studien ausgewählte positive Endpunkte berichten, wird dies ‚selektives Berichten‘ genannt. Selektives Berichten kann zu einer Überschätzung des Nutzens einer Intervention im Rahmen der Studie und sekundär des endpunkt-bezogenen Behandlungseffekts im Kontext einer Metaanalyse führen. Das Cochrane Handbuch schlägt vor, dass eine definitive Aussage für das Nicht-Vorliegen von selektivem Berichten (ergebnisunabhängige Berichterstattung) Zugang zum Protokoll erfordert, welches vor Studienbeginn entwickelt worden sein sollte.</p> <p>→ verursacht durch selektives Berichten von Endpunkten</p>
<p>„bias“</p> <p>Andere Ursachen für Bias</p>	<p>Neben den oben genannten Verzerrungspotenzialen kann Bias auch andere Ursachen haben.</p> <p>→ verursacht durch Probleme, die noch nicht an anderer Stelle erfasst wurden</p>

Die einzelnen Studien wurden anhand dieser sieben Kriterien bewertet. Bei jedem Kriterium wurde entschieden, ob ein geringes, unklares oder hohes Risk of Bias (RoB) vorliegt. Bei einem geringeren RoB ist eine relevante Verzerrung unwahrscheinlich, bei einem moderaten Risiko kann eine Verzerrung vorliegen und bei einem hohen Risiko ist eine Verzerrung sehr wahrscheinlich. Die Bewertung des Verzerrungsrisikos wurde ausschließlich von einer Person durchgeführt. Die Entscheidungen wurden mithilfe des Manuals für die Leitlinienerstellung durchgeführt. Bei dem ersten Kriterium wurden Studien mit einem geringeren RoB eingestuft, die bei der Randomisierung eine Tabelle mit Zufallszahlen, computergenerierten Zufallszahlen, eine stratifizierte oder Block-Randomisierung oder Minimierung anwendeten. Um ein geringeres RoB bei dem zweiten Kriterium erfüllen, wurde eine externe Zuteilung (bspw. telefonkontrollierte Randomisierung) oder fortlaufend nummerierte, versiegelte Umschläge benötigt. Bei drittem und viertem Kriterium wurde ein geringeres RoB bewertet, wenn eine gesicherte Verblindung oder geringere Wahrscheinlichkeit für die durchbrochene Verblindung vorhanden ist. Die geringere Wahrscheinlichkeit für eine durchbrochene Verblindung wurde bspw. dann bewertet, wenn es sich um eine Messung mit objektiven Parametern handelte oder wenn alle Personen verblindet wurden, die sich direkt an den Messungen und Auswertungen beteiligten. Für das fünfte Kriterium wurden die Studien, die durch geeignete statistische Methoden (bspw. Intention-to-treat-Analyse) die fehlenden Daten integrierten, mit geringerem RoB bewertet. Falls ungeeignete statistischen Methoden eingesetzt wurden und/oder die Ursache für die fehlenden Daten wahrscheinlich in Zusammenhang mit der Intervention oder den Ergebnissen

stand, wurden bei diesen Studien das RoB als hoch eingestuft. Für das sechste Kriterium wurde ein geringeres RoB vergeben, wenn das Studienprotokoll verfügbar war und über alle vorab festgelegten Endpunkte, die für die Leitlinie oder die systematische Übersichtsarbeit von Bedeutung sind, in der Publikation berichtet wurde. Bei siebtem Kriterium wurde betrachtet, ob die Studien noch anderen Ursachen für das Bias aufwiesen. Wenn es nicht der Fall war, konnten auch hier die Studien mit geringerem RoB bewertet werden. Wenn Unterschiede in der Baseline-Charakteristik der eingeschlossenen Patienten auftauchten, wurde ein hohes RoB vergeben. Falls zu den jeweiligen Kriterien unzureichende Informationen für die Beurteilung des Risikos zur Verfügung standen, wurde dies als unklares RoB bewertet.

3.4 Synthese und Analyse der Daten

Die Studien wurden hinsichtlich ihrer Charakteristik beschrieben und die relevantesten Merkmale tabellarisch dargestellt. Dies beinhaltete die TN-Anzahl, das Alter, das Interventions- und Kontrollverfahren inklusive der Dauer der Intervention.

Schließlich wurden die relevanten Ergebnisvariablen angeschaut. Dies waren Blutzuckerwerte (bspw. HbA1c-Wert und Glucosespiegel), anthropometrische Werte (bspw. BMI, Gewicht, Taillenumfang), Blutdruck (systolischer sowie diastolischer), Blutwerte (Cholesterin und Triglyzeride) und Hormone. In der weiteren Auswertung wurden dann die Parameter betrachtet, die in mindestens acht der eingeschlossenen Studien vorkamen. Bevorzugt wurde der HbA1c-Wert, BMI, Blutdruck und Gesamtcholesterin angeschaut. Der HbA1c-Wert wurde vor alle anderen Blutzuckerwerten bevorzugt, da dieser eine längerfristige Aussage über den Blutzucker im Vergleich zu den anderen Blutzuckerparametern zulässt. Der BMI wurde vor dem Gewicht bevorzugt, da das Körpergewicht in direktem Zusammenhang zum BMI steht. Bei den Blutdruckwerten wurde der systolische sowie der diastolische BD die gleiche Relevanz zugeteilt. Von den Blutwerten wurde das Gesamtcholesterin in die primäre Fragestellung eingestuft, da sich mit seinem Wert allgemeine Aussagen über andere Lipidwerte (HDL, LDL und Triglyzeride) treffen lassen.

Falls Studien mehrere Post-Messzeitpunkte in den Ergebnissen nachreichten, wurden die gemessene Daten direkt nach der Intervention in der primären Analyse verwendet. Für eine einheitliche Beschreibung wurde T0 als Messzeitpunkt zur Baseline und T1 als Messzeitpunkt gleich nach der Intervention definiert. Falls die Studie mehrere Interventionsarme hatte, wurden alle in die Auswertung aufgenommen.

Die Aufbereitung und statistische Auswertung der synthetisierten Daten erfolgten mit Microsoft® Excel 2010 und die Metaanalyse in Software Review Manager 5. In Review Manager wurde als Ausgangssprache die englische Sprache automatisch gewählt, die dann nicht mehr

verändert wurde. Dementsprechend sind alle in der Software beschriebenen Schritte und erstellten Plots englisch.

Die erste Fragestellung lautete:

Haben die Schrittzählerinterventionen im Vergleich zur Kontrollgruppe einen Effekt auf BMI, Blutdruck und Blutparameter und auf die tägliche Schrittzahl bei Patienten mit Diabetes mellitus Typ 2?

Um dies zu beantworten, wurden Meta-Analysen durchgeführt. Dazu wurde Cohens d und Standardfehler benötigt. Diese Schritte erfolgten in Microsoft® Excel 2010 mit der Berechnung der gepoolten Standardabweichung, Cohens d, Varianz und Standardfehler. Dazu wurden Angaben zu Mittelwerten vor und nach der Intervention beider Gruppen mit der dazugehörigen Standardabweichung (SD) benötigt. Falls Studien Konfidenzintervalle anstelle der SD angegeben haben, wurden diese ausgeschlossen. Die Studien, die Angaben zu beiden Zeitpunkten nicht geliefert haben, konnten aufgrund fehlender Daten in der Analyse nicht berücksichtigt werden. Falls die Studien zwei Interventionsgruppen hatten, wobei beide die gleiche Ernährungsbehandlung bekommen haben und eine zusätzliche noch körperliche Behandlung, wurde die IG mit reiner Ernährungsbehandlung als KG betrachtet, um die Ernährungseffekte beim Vergleich von IG zu KG zu bereinigen.

Da die Gruppen in den meisten Fällen unterschiedlich groß waren, wurden die Standardabweichungen im ersten Schritt gepoolt (s):

$$s = \sqrt{\frac{(n_1 - 1) \times s_1^2 + (n_2 - 1) \times s_2^2}{n_1 + n_2 - 2}}$$

n_1 = Summe der TN in IG

n_2 = Summe der TN in KG

s_1 = Standardabweichung IG

s_2 = Standardabweichung KG

Dann konnte die Cohens d mithilfe von mittleren Differenzen (x) durch folgende Gleichung ausgerechnet werden:

$$d = \frac{x_1 - x_2}{s}$$

x_1 = mittlere Differenz der IG

x_2 = mittlere Differenz der KG

Im nächsten Schritt wurde die Varianz (v_d) durch folgende Gleichung berechnet:

$$v_d = \frac{(n_1 + n_2)}{(n_1 \times n_2)} + \frac{d^2}{2 \times (n_1 + n_2)}$$

Durch die Wurzel von Varianz wurde Standardfehler (SE_d) berechnet:

$$SE_d = \sqrt{v_d}$$

Die Cohens d und SE wurden weiterhin in der Metaanalyse eingesetzt. Bei der Erstellung von Forest-Plots in Review Manager wurden folgende Schritte durchgeführt:

Data type: Generic inverse Variance,
Statistical Method: inverse Variance,
Analysis Model: Random effect,
Effect Measure: Std. Mean Difference.

Als Erstes wurden die Schrittzahlangaben eingesetzt, um herauszufinden, ob eine Intervention zur Erhöhung der Schritte führt. Weiterhin wurden alle anderen Parameter eingesetzt, die in eine nähere Auswertung eingeschlossen wurden. Um die Beschriftung der Achsen aller Plots einheitlich zu halten, wurden bei Eingabe von Cohens d für die Schritte und HDL die umgekehrten Vorzeichen eingegeben. Nach der Eingabe konnten die entstehenden Plots erstellt und extrahiert werden. Um die Effekte der unterschiedlich großen Schrittdifferenzen der Studien zu bewerten, wurde der nächste Schritt benötigt: die Studien bei der Eingabe zusätzlich absteigend nach der Schrittdifferenz der Gruppen sortieren. Durch diesen Schritt mussten einige weitere Studien aufgrund von fehlenden Informationen zur Schrittdifferenz in der KG ausgeschlossen werden. Die verbleibende Studienanzahl wäre zu niedrig und die Schrittdifferenzen unbedeutend. Diese Schritte wurden zwar durchgeführt, jedoch nicht weiterhin ausgewertet und interpretiert. Aufgrund dessen wurde im Anschluss weitere Fragestellung mit einer definierten Schrittdifferenz formuliert, um die möglichen Trends zu beobachten:

Hat eine Erhöhung der täglichen Schrittzahl von mindestens 2500 Schritten infolge von Schrittzählerinterventionen einen Effekt auf BMI, Blutdruck und Blutparameter bei Patienten mit Diabetes mellitus Typ 2?

Für die Schrittgrenze wurden 2500 Schritte bestimmt. Diese können innerhalb von 20–30-minütiges Gehen gedeckt werden. Laut Tudor-Locke et al. (2011) entsprechen 2.500 bis 3.000

Schritte etwa 30 Minuten Gehen in moderatem Tempo. Dies ermittelten die Autoren durch die direkte Berechnung von Personen, die auf einem Laufband bei einer Arbeitsbelastung von 3 MET liefen, was ungefähr einem normalen Gehen mit der Geschwindigkeit von ca. 4,5 km/h entspricht (Spireescu). Diese Berechnung wurde auch von anderen Autoren bestätigt. Ein Mensch mit der Größe von 1,70-1,90 Metern mit der Schrittlänge von ca. 70 cm wird bei normalem Gehen oder Spazieren eine Geschwindigkeit von 3,5 km/h die 2500 Schritte in 30 Minuten zurücklegen. Bei einem 1,50-1,70 Meter großem Mensch beträgt die Schrittlänge ca. 60 cm und dementsprechend werden bei gleicher Laufgeschwindigkeit in 30 Minuten insgesamt 2917 Schritte zurückgelegt (Lilling). Bei einem zügigen Gehen mit Tempo von 5,5 km/h kann mit gleicher Berechnung dieselbe Anzahl von Schritten in 20 Minuten zurückgelegt werden. Bei Patienten mit T2DM sind innerhalb von 20 Minuten selbstständigem Gehen die 2200 Schritte zurückzulegen (Tudor-Locke et al., 2002). Mit diesem Tempo ist die Grenze von 2500 Schritte in ungefähr 23 Minuten erreicht.

Für die Metaanalyse der Auswirkung der Schrittveränderung von mindestens 2500 Schritte/Tag auf die Parameter wurden alle Studiengruppen unabhängig von IG oder KG angeschaut und nach dem Ausmaß der Schrittveränderung im Laufe der Intervention sortiert. Hier wurden die Studiengruppen ausgeschlossen, die eine Ernährungsberatung anboten, da dies Effekte auf die Ergebnisse haben könnte und es nicht gereinigt werden konnte. Zunächst wurden die Studiengruppen genommen, die sich um 2500 Schritte und mehr/Tag verbessert hatten (Gruppe 1) und die, die eine Verminderung der Schritte im Laufe der Intervention erzielt hatten (Gruppe 2). Alle Studien aus der Gruppe 1 wurden in den Vergleich mit allen Studiengruppen Gruppe 2 eingesetzt. Dies wurde mit der gleichen Vorgehensweise wie bei dem Vergleich der IG zu der KG in Software Review Manager 5 durchgeführt (siehe oben). Bei der Eingabe wurden die Gruppenvergleiche zusätzlich absteigend nach der Schrittdifferenz sortiert. Dadurch konnten bei den erstellten Forrest-Plots zusätzlich Trends der Verschiebung beobachtet werden.

Für die Beantwortung folgender Fragestellung:

Kann sich die Veränderung der täglichen Schrittzahl infolge von Schrittzählerinterventionen auf BMI, Blutdruck und Blutparameter bei Patienten mit Diabetes mellitus Typ 2 auswirken,

wurde die Korrelation sowie Darstellung der Diagramme in Microsoft® Excel 2010 ausgerechnet bzw. erstellt. In die Berechnung wurden nur die Δ -Werte eingesetzt. Demzufolge konnten die Studien, die keine vollständige Messung zu beiden Zeitpunkten durchgeführt haben bzw.

die Veränderungswerte nicht geliefert haben, nicht in der Auswertung reingenommen werden. Die Korrelation für die absoluten Werte wurden aufgrund der Fragestellung nicht mit einbezogen.

Für die Berechnung der Pearsons Korrelation (r) wurde zuerst die Funktion „CORREL“ benutzt. Um die Signifikanz (p) zu berechnen, wurde die Berechnung von t-Wert benötigt. Das erfolgte durch händische Eingabe folgender Gleichung:

$$t = \frac{r \times \sqrt{n - 2}}{\sqrt{1 - r^2}}$$

$$n = \text{Summe der TN}$$

Als weiteren benötigten Schritt wurden noch die Freiheitsgrade (df) mit folgender Gleichung ermittelt:

$$df = n - 2$$

Die zwei Werte wurden in der Gleichung mit der ausgewählten Funktion „T.DIST.2T“ eingesetzt und dadurch die Signifikanz berechnet. Weiterhin wurden alle Δ -Werte in die jeweiligen Parameter in Punktdiagramme eingesetzt. Bei jedem Diagramm wurden die Achsen einheitlich beschriftet und es wurde die Trendlinie hinzugefügt.

Bei der Ausgabeninterpretation der Zusammenhänge wurde der Korrelationskoeffizient von $r > 0.9$ als sehr starke, $0.7-0.9$ als hohe, $0.5-0.7$ als mittlere, $0,2-0,5$ als geringere und $r < 0,2$ als sehr geringere Korrelation betrachtet. Die statistische Signifikanzgrenze für die Korrelation und Gesamteffekte wurde bei $p=0.05$ festgelegt. Bei den Werten für die Heterogenität über 75 % wurde eine erhebliche Heterogenität interpretiert. Die Werte bis 60 % wurden als Hinweis auf eine mäßige Heterogenität und bis 40 % als unbedeutende Heterogenität betrachtet. Für die Heterogenität wurde ein p-Wert von 0.10 verwendet.

4 Ergebnisse

Dieses Kapitel beinhaltet den Prozess der Studiauswahl und die relevanten Charakteristika der eingeschlossenen Publikationen sowie deren Risiko der Verzerrung. Um die Fragestellung zu klären, werden weiterhin die wichtigsten Ergebnisse der Datenanalyse dargestellt.

4.1 Literatur und Studiauswahl

Im ersten Schritt wurden nach der in der Methodik erwähnten und angewandten Suchsyntax 332 Studien gefunden. Nach dem Lesen von Titel und Abstrakt wurden insgesamt 267 Studien ausgeschlossen. Davon waren 31 Studien Duplikate und 236 weitere Studien waren unpassend oder erfüllten die Einschlusskriterien nicht. Dazu zählen die Studien, die keine T2DM Patienten als TN hatten ($n=26$), es sich um systematische Review oder Metaanalyse handelte ($n=9$), keine Intervention angeboten wurde ($n=59$), kein Volltext zur Verfügung stand ($n=51$), der Hauptfokus nicht auf Schrittzählerintervention lag ($n=43$), die kein relevantes Outcome stellten ($n=12$) und andere, die als nicht geeignet für die weitere Analyse bewertet wurden ($n=36$). Beim nächsten Schritt, der Volltextanalyse, mussten noch 48 weitere Studien ausgeschlossen werden. Es wurden weiterhin noch sechs Duplikate entdeckt und bei 42 Studien wurden die Einschlusskriterien nicht erfüllt. Bei 16 der ausgeschlossenen Studien wurde eine andere Einheit der täglichen Schritte für die körperliche Aktivität verwendet. Die sieben der Studien waren nur Beobachtungsstudien. Weitere vier Studien intervenierten keine T2DM-Patienten. Sieben Studien wurden ausgeschlossen, da diese nur den Zusammenhang der täglichen Schritte und der körperlichen Aktivität und keine anderen Parameter beobachteten. Bei zwei der Studien fehlte das Studienprotokoll. Aufgrund anderer Interventionsteile zusätzlich zu körperlicher Aktivität, die sich auf die Ergebnisse auswirken konnten, wurden noch sieben Studien ausgeschlossen. Insgesamt waren schließlich 16 Studien für diese Arbeit geeignet. Für den HbA1c-Wert wurde weiterhin noch eine Studie ausgeschlossen, da die Intervention zu kurz war (Araiza et al., 2006). Bei der Auswertung der Auswirkung von den täglichen Schritten auf die Gesundheitsparameter mussten die drei Studien ausgeschlossen werden, die zusätzlich eine Ernährungsbehandlung angeboten haben (Andrews et al., 2011; Hu et al., 2019; Tubili et al., 2010) (Abb. 4).

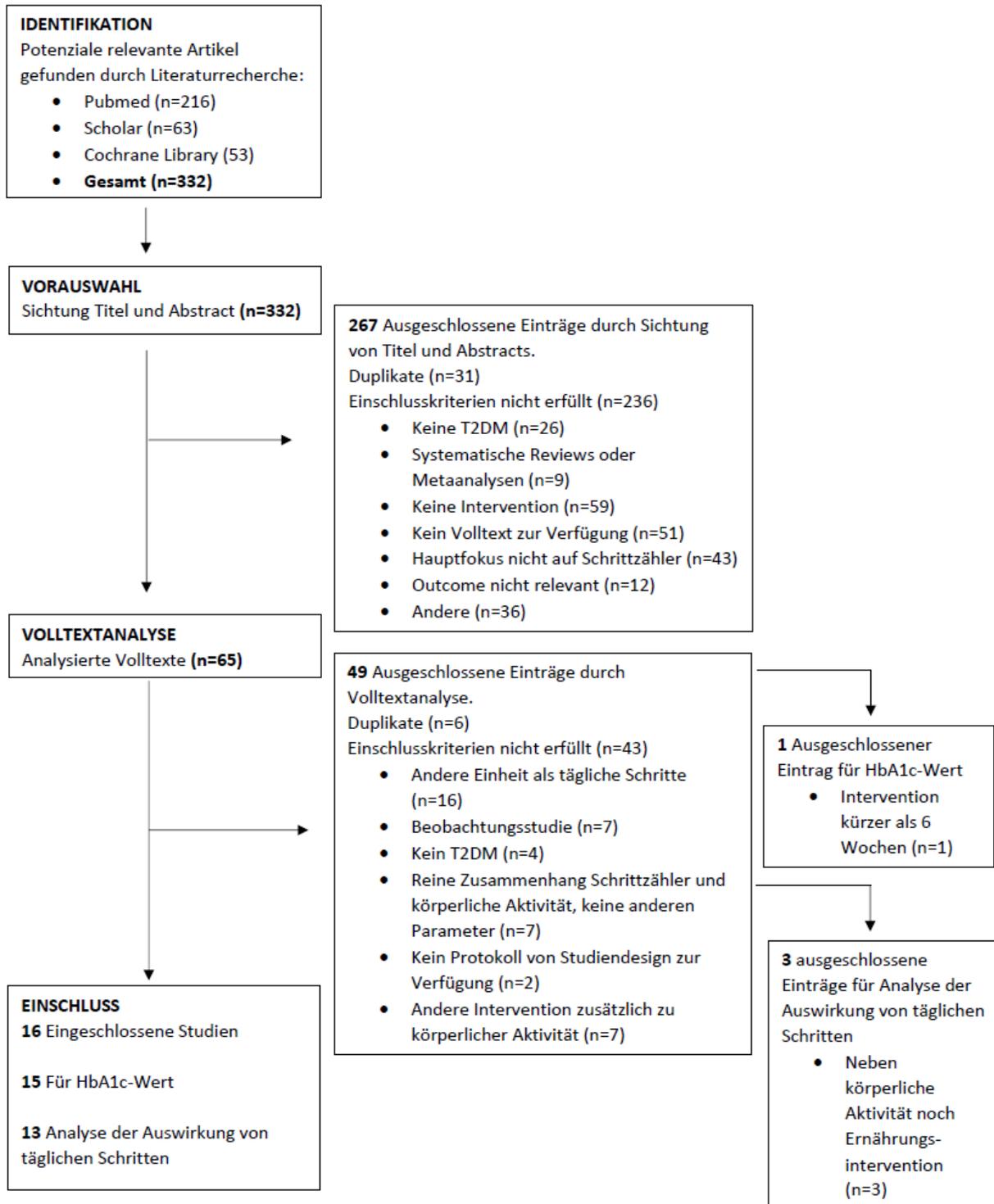


Abb. 4: Recherche im Flussdiagramm

4.2 Risk of Bias, Bewertung von Verzerrungsrisiko

Die Verzerrungsrisiken für jedes Kriterium der einzelnen Studien sind in Abbildung 5 zu sehen. Eine nähere Beschreibung der Bewertung befindet sich im Anhang A. Mögliche Quellen für die Verzerrung waren unzureichende Informationen, ungeeignete statistische Methoden bei der Analyse oder Baseline-Unterschiede zwischen den zwei Gruppen.

Von den 16 eingeschlossenen Studien lieferten elf eine adäquate Generierung der Randomisierungssequenz. In vier Studien (Dasgupta et al., 2017; Hu et al., 2019; Plotnikoff et al., 2013; Van Dyck et al., 2013) wurde eine Block-Randomisierung angewendet, in drei der Studien (Andrews et al., 2011; Arovah et al., 2018; De Greef et al., 2011) erfolgte die Randomisierung durch computergenerierte Zufallszahlen, wobei Andrews et al. (2011) zusätzlich eine Stratifizierung und Minimierung nach Alter, Geschlecht, Fitness und Blutdruck einsetzte. Zu weiteren eingesetzten Methoden gehörten nummerierte versiegelte Umschläge (Kirk et al., 2009), Tabelle mit Zufallszahlen (Piette et al., 2011), Stratifizierung nach Geschlecht und Alter (De Greef et al., 2010) oder nach Alter, HbA1c und BMI (Araiza et al., 2006). Die restlichen fünf Studien lieferten unzureichende Informationen zur Teilung der Gruppen.

Bei insgesamt sieben Studien erfolgte eine verdeckte Gruppenteilung, bei neun Studien standen unzureichende Informationen zur Verfügung, um dieses Kriterium zu entscheiden. Fünf der Studien (De Greef et al., 2010; De Greef et al., 2011; Hu et al., 2019; Kirk et al., 2009; Piette et al., 2011) benutzten versiegelte Umschläge und in zwei Studien (Andrews et al., 2011; Plotnikoff et al., 2013) erfolgte die Zuteilung telefonisch.

In allen Studien außer einer wurden Kriterien für die Verblindung von Studienpersonal/ -teilnehmern während der Behandlung sowie bei der Endpunkterhebung/ -bewertung mit einem geringerem Verzerrungsrisiko bewertet, da die benötigten Personen wie bspw. Forscher, Ärzte oder Labortechniker geblendet wurden oder der Einfluss der fehlenden Verblindung auf den Endpunkt als unwahrscheinlich bewertet wurde, da es sich um objektive Endpunkte handelte. Bei Tubili et al. (2010) konnte dieses Kriterium anhand wenige Informationen nicht bewertet werden.

Das fünfte Kriterium, fehlende Daten bei der Endpunkterhebung, erfüllten nur sieben Studien (Andrews et al., 2011; Arovah et al., 2018; De Greef et al., 2010; De Greef et al., 2011; Hu et al., 2019; Kirk et al., 2009; Tudor-Locke et al., 2004; Van Dyck et al., 2013) mit einem geringeren Bias, da fehlende Daten mit Hilfe von Intention-To-Treat Methode imputiert wurden. Die Gründe für ein hohes Risiko waren der Einsatz von nicht geeigneten statistischen Methoden (Diedrich et al., 2010; Tudor-Locke et al., 2004). Die verbliebenen sieben Studien wurden mit unklarem Verzerrungsrisiko bewertet, da eine unzureichende Beschreibung vorlag.

4 Ergebnisse

Insgesamt 14 Studien berichteten die Endpunkte selektiv und erfüllten somit das sechste Kriterium mit geringem Verzerrungsrisiko. Bei den restlichen zwei Studien (Diedrich et al., 2010; Tubili et al., 2010) wurde für das unklare Risiko entschieden.

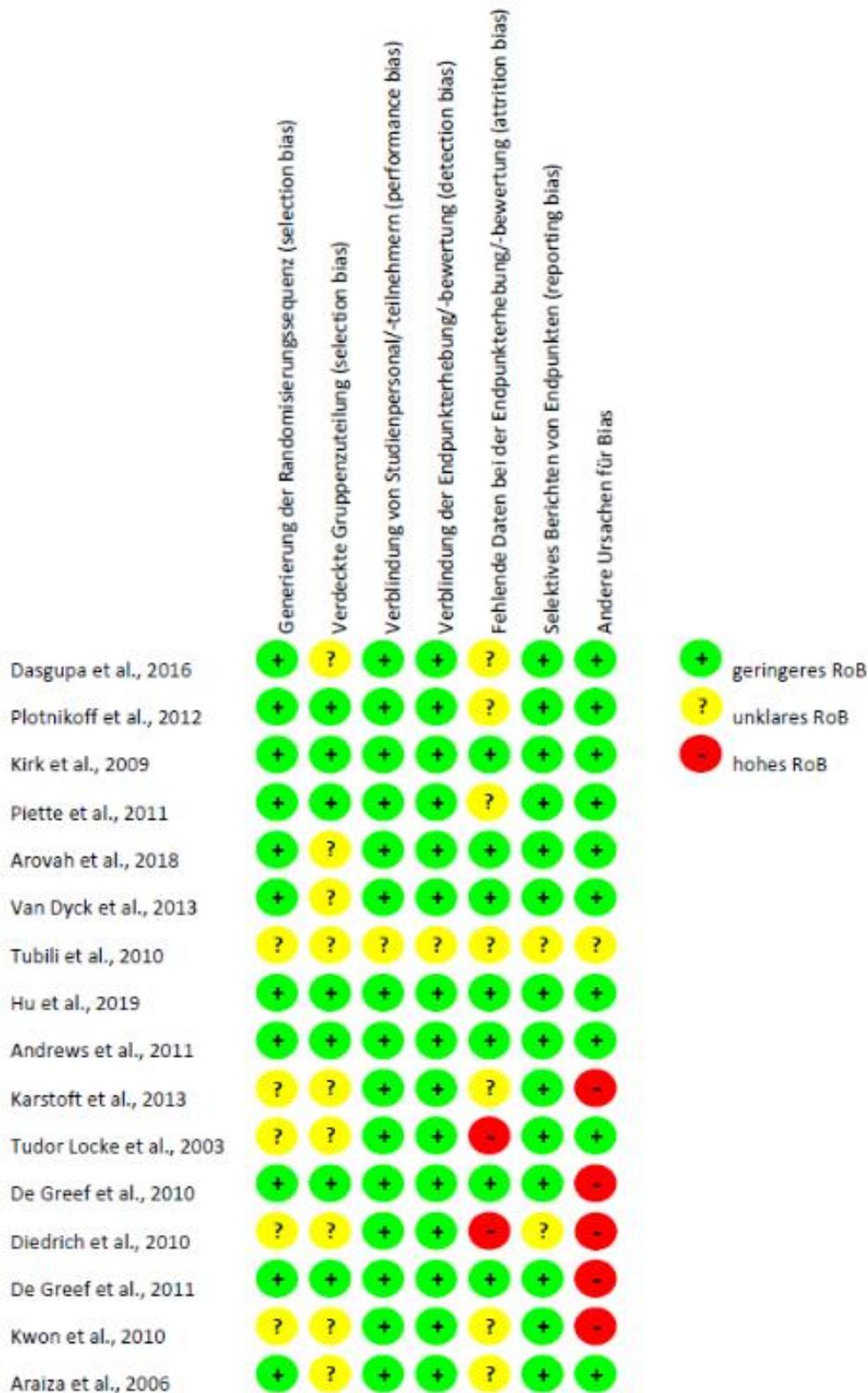


Abb. 5: Qualitätsbewertung der einzelnen Studien

Für das siebte Kriterium, andere Ursachen für Bias, wurde bei zehn Studien ein geringeres Verzerrungsrisiko zugewiesen. Tubili et al. (2010) bot nicht genügend Informationen und somit wurde das unklare Risiko zugeteilt. Fünf Studien wiesen signifikante Unterschiede zwischen den Gruppen bei Baseline-Messungen und somit ein hohes Verzerrungsrisiko auf. Die betroffenen Parameter waren Blutdruck (Karstoff et al., 2013), wahrgenommene Gesundheitsstatus (De Greef et al., 2010), BMI (Diedrich et al., 2010), Geschwindigkeitskonstante für das Verschwinden von Plasmaglucoose (Kwon et al., 2010) oder BMI zusammen mit Taillenumfang und diastolischen Blutdruck (De Greef et al., 2011).

4.3 Charakteristik der eingeschlossenen Studien

Die Tabelle 4 charakterisiert die 16 eingeschlossenen Studien. Die Studien wurden zwischen den Jahren 2003 und 2019 publiziert. Alle Studien standen in englischer Sprache zur Verfügung. Folgend werden einzelne Komponenten (Teilnehmern, Interventions- und Kontrollgruppe) beschrieben und innerhalb der Studien verglichen.

Tab. 4: Charakteristik der eingeschlossenen Studien

Publikation	Titel	TN (n)	Age MW (SD)	Interventions- und Kontrollgruppe	Dauer (Mo)
Dasgupa et al. (2016)	<i>Physician step prescription and monitoring to improve ARTERial health (SMARTER): A randomized controlled trial in patients with type 2 diabetes and hypertension</i>	174	60,0 (11,2)	IG: Arztbesuche mit Schrittzahlziele: Erhöhung um 3000 Schritte/Tag	12
		173	59,4 (11,4)	KG: Bewegungsempfehlung 30-60 Minuten/Tag	
Plotnikoff et al. (2012)	<i>Alberta Diabetes and Physical Activity Trial (ADAPT): A randomized Trial Evaluating Theory-Based Interventions to Increase Physical Activity in Adults with Type 2 Diabetes</i>	97	61,4 (12,6)	IG1: Schrittzähler + Tagebuch, Leitlinien für körperliche Aktivität, Materialien zur Verhaltensänderung	12
		96	62,3 (11,1)	IG2: wie IG1 + telefonische Beratung zu körperlicher Aktivität	
		94	61,0 (11,7)	KG: Leitlinien für die körperliche Aktivität	
Kirk et al. (2009)	<i>Original Article: Organisation and Delivery of Care A randomized trial investigating the 12-month changes in physical activity and health outcomes following a physical activity consultation delivered by a person or in written form in Type 2 diabetes: Time2Act</i>	47	60,9 (9,6)	IG1: Schrittzähler + Arbeitsbuch, 12-wöchigen Wanderplan, Strategien zur Steigerung der Selbstwirksamkeit, ärztliche Beratung und telefonische Nachfassaktionen, Einführungseinzelberatung	12
		52	63,2 (10,6)	IG2: wie IG1 ohne Einführungseinzelberatung	
		35	59,2 (10,4)	KG: Standardbehandlung	
Piette et al. (2011)	<i>A Randomized Trial of Telephone Counseling plus Walking for Depressed Diabetes Patients</i>	145	55,1 (9,4)	IG: telefonisch durchgeführte kognitive Verhaltenstherapie mit einem Schrittzählerbasierten Bewegungsprogramm	12
		146	56,0 (10,9)	KG: erweiterte Standardbehandlung	
Arovah et al. (2018)	<i>Walking with Diabetes (WW-DIAB) programme a walking programme for Indonesian Type 2 diabetes mellitus patients: A pilot randomised controlled trial</i>	21	65,1 (5,2)	IG: Schrittzähler + Tagebuch; Intervention nach sozial-kognitiver Theorie, Textnachrichten	6
		22	65,9 (6,5)	KG: Schrittzähler + Tagebuch	

4 Ergebnisse

Publikation	Titel	TN (n)	Age MW (SD)	Interventions- und Kontrollgruppe	Dauer (Mo)
Van Dyck et al. (2013)	<i>The relationship between changes in steps/day and health outcomes after a pedometer-based physical activity intervention with telephone support in type 2 diabetes patients</i>	60	62 (9)	IG: Schrittzähler + Tagebuch; telefonische Beratungen; Prinzipien der kognitiven Verhaltenstherapie	6
		32	über beiden Gruppen	KG: Standardbehandlung ohne Anweisungen	
Tubili et al. (2010)	<i>Pedometer use is beneficial for type 2 diabetes Mellitus patients if included in education programs</i>	20	k. A.	IG: Schrittzähler mit individuellem Beratungsprogramm, Schwerpunkt Ernährung und körperlicher Aktivität	6
		20		KG: reine Ernährungsberatung	
Hu et al. (2019)	<i>Effects of a diet with or without physical activity on angiotensin-like protein 8 concentrations in overweight/obese patients with newly diagnosed type 2 diabetes: a randomized controlled trial</i>	128	51,4 (10,7)	IG: Schrittzähler + Tagebuch, zügiges Gehen mindestens 30 Minuten 5 Tage/Woche, körperliche Aktivität erhöhen mit beibehalten, Diät, monatliche Gruppensitzungen	6
		128	53,1 (10,8)	KG: Beibehaltung bisheriger körperlicher Aktivität, Diät, monatliche Gruppensitzungen	
Andrews et al. (2011)	<i>Diet or diet plus physical activity versus usual care in patients with newly diagnosed type 2 diabetes: the Early ACTID randomised controlled trial</i>	246	60 (9,7)	IG: Schrittzähler + Tagebuch, zügiges Gehen mindestens 30 Minuten 5 Tage/Woche, Ernährungsberatung	6
		248	60,1 (10,2)	KG: Ernährungsberatung	
Karstoft et al. (2013)	<i>The Effects of Free-Living Interval-Walking Training on Glycemic Control, Body Composition, and Physical Fitness in Type 2 Diabetic Patients</i>	12	60,8 (2,2)	IG1: Schrittzähler mit Trainingsfunktion + Sitzungen mit Datenaupload, 5x60 min/Woche kontinuierliches Gehen bei 55% VO2max	4
		12	57,5 (2,4)	IG2: wie IG1, statt kontinuierliches Gehen jeweils dreiminütige Intervalle bei und unterhalb 70% VO2max	
		8	57,1 (3,0)	KG: Schrittzähler + selbstständige monatliche Datenaupload, gewohnter Lebensstil fortzusetzen	
Tudor Locke et al. (2004)	<i>Controlled outcome evaluation of the First Step Program: A daily physical activity intervention for individuals with type II diabetes</i>	24	52,8 (5,7)	IG: Schrittzähler + Tagebuch, Selbstbeobachtung und selbstbestimmter Zielsetzung; Postkarten als Dankeschön, Gruppensitzungen in der Einführungsphase	4
		23	52,5 (4,8)	KG: Postkarten als Dankeschön	

4 Ergebnisse

Publikation	Titel	TN (n)	Age MW (SD)	Interventions- und Kontrollgruppe	Dauer (Mo)
De Greef et al. (2010)	<i>A cognitive-behavioural pedometer-based group intervention on physical activity and sedentary behaviour in individuals with type 2 diabetes</i>	20	61,3 (6,3)	IG: ein kognitiv-behaviorales Programm: Schrittzähler + Tagebuch, Erhöhung der Selbstwirksamkeit, Zielsetzung und -erreicherung, Gruppensitzungen	3
		21	61,3 (6,9)	KG: Standardbehandlung	
Diedrich et al. (2010)	<i>Promoting Physical Activity for Persons With Diabetes</i>	16	56,7 (13,6)	IG: Schrittzähler-basierte Programm + Arbeitsbuch	3
		17	54,9 (9,8)	KG: Standardbehandlung	
De Greef et al. (2011)	<i>Increasing Physical Activity in Belgian Type 2 Diabetes Patients: a Three-Arm Randomized Controlled Trial</i>	22	66,6 (9,5)	IG1: Schrittzähler + Tagebuch, körperliche Einzelberatung, individuelle Zielsetzung, Steigerung der Selbstwirksamkeit	3
		21	70 (6,3)	IG2: wie IG1, Gruppenberatung statt Einzelberatung	
		24	66,0 (11,1)	KG: Standardbehandlung	
Kwon et al. (2010)	<i>Effects of Aerobic Exercise on Abdominal Fat, Thigh Muscle Mass and Muscle Strength in Type 2 Diabetic Subject</i>	13	55,5 (7,5)	IG: anaerobes Training für 60 Minuten 5x/Woche	3
		14	57,5 (8,6)	KG: Standardbehandlung, Routineaktivität beizubehalten	
Araiza et al. (2006)	<i>Efficacy of a pedometer-based physical activity program on parameters of diabetes control in type 2 diabetes mellitus</i>	15	49 (11)	IG: Schrittzähler + Tagebuch, 10000 Schritte am mindestens 5 Tage/Woche, Beibehaltung der Essgewohnheiten	1,5
		15	51 (10)	KG: Schrittzähler + Tagebuch, Beibehaltung der Aktivitäts- und Essgewohnheiten	

TN= Teilnehmer, MW= Mittelwert, SD= Standardabweichung, Mo= Monate, IG= Interventionsgruppe, KG= Kontrollgruppe, VO_{2max}= maximale Sauerstoffaufnahme,

Die eingeschlossenen Studien beschäftigten sich mit der Auswirkung der zurückgelegten täglichen Schritte auf die verschiedenen Gesundheitsparameter bei Patienten mit T2DM. Einige Studien führten neben der Baseline-Messung und Messung direkt nach der Intervention mehrere Messzeitpunkte durch, wobei ein zusätzlicher Messzeitpunkt in Mittelzeitpunkt der Intervention erfolgte (Andrews et al., 2011; Arovah et al., 2018; Kirk et al., 2009) oder als langfristige Messung in einer Nachbeobachtungszeit nach der Intervention eingesetzt wurde (De Greef et al., 2010; Van Dyck et al., 2013).

4.3.1 Teilnehmer

Alle Studien beschäftigten sich ausschließlich mit erwachsenen Patienten. Die meisten Studien (n=11) setzten die reine Diagnose von T2DM als Einschlusskriterium ein. Dasgupta et al. (2017) schloss die Patienten ein, die mit T2DM, Bluthochdruck oder beidem diagnostiziert wurden. Zwei Studien (Hu et al., 2019; Kwon et al., 2010) legten als zusätzliches Einschlusskriterium Fettleibigkeit fest, sodass sie sich mit fettleibigen Erwachsenen mit T2DM beschäftigten. Zusätzlich rekrutierten Kwon et al. (2010) nur Frauen. Tubili et al. (2010) rekrutierte nur T2DM Patienten mit metabolischem Syndrom und Piette et al. (2011) T2DM Patienten mit zusätzlicher Depressionsdiagnose.

Die Therapie der T2DM Patienten über alle Studien hinweg war bezüglich der TN heterogen. Manche Studien rekrutierten alle Patienten mit T2DM, unabhängig von der Therapie (n=6), zehn der Studien rekrutierten Patienten nur mit bestimmter Therapieform. Drei der Studien nahmen nur Teilnehmer auf, die entweder mit oralen Antidiabetika oder Insulin behandelt wurden (Arovah et al., 2018; De Greef et al., 2011; Piette et al., 2011). Weitere vier Studien definierten Insulintherapie als Ausschlusskriterium, sodass die Patienten entweder nur mit oraler Medikation oder reine Diät behandelt wurden (Hu et al., 2019; Karstoff et al., 2013; Piette et al., 2011; Tubili et al., 2010). Araiza et al. (2006) und Andrews et al. (2011) nahmen nur Patienten auf, die mit einer oralen Medikation behandelt wurden und Kwon et al. (2010) grenzte die orale Medikation nur auf Metformin ab.

Die gesamte TN-Anzahl über alle eingeschlossenen Studien hinweg beträgt 2261 TN. Die niedrigste Teilnehmeranzahl in der Studie betrug 27 TN (Kwon et al., 2010), wobei die IG 13 und die KG 14 TN beinhaltete. In der Studie von Karstoff et al. (2013) waren insgesamt 32 TN vorhanden, die in drei Gruppen geteilt wurden. Somit waren in der KG acht TN und in beiden IGs jeweils zwölf TN. Die größten Teilnehmerzahlen rekrutierten Andrews et al. (2011) mit einer Größe von insgesamt 579 TN und Hu et al. (2019) mit einer Größe von 384 TN. Acht Studien wiesen eine TN-Anzahl von unter 55 Studienprobanden mit einer Gruppengröße von ca. 20 TN auf. Bei den restlichen Studien reichte die Teilnehmerzahl von 67 bis zu 291 TN.

Bei allen eingeschlossenen Studien, ausgenommen Tubili et al. (2010), der keine Daten zu durchschnittlichen Alter den Patienten lieferte, betrug das Durchschnittsalter ca. 59 Jahre. Die Patienten befanden sich in dem durchschnittlichen Gruppenalter von 50 (Araiza et al., 2006) bis 67,5 (De Greef et al., 2011) Jahren.

4.3.2 Interventionsgruppe

Alle TN jeder Studie bekamen sowohl in KG als auch in IG übliche Diabetesversorgung. Die Interventionsdauer reichte von sechs Wochen (Araiza et al., 2006) bis zu zwölf Monaten (Kirk et al., 2009; Piette et al., 2011; Plotnikoff et al., 2013). Am häufigsten vorkommende Interventionsdauer waren sechs Monate (insgesamt n=5), gefolgt von drei Monaten (insgesamt n=4) und zwölf Monate (n=4). Zwei Studien dauerten vier Monate und eine Studie sechs Wochen (Tab. 4).

In der Überwachung der täglichen Schrittzahl waren sich viele Studien ähnlich. In elf der Studien bekam die IG die Schrittzähler mit zusätzlichem Tagebuch für ganze Interventionszeit zur Verfügung gestellt. In dem Tagebuch sollten die TN nach jedem Tag ihre tägliche Schrittzahl aufschreiben und sich somit selbst reflektieren. In der Studie von Tubili et al. (2010) hatten die TN zwar die Schrittzähler die ganze Zeit zur Verfügung, sollten jedoch nicht ihre geschaffte Schrittzahl eintragen. Auch die TN aus der Studie von Dasgupta et al. (2017) trugen keine Schritte in das Arbeitsbuch ein, sondern sie bekamen bei jedem ärztlichen Besuch die tägliche Schrittzahl vorgeschrieben und kontrollierten dadurch ihre Schritte. Ähnlich war es auch bei Kirk et al. (2009), wo die TN Arbeitsbücher mit Zielen bekamen, ihre Schritte aber nicht notieren sollten. Bei Karstoff et al. (2013) wurden die Daten jede zweite Woche bei der Sitzung hochgeladen und über die Trainingserfolge diskutiert. Kein Feedback hatten die TN aus der Studie von Kwon et al. (2010), da die Sensoren nun zehn Tage lang zu den Messzeitpunkten getragen wurden.

Unabhängig von dem Modell des Messgerätes benutzten insgesamt zehn Studien den Schrittzähler Yamax Digiwalker. Die eingesetzten Modelle waren SW-200 (Arovah et al., 2018; Diederich et al., 2010; De Greef et al., 2010; De Greef et al., 2011; Tudor-Locke et al., 2004; Van Dyck et al., 2013), SW-701 (Araiza et al., 2006; Dasgupta et al., 2017; Hu et al., 2019) und CW200 (Andrews et al., 2011). Andere eingesetzte Messgeräte waren Omron HJ-720 ITC (Piette et al., 2011), Oregon Scientific (Tubili et al., 2010), Lifecorder (Kwon et al., 2010) oder AntiGraph GT1M (Kirk et al., 2009). Plotnikoff et al. (2013) und Karstoff et al. (2013) gaben keine Angabe zu dem Messgerät an.

In den sieben Studien wurden spezifische Anweisungen für körperliche Aktivität angegeben. Den TN in der Studie von Araiza et al. (2006) wurde vorgeschrieben, am mindestens 5 Tage/Woche 10000 Schritte zu gehen. Bei Dasgupta et al. (2017) wurden die TN angeleitet,

dass sie im Laufe der Interventionsdauer ihre täglichen Schritte gegenüber dem Ausgangswert um 3000 Schritte erhöhen. Die TN in der Studie von Hu et al. (2019) wurden ermutigt, an mindestens 5 Tage/Woche mindestens 30 Minuten zügig zu gehen und ihre körperliche Aktivität somit innerhalb von 5 Wochen schrittweise erhöhen und danach auf dem Niveau zu bleiben. Auch die TN von Andrews et al. (2011) sollten an 5 Tage/Woche mindestens 30 Minuten zügig zu gehen. Kwon et al. (2010) schrieb der Interventionsgruppe ein aerobes Training vor, in dem 5x/Woche 60 Minuten körperlicher Aktivität bei der aeroben Schwellenintensität zu schaffen waren. Die TN beider Interventionsgruppen aus der Studie von Karstoft et al. (2013) absolvierten 5 Trainingseinheiten/Woche mit der Dauer von 60 Minuten. Die TN der IG1 absolvierten ein kontinuierliches Gehen bei 55% VO_{2max} im Gegensatz zu IG2, die ein Intervalltraining bei 70% VO_{2max} durchführten. Die TN von Kirk et al. (2009) bekamen einen Wanderplan und Leitlinien für lokale Bewegungsangebote. Die restlichen neun Studien erhielten ein schrittzählerbasiertes Laufprogramm, das meistens mithilfe des Tagebuchs durchzuführen war.

In drei der Studien erhielten alle TN der IG sowie KG eine Ernährungsberatung (Andrews et al., 2011; Tubili et al., 2010) oder Diät vorgeschrieben (Hu et al., 2019). Die TN der IG dieser drei Studien bekamen zusätzlich noch körperliche Intervention. Die TN bei Araiza et al. (2006) sollten übliche Essgewohnheiten beibehalten. Bei den restlichen zwölf Studien erhielten die TN keine spezifischen Anweisungen zur Ernährung.

Sieben der Studien stützten sich auf die sozial-kognitive Theorie, die eine der häufigsten verwendeten Theorien zur Steigerung des körperlichen Aktivitätsniveaus vorstellt (Allen, 2004). Dieses Konzept geht von dem Determinismus aus, dass ein bestimmtes Verhalten, in unserem Beispiel körperliche Aktivität, mit persönlichen Faktoren und Umweltfaktoren verbunden ist. Daraus folgt, dass eine Steigerung der körperlichen Aktivität zu erwarten ist, wenn sich die anderen zwei Faktoren verbessern. Die Faktoren teilt man in vier zentrale Konstrukte ein: Selbstwirksamkeit, Ergebniserwartung, Selbstregulation und soziale Unterstützung (ebd.). Anhand dieser Theorie setzte Arovah et al. (2018) Textnachrichten ein. Es wurde in der ersten Interventionshälfte (ersten 12 Wochen) 1-3x/Tag eine Textnachricht mit theoretischem Material aus Arbeitsbuch verschickt. Die TN in der Studie von De Greef et al. (2010) bekamen im Laufe der Intervention insgesamt fünf kognitiv-verhaltenstherapeutische Gruppensitzungen von 90 Minuten inklusive Inhalte wie kognitiver Verhaltenstherapie und motivationale Gespräche. Bei Van Dyck et al. (2013) erhielten die TN sieben Telefonate mit Beratung u. a. zur Zielsetzung, Selbstwirksamkeit, Selbstbeobachtung, Problemlösungsstrategie und sozialen Unterstützung. In der Studie von De Greef et al. (2011) gab es zwei IGs, wobei eine Gruppe drei Gruppenberatungen á 90 Minuten und die anderen drei individuelle 15-minütige persönliche Konsultation bekamen. Die Inhalte waren in beiden Gruppen ähnlich und haben sich auch

an der kognitiven Verhaltenstherapie orientiert. Piette et al. (2011) konzentrierte sich bei der kognitiven Verhaltenstherapie auf die depressiven Symptome den TN. Dabei wurden zusätzliche telefonische Beratungen und Sitzungen angeboten, die sich mit depressiven Symptomen und dem Zusammenhang zwischen Depression, körperlicher Aktivität und Diabetes beschäftigten. Tudor-Locke et al. (2004) benutzten als Instrument das Tagebuch zur Selbstbeobachtung und jeder TN bestimmte seine Bewegungsziele. Kirk et al. (2009) orientierte sich an der Steigerung der Selbstwirksamkeit. Die TN wurden in zwei IGs eingeteilt, wobei eine Gruppe eine persönliche und die andere eine schriftliche Bewegungsberatung bekam. Die Bewegungsberatung beschäftigte sich mit folgenden Schwerpunkten: Arten von körperlicher Aktivität, Bedeutung für Gesundheit, Erkennung und Überwindung von Gründen für keine Aktivität, soziale Unterstützung, Verhinderung von Rückfällen und Entwicklung von Zielen. Die IG mit der persönlichen Bewegungsberatung erhielt zusätzlich zwei 30-minütige Einzelberatungen, einmal zu Beginn und einmal nach sechs Monaten. Nebenbei führten beide IGs im Laufe der Intervention insgesamt drei Telefonanrufe als Nachfassaktionen durch: nach dem ersten, dritten und sechsten Monat.

Außerdem sind in den Studien auch Beratungen vorgekommen, die sich nicht mit dem ganzheitlichen Konzept der sozial-kognitiven Theorie beschäftigten. Hu et al. (2019) boten die Gruppensitzungen an, die Ernährung und Bewegungsprotokolle thematisierten. Die TN bei Tudor-Locke et al. (2004) bekamen in der Einführungsphase, also in den ersten vier Wochen, zusätzliche Gruppenberatungen. In der Studie von Karstoft et al. (2013) absolvierten die TN jede zweite Woche eine Sitzung mit Datenupload und Feedback der Trainingserfolge. Die TN von Tubili et al. (2010) erhielten ein individuelles, nicht näher definiertes Beratungsprogramm. Drei Studien (Piette et al., 2011; Plotnikoff et al., 2013; Van Dyck et al., 2013) führten in der IG telefonische Beratungen zur körperlichen Aktivität durch, die je nach Interventionszeitpunkt wöchentlich, zweiwöchentlich oder monatlich angeboten wurden. Die verbliebenen fünf Studien boten keine weiteren definierten Beratungen oder Sitzungen an (Andrews et al., 2011; Araiza et al., 2006; Dasgupta et al., 2017; Diedrich et al., 2010; Kwon et al., 2010).

4.3.3 Kontrollgruppe

Was die Behandlung der KG betrifft, waren die Studien sehr unterschiedlich. In drei Studien erhielt die KG ebenfalls einen Schrittzähler, wo die TN ihre Aktivität entweder in das Tagebuch eintrugen (Araiza et al., 2006; Arovah et al., 2018) oder monatlich die Schrittzählerdaten hochladen (Karstoft et al., 2013). In allen drei Fälle bekamen die KG keine spezifischen Anweisungen zur körperlichen Aktivität. Die KGs in den verbleibenden Studien trugen die Schrittzähler entweder nur für die Messzeitpunkte mit Dauer von drei bis zu zehn Tage (n=10) oder sie bekamen gar keinen Schrittzähler (Andrews et al., 2011; Diedrich et al., 2010; Tubili et al.,

2010) und lieferten so keine Daten zu der täglichen Schrittzahl. In der Studien von Dasgupta et al., (2017) und Tudor-Locke et al. (2004) waren die Schrittzähler zusätzlich versiegelt und überklebt.

In den Studie von Dasgupta et al. (2017) wurde der KG die 30-60 Minuten Bewegung am Tag empfohlen. Piette et al. (2011) stellte der KG zusätzlich zur üblichen Betreuung noch ein Selbsthilfe-Handbuch zur Verfügung, das auf der kognitiven Verhaltenstherapie für Depressionen basiert. Dies beinhaltete Aufklärungsmaterial über Depression, Gehen und Diabetes und eine Liste mit lokalen Ressourcen für Depressionen. TN von Plotnikoff et al. (2013) erhielten ein Faltblatt mit Richtlinien für körperliche Aktivität und Kirk et al. (2009) gab den TN Telefonanrufe. Drei Studien bekamen zwar eine Ernährungsberatung, jedoch keine Anweisungen zur körperlichen Aktivität (Andrews et al., 2011; Tubili et al., 2010) bzw. sollten die TN ihre Aktivität beibehalten (Hu et al., 2019). In insgesamt vier Studien (Araiza et al., 2006; Arovah et al., 2018; Karstoff et al., 2013; Kwon et al., 2010) wurde die KG angewiesen, ihre übliche körperliche Aktivität beizubehalten. In den restlichen fünf Studien bekam die KG keine spezifischen Anweisungen zur körperlichen Aktivität.

4.3.4 Ergebnisparameter

Alle Studien (n=16) beschäftigten sich mit der Veränderung der täglichen Schritte. Insgesamt 15 Studien sahen sich den HbA1c-Wert und neun Studien den Nüchtern-Glucose-Wert an. Neben dem am meisten getesteten Blutzuckerparameter kamen noch Insulin, 2-Stundenglucose und Nüchtern-Insulin, je dreimal und Glucosespiegel zweimal vor. Die am häufigsten vorkommenden anthropometrische Werte waren BMI (n=11), Körpergewicht (n=8) und Taillenumfang (n=10). Weitere weniger getestete anthropometrische Parameter waren Körperfettmasse (n=5), Waist-to-Hip-Ratio (n=2) (Dasgupta et al., 2017; Karstoff et al., 2013), viszerale Fettakkommodation (n=1) (Karstoff et al., 2013) und Muskelmasse (n=1) (Hu et al., 2019). Bei den Blutdruckwerten berichteten elf Studien über den systolischen und zehn Studien über den diastolischen Blutdruck. Für den Lipidspiegel wurden die Parameter LDL (n=8), HDL (n=10), Triglyzeride (n=9) und Gesamtcholesterin (n=11) gemessen. Weitere vorgekommene getestete Parameter waren kardiovaskuläre Parameter wie Herzfrequenz (n=2) (Dasgupta et al., 2017; Tudor-Locke et al., 2004) und PWV (n=1) (Dasgupta et al., 2017). In einigen Studien wurden auch der metabolische Parameter Ruheenergieverbrauch (n=2) (Araiza et al., 2006; Karstoff et al., 2013) getestet. Zu den psychischen Parametern zählten sozial-kognitive Parameter (n=1) (Arovah et al., 2018), Depression (n=1) (Piette et al., 2011) und Lebensqualität (n=2) (Arovah et al., 2018; Piette et al., 2011). Araiza et al. (2006) beschäftigte sich mit TRAP, Homocystein, MDA, PAI-1 und zusätzlich wie Dasgupta et al. (2017) und Hu et al. (2019) mit dem HOMA-IR.

4.4 Ergebnisse der Datenanalyse

Neben täglichen Schritten wurden insgesamt neun Parameter in die nähere Auswertung rein-genommen. Darunter zählen HbA1c, BMI, Taillenumfang, SBD, DBD, LDL, HDL, Triglyzeride und Gesamtcholesterin. Alle anderen Parameter, die seltener als achtmal vorkamen oder deren Aussagekraft bereits in anderen ausgewählten Parametern beinhaltet war, wurden nicht weiter ausgewertet.

4.4.1 Effekte der Schrittzählerinterventionen im Vergleich zu der Kontrollbe-handlung auf die tägliche Schrittzahl und Gesundheitsparameter

In dieser Auswertung konnten nur die Studien integriert werden, die eine Schrittangabe für die IG und die KG zu beiden Messzeitpunkten maßen und die Angaben der Veränderungen mit SD darstellten. Dies erfüllten 13 Studien. Bei den restlichen drei Studien wurden die Angaben ohne SD (Hu et al., 2019) oder statt SD mit Konfidenzintervallen (Arovah et al., 2018; Dasgupta et al., 2017) angegeben. Insgesamt vier der Studien (De Greef et al., 2011; Karstoff et al., 2013; Kirk et al., 2009; Plotnikoff et al., 2013) hatten zwei IGs, wobei beide im Vergleich zu der gleichen KG der Publikation eingesetzt wurden und somit jeweils mit zwei Gruppenverglei-chen in der Metaanalyse vorkommen. Somit standen 13 Studien mit insgesamt 17 Gruppen-vergleiche und 1330 TN zur Verfügung. Die Ergebnisse für alle Parameter befinden sich in Tabelle 5.

4.4.1.1 Tägliche Schrittzahl

Alle Studien (n=16) maßen die tägliche Schrittzahl zu dem Messzeitpunkt T1. Die Studie von Karstoff et al. (2013) maß keine Anzahl der Schritte zu T0, somit gab es keine Delta-Werte der Schritte. Drei Studien machten aufgrund fehlender Schrittzähler keine Angabe bei der KG (Andrews et al., 2011; Diedrich et al., 2010; Tubili et al., 2010). Es gab insgesamt 15 Studien (1944 TN) bzw. 30 Studiengruppen mit Angaben von Schritten durch die Intervention innerhalb der Gruppe, davon 18 IGs (1217 TN) und 12 KGs (727 TN). Für die Schrittdifferenz von IG zu KG gab es Daten von zwölf Studien bzw. 15 Studiengruppen.

Die tägliche Schrittzahl erhöhte sich im Laufe der Intervention durch alle Teilnehmer durch-schnittlich um 946 Schritte/Tag. Bei allen IGs wurden die Schritte durch die Intervention durch-schnittlich um 1645 Schritte/Tag erhöht, im Gegensatz dazu erniedrigten sich die Schritte in allen KGs um 104 Schritte/Tag. Die Schrittdifferenz zwischen dem Gruppen innerhalb der Stu-die reichte von 284 (Plotnikoff et al., 2013) bis zu 4027 Schritte/Tag (Tudor-Locke et al., 2004). Alle der Studien, die Daten aufgewiesen (n=12), zeigten eine Verbesserung der Schritte durch die Intervention im Vergleich zur KG. Insgesamt vier Studien davon zeigten eine

4 Ergebnisse

Schrittdifferenz von mindestens 2500 Schritten/Tag (Araiza et al., 2006; Kwon et al., 2010; Tudor-Locke et al., 2004; Van Dyck et al., 2013).

Aufgrund fehlender SD-Angaben in vier Studien wurden in die Metaanalyse vollständige Daten aus acht Studien mit insgesamt zehn Gruppenvergleichen mit 767 TN eingesetzt (Abb. 6). Die Ergebnisse brachten einen signifikanten Effekt der IG gegenüber der KG bezogen auf die Schrittveränderung ($p < 0.0001$) mit der signifikanten Studienheterogenität von $I^2 = 81\%$ (Abb. 6).

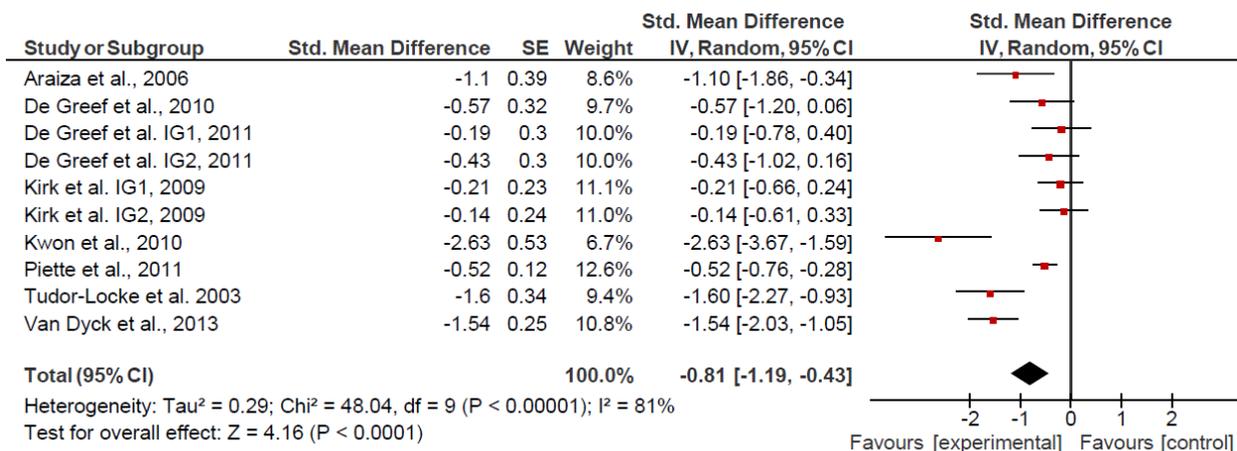


Abb. 6: Effekte der Intervention gegen Kontrollbehandlung auf die tägliche Schrittzahl

4.4.1.2 Gesundheitsparameter

Tab. 5: Effekte der Intervention gegen Kontrollbehandlung auf die Gesundheitsparameter

Parameter	Anzahl der Gruppen (n)	Anzahl der TN	Signifikanz (p)	Heterogenität in % (I^2)
Schritte	10	767	$<0.0001^*$	81**
HbA1c	15	1707	0.37	94**
BMI	14	1397	0.02*	9
Taillenumfang	10	980	0.10	0
SBD	11	1226	0.30	39
DBD	10	1134	0.17	16
LDL	8	1076	1	96**
HDL	11	1281	0.62	0
Triglyzeride	9	1116	0.42	95**
Gesamtcholesterin	12	1032	0.05*	65**

n= Anzahl der Interventionsgruppen, die in dem Vergleich zu Kontrollgruppe gestellt wurden⁴
 *Effekt signifikant, ** Hinweis auf eine mäßige bis erhebliche Heterogenität

⁴ Diese Anzahl kann sich von Studienanzahl unterscheiden, da einige Studien zwei Interventionen zum Vergleich hatten

4 Ergebnisse

Blutzuckerwerte

Insgesamt 15 Gruppenvergleiche mit 1707 TN wurden bei der Auswirkung der Intervention auf HbA1c ausgewertet. Es gab keinen signifikanten Effekt der Intervention gegen die KG ($p=0.37$). Die Studien wiesen eine signifikante Heterogenität von 94 % auf (Abb. 7).

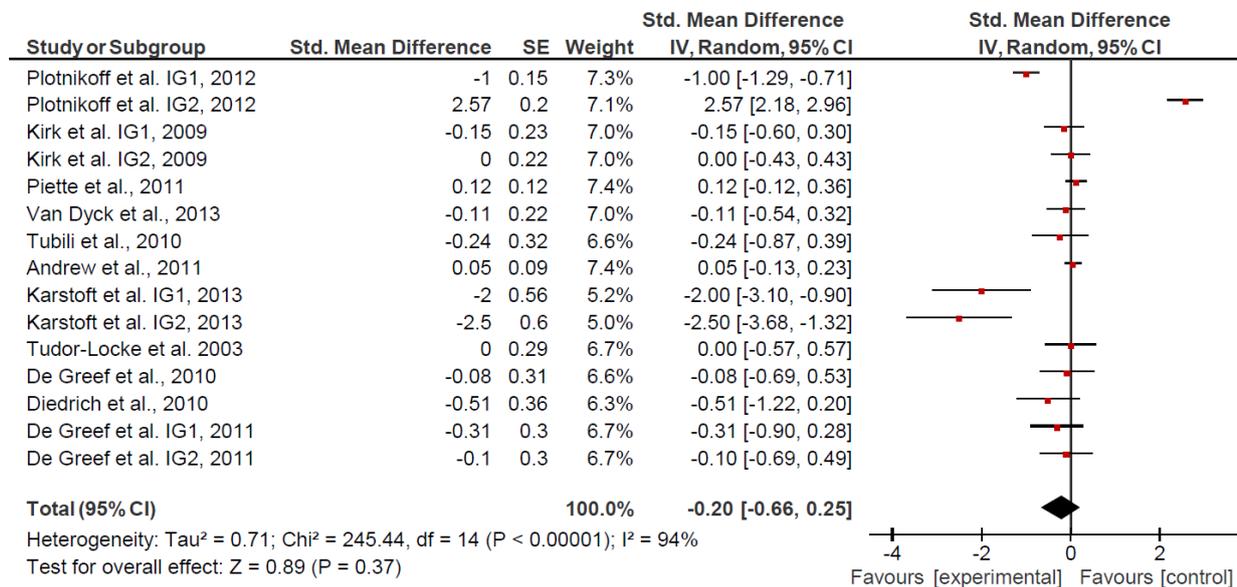


Abb. 7: Effekte der Intervention gegen Kontrollbehandlung auf HbA1c-Wert

Anthropometrie

Es wurden beim BMI 14 Gruppen mit 1397 TN und beim Taillenumfang zehn Gruppen mit 980 TN analysiert. Die Analyse zeigte einen signifikanten Effekt der Intervention auf den BMI-Wert ($p=0.02$) mit einer nicht signifikanten Heterogenität von 9 % auf (Abb. 8). Für den Taillenumfang konnten keine signifikanten Effekte ($p=0.10$) mit der Heterogenität von 0 % ($p=0.81$) gefunden werden (s. Anhang B).

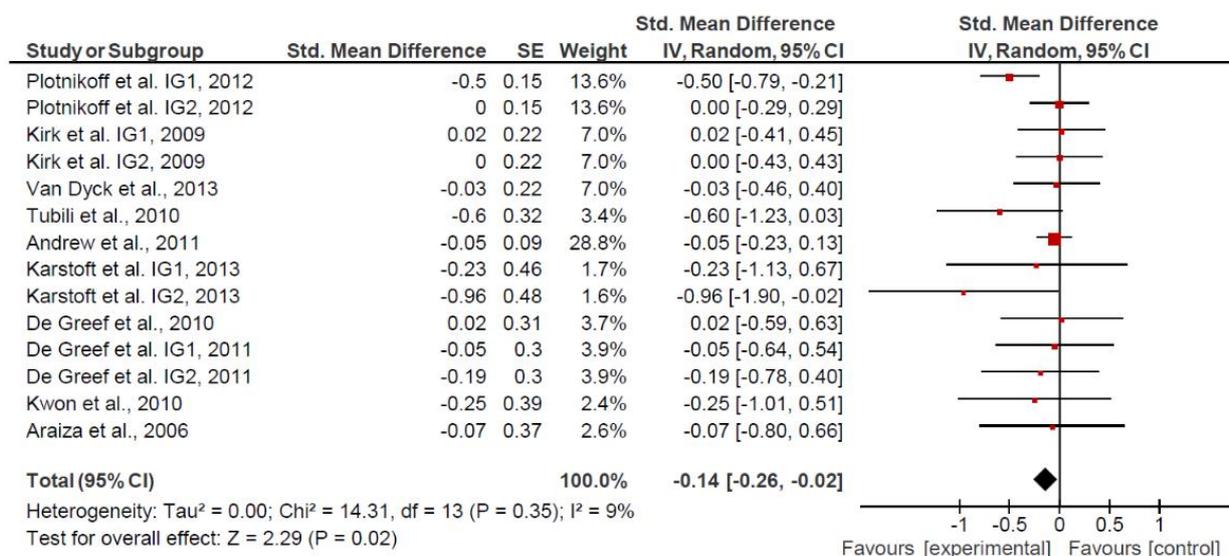


Abb. 8: Effekte der Intervention gegen Kontrollbehandlung auf BMI

4 Ergebnisse

Blutdruck

Für den systolischen und diastolischen Blutdruck standen elf bzw. zehn Gruppenvergleiche mit 1226 bzw. 1134 TN zur Verfügung. Für beide Parameter gab es keinen signifikanten Effekt ($p=0.30$ bzw. $p=0.17$). Die Studienheterogenität betrug für SBD 39 % ($p=0.09$) (Abb. 9) und für DBD 16 % ($p=0.30$) (Abb. 10).

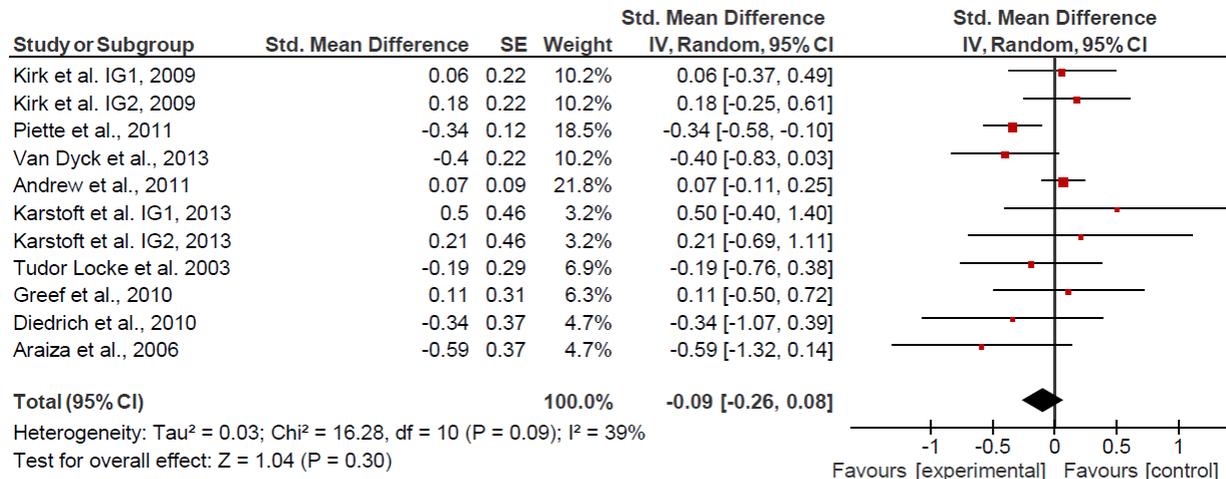


Abb. 9: Effekte der Intervention gegen Kontrollbehandlung auf systolischen BD

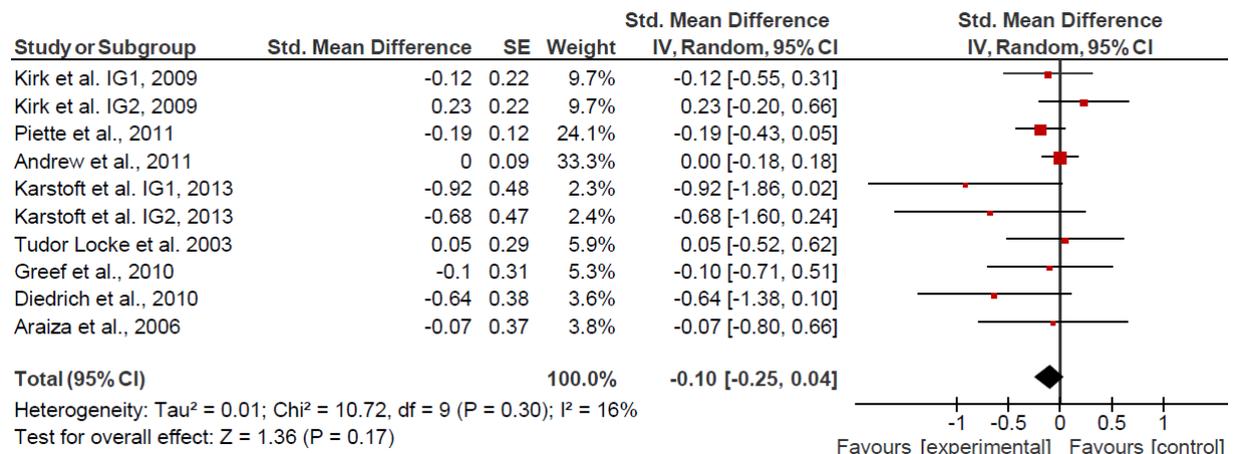


Abb. 10: Effekte der Intervention gegen Kontrollbehandlung auf diastolischen BD

Lipidspiegel

Für LDL standen acht Gruppenvergleiche mit 1076 TN und für HDL elf Gruppenvergleiche mit 1281 TN zur Verfügung. Für die Triglyzeride konnten neun und für das Gesamtcholesterin zwölf IGs mit 1116 bzw. 1032 TN in den Vergleich gesetzt werden. Es ergab sich ein signifikanter Effekt der IG gegenüber der KG bei Gesamtcholesterin ($p=0.05$) (Abb. 11). Die Studien zeigten eine signifikante Heterogenität von 65 % ($p=0.05$). Bei den anderen drei Lipidparametern brachten die Ergebnisse keine signifikanten Effekte (s. Anhang B).

4 Ergebnisse

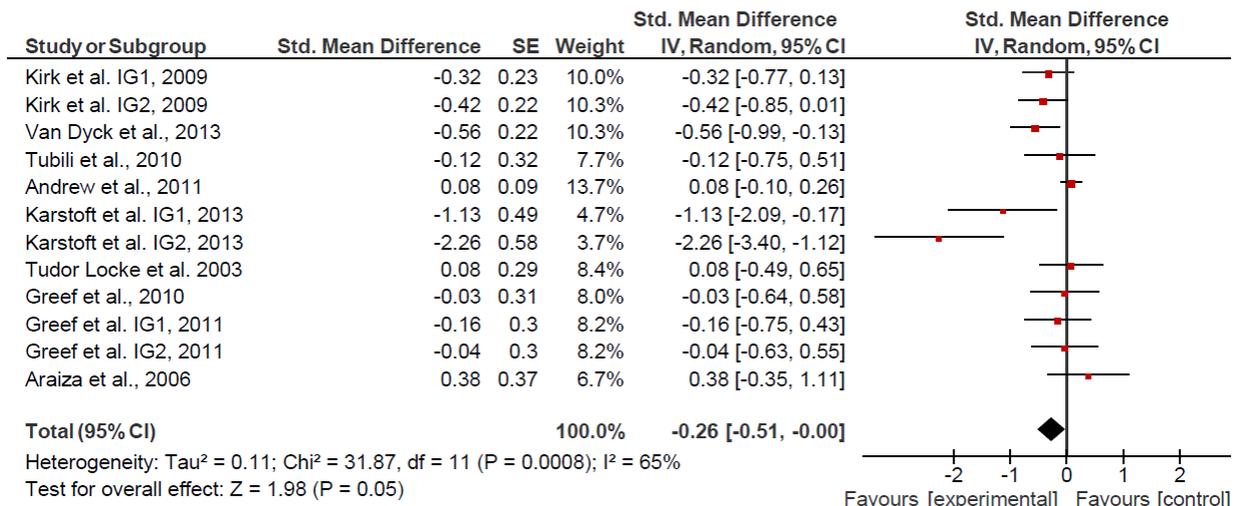


Abb. 11: Effekte der Intervention gegen Kontrollbehandlung auf Gesamtcholesterin

4.4.2 Zusammenhang zwischen Veränderung täglicher Schrittzahl und Veränderung der Gesundheitsparametern

Zwölf Studien wiesen Deltawerte in beiden Gruppen auf. Aufgrund der zusätzlichen Ernährungsintervention wurden die Daten von Andrews et al. (2011), Hu et al. (2019) und Tubili et al. (2010) ausgeschlossen. Die Studie von Karstoft et al. (2013) berichtete aufgrund fehlender Baseline-messung keine Deltawerte und die Studien von Andrews et al. (2011), Diedrich et al. (2010) und Tubili et al. (2010) beschrieben lediglich die Schrittzahlwerten der IG. Die Tabelle 6 zeigt die Studien mit den Delta-Werten getesteten Parametern. Die Tabelle 7 zeigt die Korrelation für jeden Parameter.

Tab. 6: Übersicht von Delta-Werte für tägliche Schrittzahl und Gesundheitsparameter

Publikation		Δ Schritte/ Tag	Δ HbA1c (%)	Δ BMI (kg/m ²)	Δ Taillen- umfang (cm)	Δ SBD (mmHg)	Δ DBD (mmHg)	Δ LDL (mmol/l)	Δ HDL (mmol/l)	Δ Trigly- ceride (mmol/l)	Δ Gesamt- choleste- rin (mmol/l)
Dasgupta et al. (2016)	IG	1120	-0,2	-0,18	0,07	-1,23	-1,45	-0,1	0,01	-0,15	-0,13
	KG	30	0,18	-0,03	0,22	0,36	-0,24	-0,08	0	0,02	-0,1
Plotnikoff et al. (2010)	IG1	-153	-0,08	0,2				-0,2	0,09	0	
	IG2	51	0,17	0,3				-0,3	0,07	-0,3	
	KG	-437	-0,01	0,3				-0,4	0,09	-0,1	
Kirk et al. (2009)	IG1	-200	-0,1	0,2	-0,9	-3	-4		0		-0,3
	IG2	-300	0,1	0,1	-0,9	-1	-1		-0,1		-0,4
	KG	-600	0,1	0,1	-1,5	-4	-3		0		0
Piette et al. (2011)	IG	1273	0,2			-5,2	-3,4				
	KG	175	0			0,4	-1,4				
Arovah et al. (2018)	IG	3338	-0,61								
	KG	1273	-0,53								
Van Dyck et al. (2013)	IG	2744	0,1	-0,01	-1	-1,55		-0,01	-0,04	0,02	-0,07
	KG	-1256	0,2	0,08	0	4,62		-0,12	-0,02	-0,03	0,28
Tubili et al. (2010)	IG	2631									
Hu et al. (2019)	IG	1416									
	KG	264									
Andrews et al. (2011)	IG	1222									
Tudor Locke et al. (2004)	IG	3370	-0,3		-1,8	-2,5	-0,4	-0,1	0,03	0,4	0,1
	KG	-657	-0,3		-0,4	0,7	-0,8	0,2	-0,03	0,4	0,01
Greef et al. (2010)	IG	2502	-0,2	0,1		-2,2	-3,5				-0,05
	KG	324	-0,1	0		0,36	-2,4				-0,02
Diedrich et al. (2010)	IG	2340	-1,58			2	-2,78				
Greef et al. (2011)	IG1	1706	-0,18	-0,9	-1,4						0,06
	IG2	837	-0,32	-0,3	-3,3						0,19
	KG	342	-0,07	0	0,3						0,23

4 Ergebnisse

Publikation		Δ Schritte/ Tag	Δ HbA1c (%)	Δ BMI (kg/m ²)	Δ Taillen- umfang (cm)	Δ SBD (mmHg)	Δ DBD (mmHg)	Δ LDL (mmol/l)	Δ HDL (mmol/l)	Δ Trigly- ceride (mmol/l)	Δ Gesamt- choleste- rin (mmol/l)
Kwon et al. (2010)	IG	2523		-0,8	-3,5						
	KG	-703		-0,1	-1						
Araiza et al. (2006)	IG	3190		-0,7	-0,8	-5,1	1,9	0,23	0,1	0,27	0,21
	KG	1		-0,3	1	7	2,6	-0,34	0,02	0,11	-0,25
Studien (n)	15	15	10	8	7	8	7	5	6	5	7
Gruppen (n)	30	30	22	19	16	16	14	11	14	11	16

IG= Interventionsgruppe, KG= Kontrollgruppe, HbA1c= Hämoglobin A1c, BMI= Body Mass Index, SBD= systolischer Blutdruck, DBD= diastolischer Blutdruck, LDL= Low Density Lipoprotein, HDL= High Density Lipoprotein

Tab. 7: Korrelation zwischen der Veränderung täglicher Schrittzahl und Veränderung von Gesundheitsparameter

Parameter	Anzahl der Gruppen (n)	Anzahl der TN	Korrelation (r)	Signifikanz (p)
HbA1c	22	1365	-0.50**	0,019*
BMI	19	1038	-0.61**	0,005*
Taillenumfang	16	744	-0.42	0,108
SBD	16	998	-0.37	0,157
DBD	14	906	0.10	0,725
LDL	11	803	0.41	0,209
HDL	14	937	0.21	0,463
Triglyzeride	11	803	0.40	0,228
Gesamtcholesterin	16	758	0.21	0,437

n= Anzahl der Gruppen, die die Veränderungswerte nachgereicht haben
 *Korrelation signifikant, **mittlerer Zusammenhang
 Korrelation wurde auf zwei Dezimalzahlen gerundet, Signifikanz auf 3 Dezimalzahlen aufgerundet

Blutzuckerwerte

Insgesamt elf Studien beschäftigten sich mit der Veränderung der HbA1c-Werte. Die Studie von Araiza et al. (2006) wurde aufgrund der kurzen Interventionsdauer ausgeschlossen. Somit wurden die Daten aus zehn Studien mit insgesamt 22 Studiengruppen und 1365 TN in die Korrelation von der Veränderung des HbA1c-Wertes und der Veränderung der zurückgelegten täglichen Schrittzahl eingesetzt. Es ergab sich eine signifikante negative Korrelation von $r=-0.5$ ($p=0.019$) (Abb. 12).

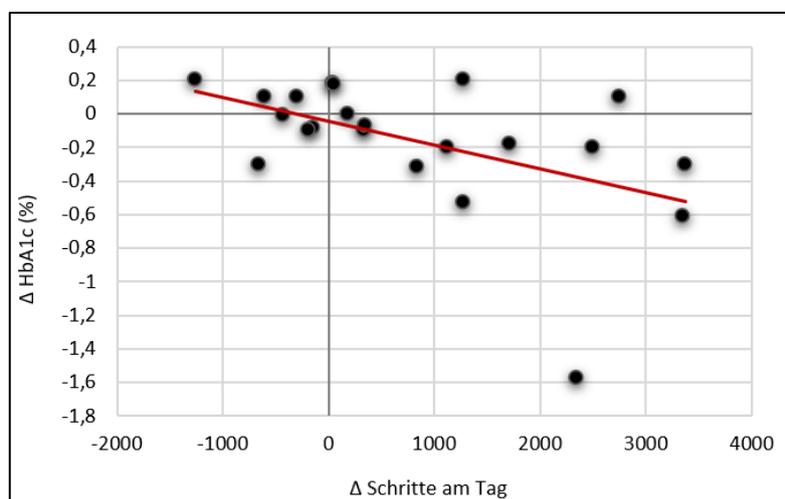


Abb. 12: Korrelation zwischen Δ tägliche Schrittzahl und Δ HbA1c

Anthropometrie

Insgesamt gab es Daten aus acht Studien mit 19 Studiengruppen und 1038 TN für das Δ BMI und sieben Studien mit 16 Studiengruppen und 744 TN für Δ Taillenumfang. Die Ergebnisse brachten eine signifikante negative Korrelation zwischen der Veränderung der zurückgelegten täglichen Schrittzahl und der Veränderung des BMI ($r=-0.61$; $p=0.005$) (Abb. 13). Bei dem Taillenumfang gab es einen nicht signifikanten negativen Zusammenhang von $r=-0.42$ ($p=0.108$) (s. Anhang C).

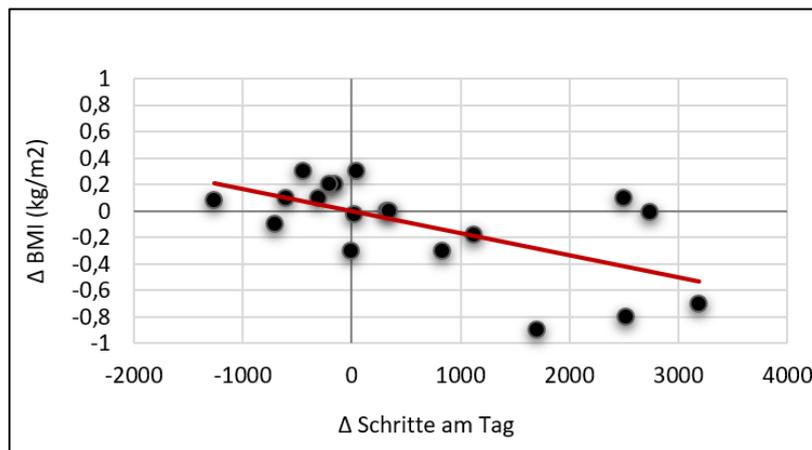


Abb. 13: Korrelation zwischen Δ tägliche Schrittzahl und Δ BMI

Blutdruck

Insgesamt 16 Gruppen und 998 TN aus acht Studien reichten die Deltawerte für den systolischen Blutdruck ein, für den diastolischen Blutdruck waren es insgesamt 14 Gruppen mit 906 aus sieben Studien. Bei dem systolischen Blutdruck gab es einen nicht signifikanten negativen Zusammenhang von $r=-0.37$ ($p=0.157$) (Abb. 14). Für den diastolischen Blutdruck wurde keine signifikante Korrelation von $r=0.10$ ($p=0.725$) gefunden (Abb. 15).

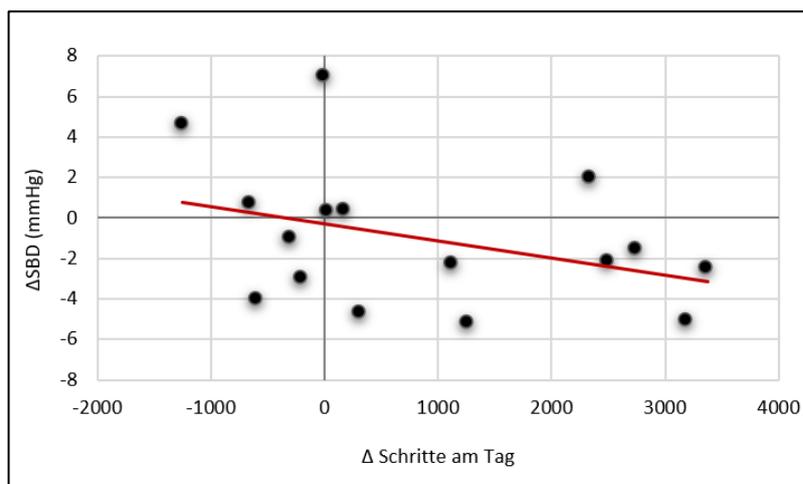


Abb. 14: Korrelation zwischen Δ tägliche Schrittzahl und Δ systolischer Blutdruck

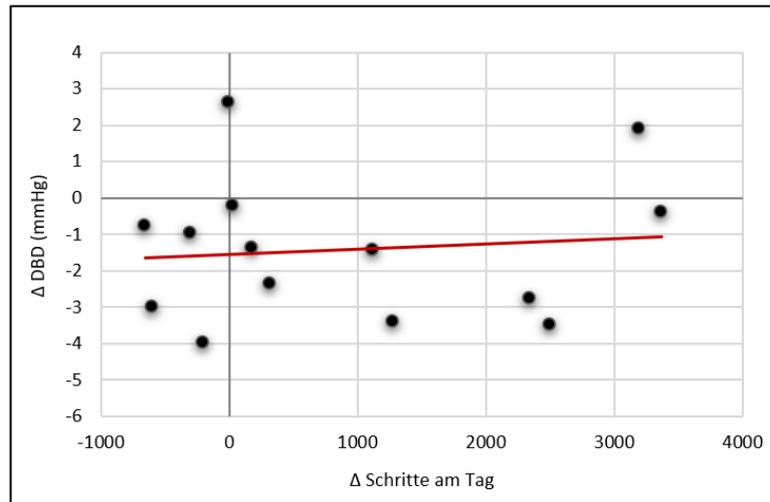


Abb. 15: Korrelation zwischen Δ tägliche Schrittzahl und Δ diastolischer Blutdruck

Lipidspiegel

Für den Lipidspiegel lagen für vier Parameter genügend Ergebnisse vor: LDL, HDL, Triglyzeride und Gesamtcholesterin. Für LDL und Triglyzeride lagen die Deltawerte von jeweils fünf Studien mit elf Gruppen und 803 TN vor. Sechs Studien mit 14 Studiengruppen und 937 TN gaben die Delta-Werte für HDL, sieben Studien mit 16 Gruppen und 758 TN für das Gesamtcholesterin. Bei LDL und Triglyceriden gab es einen nicht signifikanten positiven Zusammenhang von $r=0.41$ ($p=0.209$) bzw. $r=0.40$ ($p=0.228$) (s. Anhang C). Die Veränderung der täglichen Schrittzahl mit der Veränderung des HDL (s. Anhang C) sowie des Gesamtcholesterins (Abb. 16) wies eine Korrelation von $r=0.21$ auf ($p=0.463$ bzw. $p=0.437$).

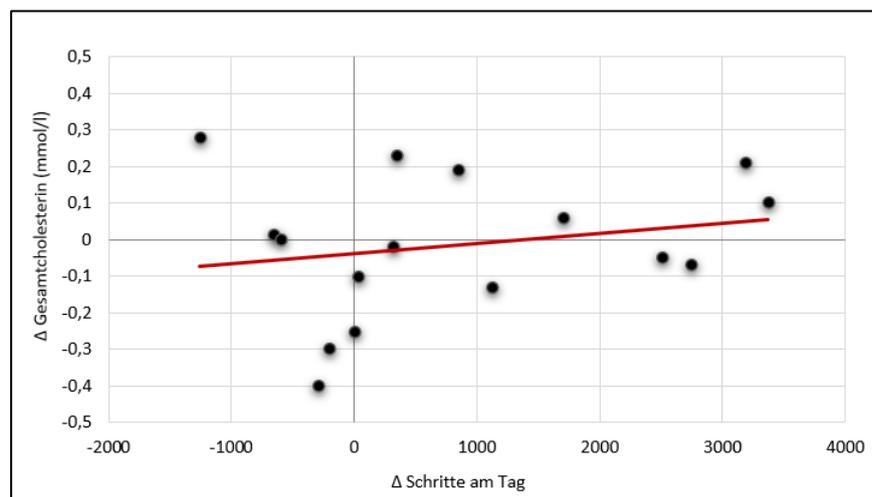


Abb. 16: Korrelation zwischen Δ tägliche Schrittzahl und Δ Gesamtcholesterin

4.4.3 Effekte der Erhöhung täglicher Schrittzahl um mindestens 2500 Schritte

Es gab insgesamt sechs Gruppen (153 TN), die im Laufe der Interventionszeit eine Veränderung von mindestens 2500 Schritten am Tag erzielten. Acht Gruppen (394 TN) wiesen eine Verminderung der täglichen Schrittzahl auf. Die Schrittdifferenz zwischen den Gruppen reichte von Δ 2655 Schritte/Tag bis zu Δ 4626 Schritte/Tag.

Tab. 8: Effekte der Erhöhung täglicher Schrittzahl um mindestens 2500 Schritte

Parameter	Anzahl der Gruppen (n)	Anzahl der TN	Signifikanz (p)	Heterogenität (I ²) in (%)
HbA1c	21	502	0.13	29
BMI	28	499	0.0006*	17
Taillenumfang	24	334	0.22	0
SBD	20	308	0.07	0
DBD	12	216	↓ 0.06	0
LDL	12	345	↓ 0.005*	80**
HDL	21	496	↓ 0.57	45**
Triglyzeride	12	365	↓ 0.01*	41**
Gesamtcholesterin	20	325	↓ 0.07	45**

n= Anzahl der entstandenen Gruppenvergleiche
 *Effekt signifikant, ** Hinweis auf eine mäßige bis erhebliche Heterogenität
 ↓ Effekt im Nutzen der Gruppen, die eine Verminderung der täglichen Schrittzahl aufwiesen

Blutzuckerspiegel

Für die Metaanalyse des HbA1c-Wertes entstanden insgesamt 21 Vergleiche mit 502 TN. Es wurde kein signifikanter Effekt der Schritterhöhung um mindestens 2500 Schritte auf den HbA1c-Wert aufgewiesen (p=0.13) (Abb. 17). Die Studien wiesen eine signifikante Heterogenität von 29 % auf (p=0.10).

Anthropometrie

Für den BMI entstanden 28 Gruppen mit insgesamt 499 TN. Es wurde ein signifikanter Effekt bei der Erhöhung der täglichen Schrittzahl um mindestens 2500 Schritte auf die Verminderung des BMI-Werts gezeigt (p=0.0006) mit einer Heterogenität von 17 % (p=0.21) (Abb. 18). Für den Taillenumfang standen insgesamt 24 Gruppenvergleiche mit 334 TN zur Verfügung. Er wurde kein signifikanter Effekt (p=0.22) mit der Heterogenität von 0 % (p=1) gefunden (s. Anhang D).

4 Ergebnisse

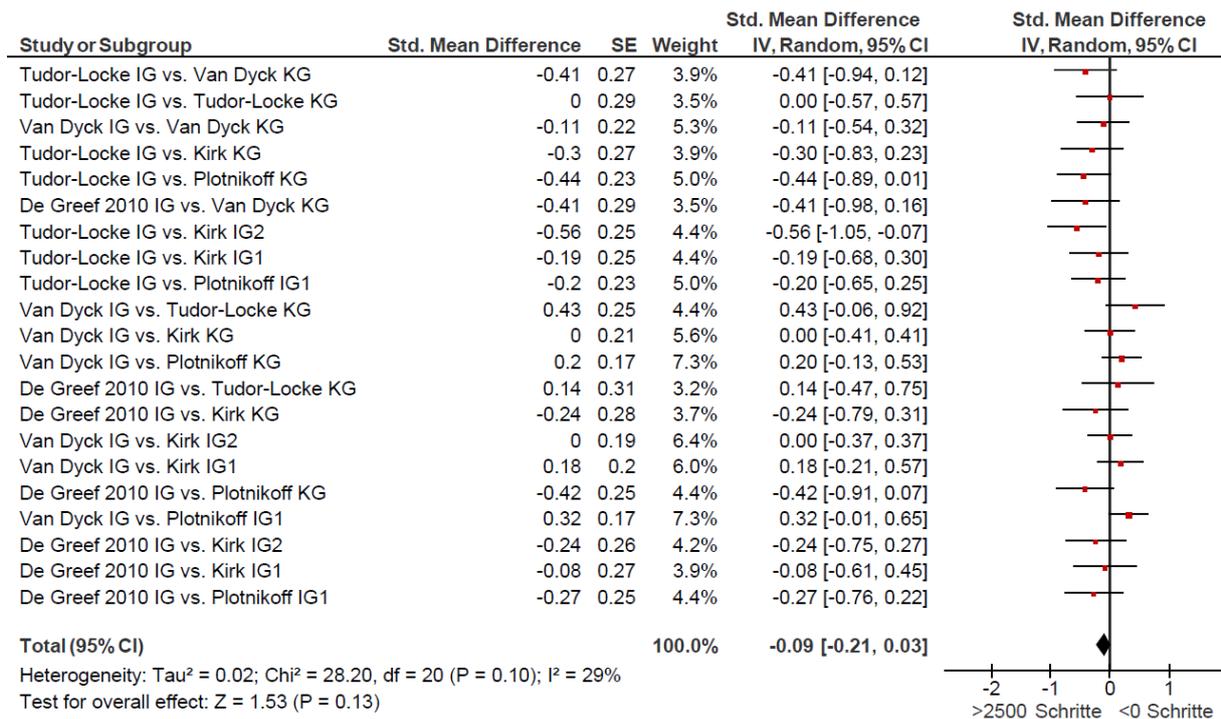


Abb. 17: Effekte der Erhöhung täglicher Schrittzahl um mindestens 2500 Schritte auf HbA1c-Wert

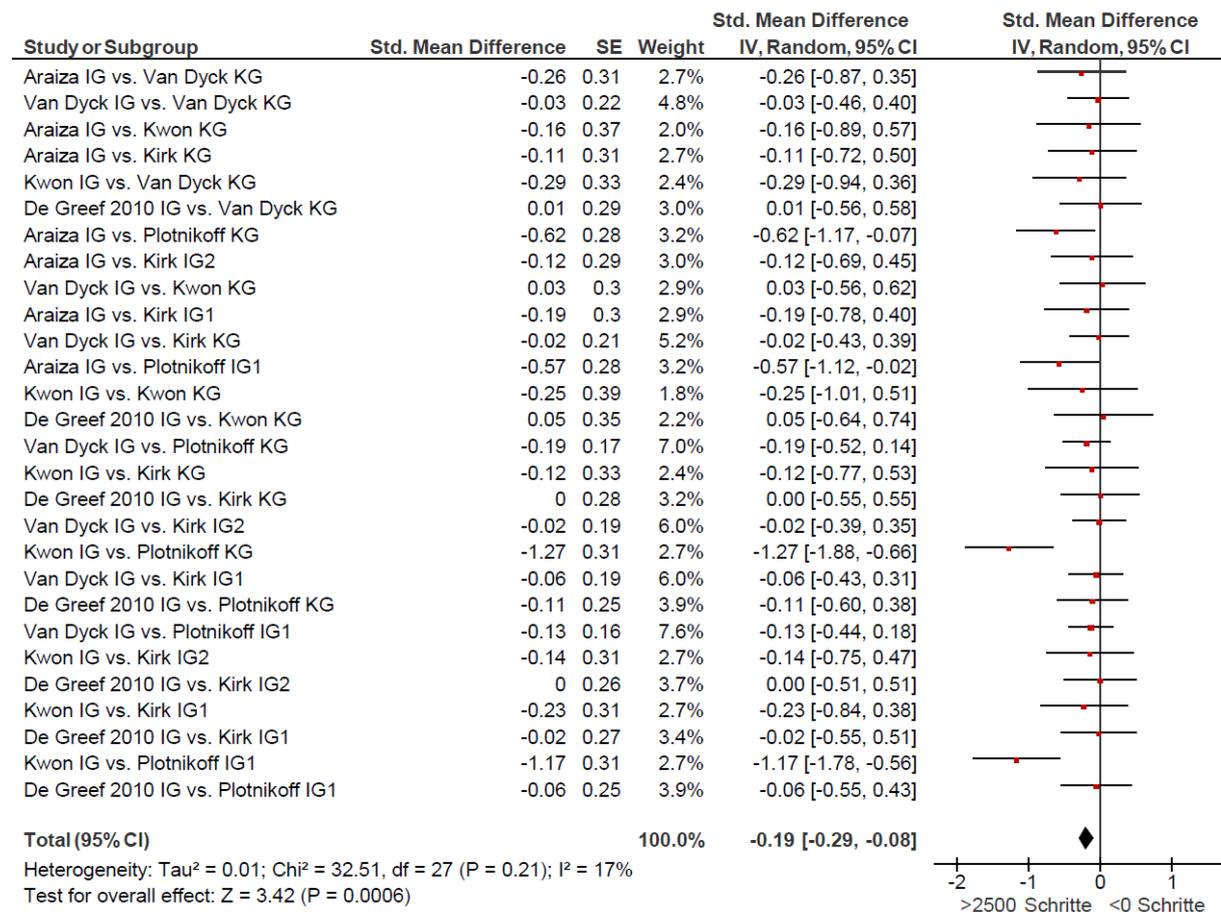


Abb. 18: Effekte der Erhöhung täglicher Schrittzahl um mindestens 2500 Schritte auf BMI

4 Ergebnisse

Blutdruck

Für den SBD ergaben sich 20 und für den DBD zwölf Gruppenvergleiche mit 308 bzw. 216 TN. Bei SBD als auch bei DBD wurden keine signifikanten Effekte aufgezeigt ($p=0.07$ bzw. 0.06) (Abb. 19 und 20). Die Studiengruppen zeigte in beiden Fällen eine Heterogenität ohne Signifikanz von 0 % ($p=0.92$ bzw. 0.45).

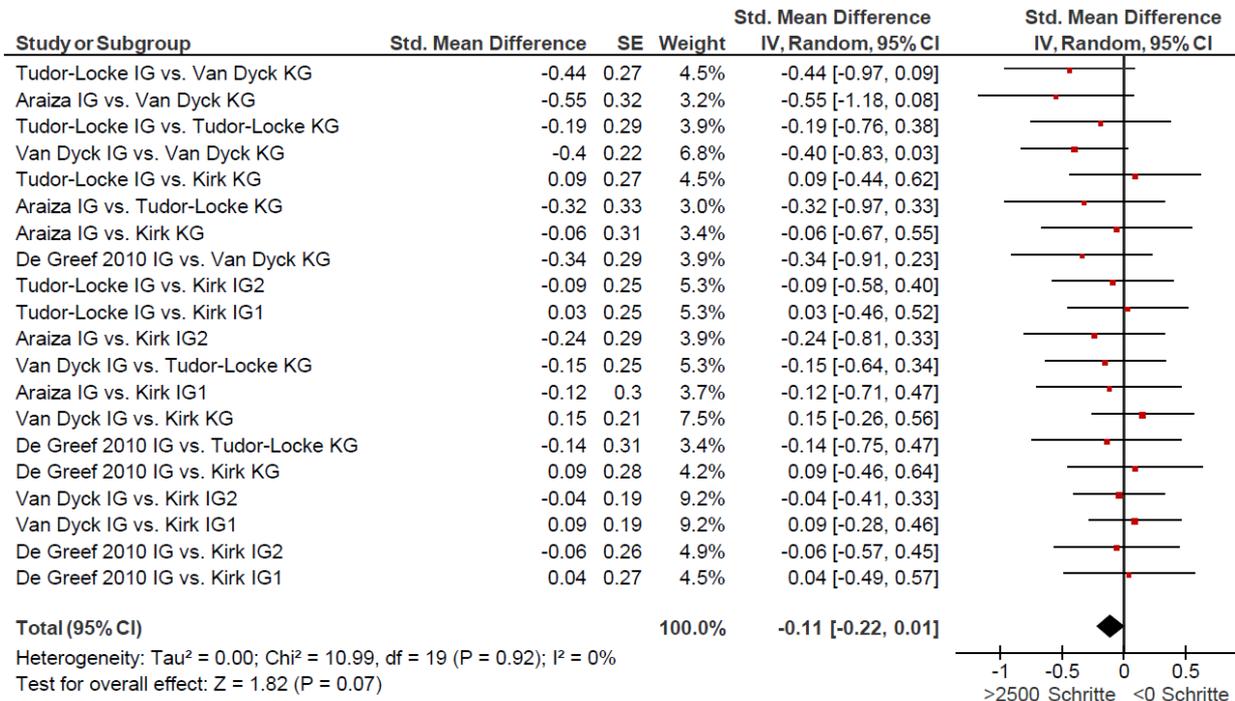


Abb. 19: Effekte der Erhöhung täglicher Schrittzahl um mindestens 2500 Schritte auf SBD

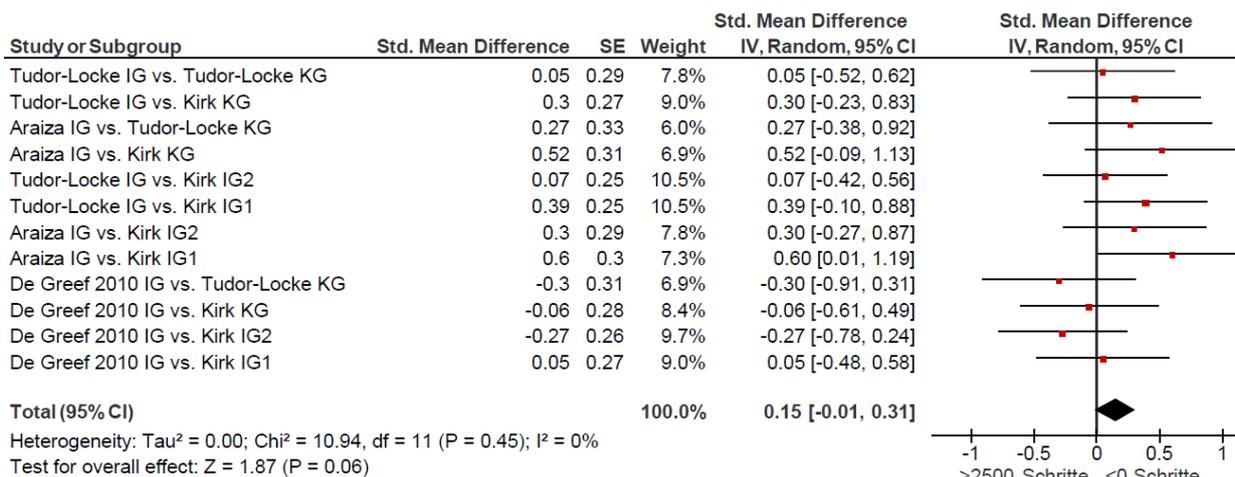


Abb. 20: Effekte der Erhöhung täglicher Schrittzahl um mindestens 2500 Schritte auf DBD

4 Ergebnisse

Lipidspiegel

Die meisten Gruppenvergleiche (n=20) standen bei HDL (496 TN) und Gesamtcholesterin (325 TN) zur Verfügung. Für LDL und Triglyzeride standen jeweils zwölf Gruppenvergleiche mit 345 bzw. 365 TN zur Verfügung. Für LDL und Triglyzeride wurde ein signifikanter Effekt ($p=0.005$ bzw. $p=0.01$) mit einer Studienheterogenität von $I^2=80\%$ ($p=0.00001$) bzw. $I^2=41\%$ ($p=0.07$) in Bezug auf die Gruppen, die eine Verminderung der täglichen Schrittzahl aufwiesen, gezeigt (s. Anhang D). Die Analyse von Gesamtcholesterin (Abb. 21) und HDL (s. Anhang D) brachte keine signifikanten Effekte ($p=0.07$ bzw. $p=0.57$) und eine Heterogenität von $I^2=45\%$ ($p=0.02$) bzw. $I^2=41\%$ ($p=0.01$).

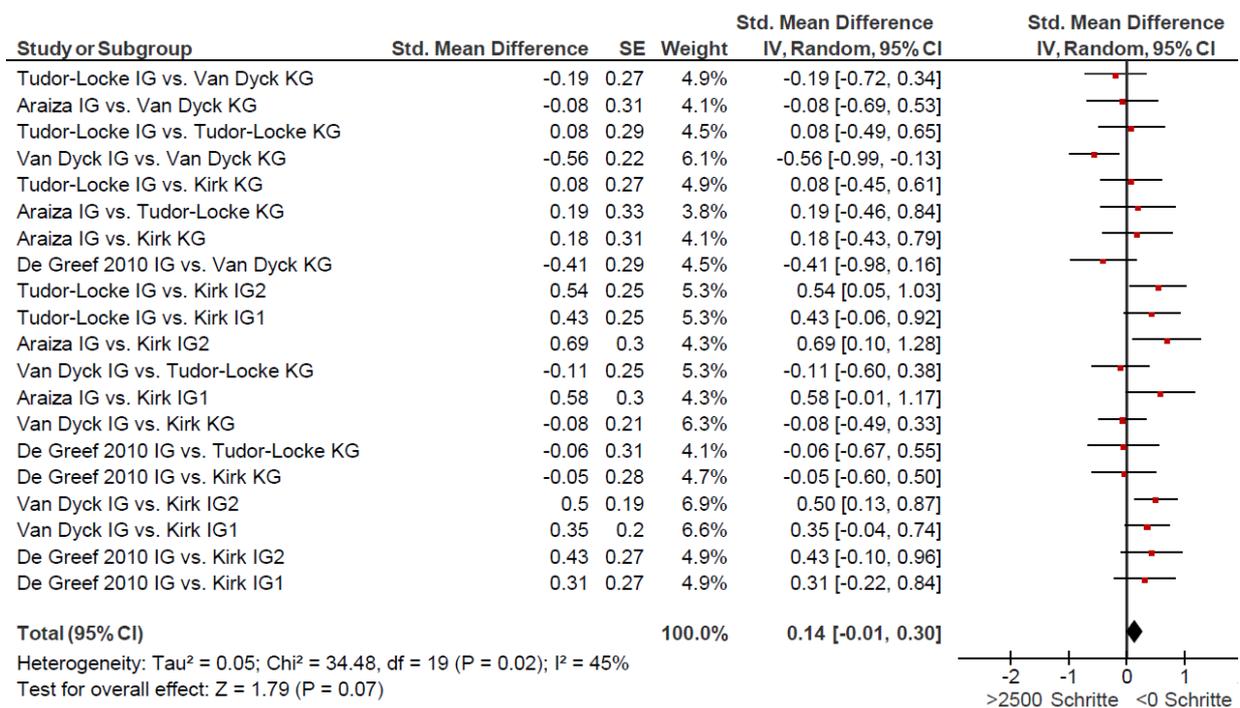


Abb. 21: Effekte der Erhöhung täglicher Schrittzahl um mindestens 2500 Schritte auf Gesamtcholesterin

5 Diskussion

5.1 Effekte der Schrittzählerinterventionen

Die Schrittzählerinterventionen scheinen bei der Behandlung von Patienten mit T2DM eine nützliche Methode zu sein, um die körperliche Aktivität und somit die tägliche Schrittzahl zu erhöhen. Diese Ergebnisse unterstützen bisherige Metaanalysen (Baskerville et al., 2017; Qiu, Cai, Chen et al., 2014). Die Studienergebnisse sind jedoch erheblich heterogen. Dies unterstreicht die Variabilität der eingeschlossenen Studien (s. 5.5 Methodenkritik).

Die Schrittzählerinterventionen scheinen keine Effekte auf den HbA1c-Wert zu haben. Einige Studien wiesen sogar einen Effekt im Sinne der KG auf. Diese Ergebnisse stimmen mit bisherigen Metaanalysen überein (Baskerville et al., 2017; Qiu, Cai, Chen et al., 2014). Auch hier konnte eine erhebliche Heterogenität, entstanden durch heterogene Interventionen, beobachtet werden. Die Ergebnisse könnten teilweise durch eine mögliche Umstellung der medikamentösen Therapie im Laufe der Intervention erklärt werden. Bei üblicher Therapie wird der HbA1c-Wert regelmäßig kontrolliert und in Abhängigkeit davon die Medikamente eingesetzt. Die Medikamenteneinnahme im Laufe der Intervention wurde jedoch nicht beobachtet und in die Analyse nicht mit einbezogen. Dementsprechend ist es nicht möglich zu sagen, inwieweit dies die Wirkung der Intervention beeinflussen könnte, und somit bleibt die Wirkung fraglich. Ein weiterer Erklärungspunkt könnte die teilweise unzureichende Dauer einiger Interventionen darstellen. Hierbei wäre eine weitere Analyse erforderlich, um eine erforderliche Grenze der Interventionsdauer bestimmen zu können. Es wurde bereits erwiesen, dass die Schrittzählerinterventionen zur Reduktion des BMI bei übergewichtigen und fettleibigen Patienten mit T2DM führen können (Cai et al., 2016). In dieser Arbeit konnten diese Effekte auch unabhängig vom Gewicht der Patienten erwiesen werden. Die Studien sind sich sehr einig, da keine bedeutsame Heterogenität von Studienergebnissen vorliegt. Weiterhin haben sich die Schrittzählerinterventionen bezogen auf das Gesamtcholesterin als wirksam erwiesen.

Bei den Blutdruckwerten und allen sekundären Ergebnissen konnten sich die Schrittzählerinterventionen nicht als wirksam erweisen. Die nicht signifikanten Effekte können in erste Linie durch die verschwommene Grenze zwischen Anweisungen bzw. Empfehlungen in der IG und KG erklärt werden. Die Ergebnisunterschiede zwischen den Studiengruppen haben stark variiert. Manchen KGs wurde auch ein Schrittzähler zur Verfügung gestellt (Araiza et al., 2006; Arovah et al., 2018; Karstoft et al., 2013) und so konnten bspw. die Effekte eines Schrittzählereinsatzes zwischen den Gruppen nicht beobachtet werden. Auch andere Bewegungsempfehlungen in der KG (Dasgupta et al., 2017) können die Effekte der Intervention stark

beeinflussen. Diese Erkenntnisse führen dazu, dass anderen Fragestellungen bzw. Gruppenbetrachtung sinnvoller erscheinen.

5.2 Effekte der Veränderung täglicher Schrittzahl

Die Veränderung der täglichen Schrittzahl geht mit einer Veränderung des HbA1c- und des BMI-Wertes einher. Je größer die Erhöhung der täglichen Schrittzahl im Laufe der Intervention war, desto mehr hat sich der HbA1c- bzw. BMI-Wert verkleinert. Anhand der Trendlinie bei dem BMI ist zu beobachten, dass mit einer Verminderung der täglichen Schrittzahl der BMI vergrößert wurde. Bei dem HbA1c-Wert kommt ein Anstieg erst bei einer Verminderung der Schrittzahl um ca. 400 Schritte am Tag vor. Dieser Zusammenhang konnte für den Schrittbereich von Δ -1256 bis Δ 3370 Schritte für den HbA1c bzw. von Δ -1256 bis Δ 3190 für den BMI beobachtet werden. Wie der Zusammenhang für andere Schrittzahlbereiche aussehen würde bzw. wie stark sich die Werte mit einer weiteren Steigerung der täglichen Schrittzahl verändern würde, bleibt offen. Zusammenfassend kann gesagt werden, dass schon eine kleine Erhöhung der täglichen Schrittzahl einem Anstieg des HbA1c- und BMI-Werts entgegenwirken kann und bei einer größeren Erhöhung der täglichen Schrittzahl die Werte sogar gesenkt werden kann. Diese Erkenntnisse können eine wesentliche Rolle bei der klinischen Behandlung von T2DM spielen. Trotz fehlender Signifikanz und negativer Korrelation bei dem systolischen Blutdruck zeigt die Trendlinie eine Verminderung des systolischen Blutdrucks, sobald sich die tägliche Schrittzahl erhöht. Dementsprechend kann auch hier erwartet werden, dass mit einer Erhöhung der täglichen Schrittzahl das SBD gesenkt wird. Die vorliegenden Werte sind jedoch stark zerstreut. Der diastolische Blutdruck weist fast in allen Studiengruppen unabhängig von der Veränderung der täglichen Schrittzahl eine Senkung auf. Hier scheint die Veränderung der täglichen Schrittzahl keinen Einfluss auf die Veränderung des DBD zu haben. Dies konnte auch bei dem Gesamtcholesterin und dem HDL bestätigt werden. Die Gesamtcholesterin- und HDL-Werte vergrößerten und verminderten sich in den Studiengruppen unabhängig von der Veränderung der täglichen Schrittzahl. Bei dem Taillenumfang erzielten fast alle Studiengruppen eine Verminderung des Taillenumfangs. Mit größeren Erhöhungen der täglichen Schrittzahl scheint jedoch eine größere Verminderung des Taillenumfangs erwartet werden. Um eine Signifikanz des Zusammenhangs zu erzielen, scheinen hier größere Schrittzahlunterschiede benötigt zu werden. Bei LDL und den Triglyzeriden scheint eine Tendenz zu einem positiven Zusammenhang vorhanden zu sein. Für Triglyzeride wird eine Erhöhung erwartet, sobald eine Erhöhung der täglichen Schrittzahl erzielt wird. Mit steigender Schrittzahlerhöhung wird eine weitere Erhöhung der Triglyzeride erwartet. Bei dem LDL zeigten neun von elf Studiengruppen eine Senkung des LDLs, unabhängig davon, welche Veränderungen der täglichen Schrittzahl

die Gruppen erzielten. Die Senkung von LDL scheint sich jedoch mit steigender Schrittzahlerhöhung zu verkleinern. Hier könnte eine Überprüfung von Zusammenhängen für größere Schrittbereiche helfen, um die Signifikanz der positiven Korrelation zu beweisen oder auch die positiven Zusammenhänge verweigern zu dürfen. Im Falle einer signifikanten positiven Korrelation könnte dies einen relevanten Punkt für die klinische Praxis darstellen, in dem eine durch eine Intervention angestrebte Schrittzahlerhöhung die Triglyzeride und LDL steigern würde. Ein Erklärungsfaktor für die positive Korrelation könnte jedoch die Medikamentenumstellung bzw. -verminderung im Laufe der Intervention sein, die die Steigerung der Blutfettwerte begünstigen kann.

Allgemein scheint der verfügbare Schrittzahlbereich nicht ausreichend zu sein, um die meisten Zusammenhänge mit Aussagekraft zu interpretieren. Die nicht signifikanten Werte können auch auf die wenig vorhandenen Daten oder auf die allgemein hohe Zerstreuung der Daten zurückzuführen sein. Mehr vorliegende Daten mit größeren Veränderungen sind erforderlich, um die Zusammenhänge erneut zu überprüfen. Dementsprechend sollte jetzt die Aufmerksamkeit auf der dritten Fragestellung liegen, in der die Effekte der festgelegten Schrittgrenze betrachtet werden.

5.3 Effekte der Erhöhung täglicher Schrittzahl um mindestens 2500 Schritte

Eine Erhöhung der täglichen Schrittzahl um mindestens 2500 Schritte senkt den BMI bei Patienten mit T2DM. Diese Ergebnisse stimmen mit den Effekten der IG gegen KG und dem Zusammenhang von veränderten Schrittzahlen mit dem BMI überein. Die Schrittgrenze von 2500 Schritten/Tag hat sich bei keinen anderen primären oder sekundären Parametern als positiv wirksam bewiesen. Für den HbA1c-Wert und den systolischen Blutdruck liegen die Ergebnisse nicht weit weg von einer Signifikanzgrenze. Ein möglicher beeinflussender Faktor könnte die Umstellung von Blutzucker- oder Blutdruckmedikamente im Laufe der Intervention sein. Es ist möglich, dass die in der vorliegenden Arbeit festgelegte Schrittgrenze nahe an der tatsächliche benötigten Schrittgrenze liegt, um signifikante Effekte zu erzielen. Auf den Tailenumfang und das HDL scheint die gesetzte Schrittgrenze keine Effekte zu haben.

Eine Erhöhung der täglichen Schrittzahl um mindestens 2500 Schritte scheint das LDL und die Triglyzeride zu erhöhen. Weiterhin liegt bei dem diastolischen Blutdruck und dem Gesamtcholesterin die Signifikanzgrenze nicht weit entfernt. Die Effekte sprechen auch hier für die Gruppen, die eine Schritverschlechterung erzielt haben. Wie sich hierbei eine erhöhte Schrittgrenze auswirken würde, bleibt fraglich. Ein wichtiger Faktor könnte die Medikamentenumstellung bei Patienten in Abhängigkeit von veränderten Gesundheitswerten im Laufe der

Intervention sein. Es konnte jedoch nicht festgestellt werden, inwieweit dieser Faktor die Ergebnisse beeinflusst. Diese Ergebnisse spielen eine wichtige Rolle in der klinischen Behandlung und müssen mit Vorsicht interpretiert werden.

Bei dem systolischen Blutdruck wurde durch die absteigenden Schrittdifferenzen eine Verschiebung nach rechts beobachtet, d. h. mit größerer Schrittunterschiedsverbesserung im Laufe der Intervention scheint sich der Effekt auf die Senkung von SBD zu erhöhen. Dieser Trend ist allerdings nur eine rein subjektive Beobachtung und wurde mit keiner statistischen Methode überprüft. Bei allen anderen Parametern konnte keine Verschiebungstendenz beobachtet werden. Um die gewünschte Verschiebungstendenz nach rechts zu erzielen, sind mehrere Studien mit größeren Schrittunterschieden bzw. größeren Differenzbreiten notwendig. Die täglichen Schrittdifferenzen innerhalb der vorhandenen Gruppen reichten von 4626 bis 2655 Schritten und somit betrug die Spannbreite 1971 Schritte. Dies scheint zu wenig sein, um Beobachtungen zu erzielen.

5.4 Schlussfolgerung für die Forschung und Praxis

Die Ergebnisse zeigen, dass bei den T2DM-Patienten mit reiner Standardbehandlung die körperliche Aktivität nachlässt (Kwon et al., 2010; Tudor-Locke et al., 2004). Alleine ein Schrittzähler- und Tagebucheinsatz kann den Rückgang der täglichen Schritte entgegenwirken und im besten Fall auch zur Schritterhöhung führen (Arovah et al., 2018). Um eine weitere Schrittzählerhöhung zu erzielen, können zusätzliche Interventionskomponenten hilfreich sein. Wirksam hat sich die Stützung an die sozial-kognitive Theorie bewiesen (Arovah et al., 2018; De Greef et al., 2010; De Greef et al., 2011; Tudor-Locke et al., 2004; Van Dyck et al., 2013), in der die Interventionsdauer mindestens drei Monate betrug. Eine reine Bewegungsempfehlung scheint nicht empfehlenswert. Mit der Empfehlung von Araiza et al. (2006), die 10000 Schritte an mindestens 5 Tage/Woche zurückzulegen, erzielte zwar bei den TN eine Erhöhung der täglichen Schrittzahl von 3190 Schritte, aber die sechswöchige Intervention ist zu kurz, um dies auf langfristige Effekte zu übertragen. Kwon et al. (2010) erzielte mit den Anweisungen 5x/Woche 60 Minuten bei anaerober Schwellenintensität eine bemerkenswerte Erhöhung von 2523 Schritten. Mit der Umrechnung aus der Methodik nach Tudor-Locke et al. (2002) würde innerhalb von 60 Minuten selbstständiges Gehen die Patienten mit T2DM die 6600 Schritte zurücklegen. Dies entspricht bei der Häufigkeit von 5x/Woche durchschnittlich 4700 Schritte/Tag. Diese Empfehlung ist fast doppelt so viel wie die Schritterhöhung, die erzielt wurde. Die Empfehlungen bei den Patienten wurden dementsprechend nicht erfüllt. Eine andere reine Bewegungsintervention war bei Andrews et al. (2011) zu sehen, in der die TN der IG 5x/Woche 30 Minuten zügig gehen sollten. Die 30 Minuten zügiges Gehen, ausgehend von

der durchschnittlichen Menschengröße, entsprechen ungefähr 4185 Schritten (Lilling). Mit der Häufigkeit von 5x/Woche entspricht das durchschnittlich 3000 Schritte/Tag. Dies ist mehr als das Doppelte als die Veränderung von 1222 Schritte, welche die TN im Laufe der Intervention erzielten. Daraus ergibt sich, dass eine reine Bewegungsintervention für Patienten mit T2DM nicht ausreichend ist, um die Empfehlungen zu befolgen. Die ambitionierten Bewegungsempfehlungen können an der mangelnden Motivation und dem Selbstmanagement bei Patienten mit T2DM scheitern. Um dies zu stärken, scheinen bereits genannte sozial-kognitive Methoden nützlich zu sein. Weiterhin sollte auch drauf geachtet werden, dass die Patienten nicht überfordert und demotiviert werden. Dies ist grade bei Patienten mit T2DM zu beachten, da sie aufgrund einer allgemein schlechteren körperlichen Belastbarkeit Auffälligkeiten aufweisen (Halle et al., 2008; Korakiangas et al., 2009). Aus diesem Grund können die Interventionsanweisungen von Araiza et al. (2006) und Kwon et al. (2010) kritisch betrachtet werden. Die zukünftigen potenziellen Interventionen mit dem Ziel einer Schritterhöhung, könnten die Schrittzählerinterventionen vorstellen, die eine erhöhte Bewegungsempfehlung vorgeben und sich an der sozial-kognitiven Theorie orientieren.

Um Erkenntnisse zu erwerben, wie sich spezielle Komponenten der Interventionen auswirken, wären mehrere unterteilte Metaanalysen erforderlich. Die Komponenten sind bspw. Textnachrichten, telefonische Beratungen oder Gruppensitzungen. Durch eine weitere Bildung von Untergruppen für die Analyse könnte die Anzahl der vorhandenen Daten jedoch schnell kritisch werden. Dies unterstreicht den Bedarf von weiteren Forschungen.

Um langfristige Rückschlüsse auf Interventionseffekte zu ziehen, sollte die Dauer der Intervention beachtet werden. Die eingeschlossenen Studien waren teilweise drei Monate lang und kürzer, was eine kurzfristige Beobachtung darstellt. Eine längere zweijährige Intervention mit einer Selbstbeobachtung der Schritte mit und ohne Beratung verhindert einen Rückgang der körperlichen Aktivität (Rossen et al., 2021). Ob die Schrittzählerinterventionen über einen längeren Zeitraum die körperliche Aktivität erhöhen und beibehalten können, wurde bisher nicht beantwortet. Weitere Forschungen sollten sich nicht nur mit den kurzfristigen Schrittveränderungen im Laufe der Intervention beschäftigen, sondern auch langfristige Beobachtungen durchführen, die sich mit der täglichen Schrittzahl über eine längere Dauer beschäftigen.

Einerseits sollte geprüft werden, welche Schrittzählerinterventionen geeignet sind, um die tägliche Schrittzahl zu erhöhen. Zweitens, wie sich diese Erhöhung auf die Gesundheitsparameter auswirkt. Karstoff et al. (2013) haben einen Schrittzähler mit einer Trainingsfunktion benutzt und die TN konnten unbeaufsichtigt selbstständig ein Training mit der angegebenen VO_2 -Grenze durchführen. Diese Intervention scheint positive Effekte gegenüber der KG zu haben. Dies hat sich bei HbA1c-Wert, BMI, diastolischen BD, Gesamtcholesterin sowie LDL durch die Analyse ergeben. Die Autoren haben leider keine Veränderungswerte der Schritte

nachgeliefert und so bleibt fraglich, inwieweit diese Verbesserungen mit der Veränderung der täglichen Schrittzahl korrelieren. Die Bewegungsempfehlung von Araiza et al. (2006) scheint effektiv auf dem SBD zu sein. Die Intervention mit dem Beratungsprogramm von Tubili et al. (2010) scheint positive Effekte auf den Taillenumfang darzustellen. Bei der Behandlung von Diabetes geht es in erster Linie um die Veränderung des Lebensstils. Die körperliche Aktivität ist dabei nicht der alleinige Faktor. Eine Kombination mit einer Ernährungsintervention ist zu überlegen, da dies bei übergewichtigen T2DM Patienten zur Senkung des Gewichts, des Taillenumfangs, des HbA1c-Werts, des systolischen sowie diastolischen Blutdrucks, des HDL-Cholesterins und der Triglyzeride führen kann (Wing et al., 2013). Dies vernachlässigt jedoch nicht das Vorhandensein einer sinnvollen und wirksamen Schrittzählerintervention. Eine weitere Bestimmung, wie eine geeignete Intervention aussehen sollte, um die Gesundheitsparameter erwünscht zu verändern, ist mit bisherigen vorliegenden Daten nicht möglich. Die weiteren Forschungen sollten die Schrittzählerinterventionen an der vorherigen Beschreibung orientieren, um langfristig bei Patienten die körperliche Aktivität zu steigern. Erst nach genügend vorliegenden Daten über die Erhöhung der täglichen Schrittzahl können die Effekte auf die Gesundheitsparameter erneuert analysiert werden. Die 2500 täglich zurückgelegten Schritte könnten eine Senkung des BMI bei Patienten mit T2DM bewirken. Eine Empfehlung besteht darin, selbstständige tägliche 25-minütige Spaziergänge durchzuführen, um den BMI zu senken und gesundheitliche Vorteile zu verschaffen. Auf die anderen Parameter scheint die Grenze von 2500 Schritte/Tag keine Wirkung zu zeigen. Eine Überprüfung von größeren Unterschieden bei Schrittzählerinterventionen ist anhand bisheriger Arbeiten und Forschungen nicht möglich. Durch eine Erhöhung der Schrittgrenze auf 3500 Schritte könnten eventuell Effekte beim HbA1c-Wert, bei den Blutdruckwerten, dem Gesamtcholesterin sowie der Triglyzeride beobachtet werden (Di Loreto et al., 2005). Für die Patienten würde das 25 Minuten zügiges Gehen mit einer Geschwindigkeit von 5,6 km/h am Tag bedeuten (Spireescu). Um eine Verbesserung in allen getesteten Parameter zu erzielen, wären Schritte im höheren Maß notwendig, um die 7000 Schritte zu erfüllen. Dies kann durch 50-minütiges zügiges Gehen am Tag gedeckt werden. Ausgehend vom Tempo des selbstständigen Gehens bei Diabetikern (Tudor-Locke et al., 2002) sind 3500 Schritte in ca. 32 Minuten zu erreichen bzw. die 7000 Schritte in ca. 64 Minuten. Daraus folgt, dass eine Verschreibung von 30-35-minütigen täglichen Spaziergängen wirksam erscheinen könnte. Diese Beobachtungen stützen sich jedoch auf eine langfristige Aufrechterhaltung der Aktivität über zwei Jahre. Für die zukünftigen Forschungen sollte dementsprechend nicht nur die Schrittzahl betrachtet werden, sondern auch eine nachhaltige Interventionsgestaltung vorhanden sein.

Diese Überprüfung zeigt die Komplexität des Themas. Bestimmte Eingriffe in die Diabetestherapie sind nur dann möglich, wenn weitere prospektive, standardisierte und kontrollierte

klinische Studien die Effekte einer alleinigen Schrittzählerintervention bestätigen. Zusätzliche sollte der Fokus zukünftiger Studien auf bestimmte Empfehlungen eingreifen, um genaueren Aussagen zu ermöglichen.

5.5 Methodenkritik

Es handelt sich bei dieser Arbeit um eine umfassende Metaanalyse, die die Wirksamkeit der Verwendung von Schrittzähler und Schrittzählerinterventionen bei Patienten mit T2DM bewertet. Die Analyse beinhaltet eine genügende Stichprobenanzahl und beschäftigt sich mit gut konzipierten randomisierten primären Studien. Es gibt allerdings einige Einschränkungen, die diese Arbeit mit sich bringt.

Die eingeschlossenen Studien wurden auf deren Verzerrungsrisiko bewertet. Dies wurde von einer alleinigen Person durchgeführt. Da es sich um eine subjektive Bewertung handelt, könnte die Bewertung abhängig von der Person anders entschieden werden. Es wäre sinnvoll, die Bewertung von zwei Personen unabhängig voneinander durchzuführen, und bei fehlender Übereinstimmung eine dritte unabhängige Person einzubeziehen. Das Risk-of-Bias-Tool bewertet die Studien anhand von sieben Kriterien. Drittes und viertes Kriterium („performance“ und „detection“ bias) beschäftigen sich mit Verblindung von Studienpersonal und -teilnehmern sowie Endpunkterhebung und -bewertung. Dies ist bei Interventionsstudien, die sich an eine Bewegungsintervention stützen, in vielen Fällen schwierig zu bewerten. Das Szenario einer geringeren Wahrscheinlichkeit für eine durchbrochene Verblindung wurde bspw. wie folgt bewertet: sobald es sich um eine Messung von objektiven Parametern handelte oder alle Personen verbendet wurden, die direkt an Messungen und Auswertungen beteiligt waren, unabhängig von der Verblindung der TN. Als mögliche Alternative zur Bewertung der Studienqualität und der Berichterstattung zeigt sich die TESTEX-Skala. Diese wird unter Berücksichtigung klinischer Interventionsstudien und speziell für die Verwendung in Trainingsstudien entwickelt, weil in Interventionsstudien zum Training einige der traditionellen Kriterien für die Studienqualität, wie die Verblindung von TN oder Forschern schwierig umzusetzen sind. Es beinhaltet eine 15-Punkte-Skala, fünf Punkte für die Studienqualität und zehn Punkte für die Berichterstattung und behandelt zuvor nicht erwähnte Qualitätsbewertungskriterien, die für Trainingsübungen spezifisch sind. Somit ist die TESTEX-Skala ein neues, zuverlässiges Tool, das eine umfassende Überprüfung von Übungsversuchen zu ermöglichen (Smart et al., 2015).

Allgemein zeigen die Metaanalysen teilweise hohe Heterogenitätswerte der Studieneffekte, die bis zu 94 % reichen. Hohe Werte können bspw. auf die heterogenen Interventionen,

Messgeräte, Populationen, Studienmethoden oder Gesundheitssysteme hinweisen (Chang et al., 2022). Schrittzählerinterventionen haben sich zwar alle an der Messung der Schritte orientiert, waren aber im Gesamten auch sehr heterogen. Die Interventionen der eingeschlossenen Studien haben sich öfters aus mehreren Komponenten zusammengesetzt. Es wurden unterschiedliche oder nicht spezifizierte Messgeräte zur Schrittmessung benutzt, verschiedene Bestimmungen der Gesundheitsparameter eingesetzt, die Patienten absolvierten unterschiedliche Diabetestherapie oder wiesen ein unterschiedliches Alter, BMI und/oder Geschlecht auf. Die hohe Heterogenität kann auf die angewendete Methodik bzw. Bestimmung der Einschlusskriterien bei der Literatursuche dieser Arbeit zurückzuführen sein. Es wurden alle Studien eingeschlossen, die die vier Einschlusskriterien erfüllt haben, unabhängig von anderen vorhin genannten Faktoren. Eine Lösungsstrategie könnte die Einführung weiterer Einschlusskriterien sein, was sich wiederum negativ auf die bereits geringe Anzahl der eingeschlossenen Studien auswirken würde. Selbst durch die vier Einschlusskriterien wurde bei der Literaturrecherche eine wesentliche Anzahl der Studien ausgeschlossen und es ist zu überlegen, ob noch weitere zwei Studien ausgeschlossen werden sollten: obwohl die Studie von Plotnikoff et al. (2013) keine Verzerrung aufweist, wurden die schwankenden Effekte aufgezeigt. Durch alle Parameter hinweg scheint die erste IG bessere Effekte zu haben, obwohl die zweite IG eine zusätzliche telefonische Beratung bekommen hat. Weiterhin sind die Effekte bei einigen Parametern auffällig schlecht ausgefallen, bei dem nächsten wieder auffällig gut oder die Auffälligkeiten stimmten zwischen den zwei IGs nicht überein. Diese auffälligen Effekte bleiben auch nach wiederholtem Durchgehen des Studienprotokolls ungeklärt. Für den HbA1c-Wert wurde die Studie von Araiza et al. (2006) aufgrund der kurzen Interventionsdauer ausgeschlossen. Die Dauer betrug nur sechs Wochen und die Publikation sollte aufgrund zu kurzfristiger Veränderungen wahrscheinlich auch für die anderen Parameter ausgeschlossen werden. Auch die geringe Anzahl von Studien könnte zu der Heterogenität beigetragen. Dies könnte die Schwäche dieser Arbeit darstellen, da bei der Literatursuche nur drei Datenbanken benutzt wurden und die Suchwörter sowie die Publikationen sich auf die englische und deutsche Sprache beschränkten. Bei der Literatursuche wurden nur nach kostenlosen Artikeln gesucht. Diese Entscheidung könnte für die vorliegende Arbeit potenziell geeignete Studien ausgeschlossen haben. Um diese Situation zu lösen, wären finanzielle Ausgaben nötig, was in diesem Fall nicht möglich war.

Weiterhin wurde die Umstellung der Therapie im Laufe der Intervention in der Analyse nicht beachtet. Die veränderte medikamentöse Einnahme im Laufe der Intervention konnte einen Einfluss auf HbA1c-Wert oder BD haben, je nachdem, um welche Medikation es sich handelte. Die Medikationsanpassung gehört zu dem üblichen Vorgehen bei der Behandlung von T2DM (Halle et al., 2008).

Die Schrittzähler-Interventionen sind allgemein mit mehreren Komponenten verbunden und dementsprechend ist es schwierig, den unabhängigen Beitrag der einzelnen Komponenten zu beweisen. Die Heterogenität der Studieneffekte könnte bereinigt werden, indem die Studien in mehrere Untergruppen in den Analysen unterteilt würden, mit Hinblick bspw. auf Interventionsdauer, Schrittzähler, Schrittzzielsetzung, zusätzliche Beratungen oder Gewicht und Alter der TN. Dies erfolgte anhand der mangelnden Studienanzahl und Kapazität der Arbeit nicht.

Eine weitere getroffene Entscheidung, die die Analysen beeinflussen konnte, betrifft die Studien mit mehreren IGs. Es werden immer beide IGs in die Metaanalyse aufgenommen und mit der gleichen KG in den Vergleich gesetzt. So haben die jeweiligen KGs einen größeren Einfluss in der Metaanalyse.

Trotz allem betrug die gesamte Teilnehmerzahl 2261 TN aus qualitativen primären Studien. Dies ist eine gelungene Anzahl, um eine umfassende Metaanalyse zur Bewertung der Wirksamkeit bei der Verwendung von Schrittzählern bei Patienten mit T2DM durchzuführen. Die Ergebnisse ergaben eine Übereinstimmung mit der bisherigen Literatur und es gelingt auch, neue Empfehlungen für die Praxis oder weitere Forschungen zu geben. Es sind besser konzipierte RCTs mit Leitlinien für die Datenberichterstattung dringend erforderlich (Moher et al., 1999). Zukünftige Studien sollten homogener gestaltet werden, um spezifische Einsatzempfehlungen bei der Therapie von Patienten mit T2DM und klinische Aussagen über die Auswirkung von Schrittzähler geben zu können.

6 Zusammenfassung.

Diabetes mellitus Typ 2 zeigt durch seine steigende Inzidenz in der Bevölkerung auch eine steigende Relevanz (World Health Organisation, 2022). Aufgrund von Krankheitskomplikationen und Folgeerkrankungen ist die Behandlung von Diabetes notwendig und darf nicht unterschätzt werden (Schwarz et al., 2022). Bei der Behandlung ist die regelmäßige körperliche Aktivität ein Schlüsselement (Ravussin & Smith, 2002). Die meisten Patienten sind jedoch wenig oder nicht körperlich aktiv (Zhao et al., 2011). Aktuelle Leitlinien und Forschungen empfehlen, dass Patienten mit T2DM mäßig bis stark intensive aerobe Übungen durchführen sollten, um gesundheitliche Vorteile zu erzielen (Sluik et al., 2012). Allerdings sind die meisten Patienten aufgrund ihrer gesundheitlichen Einschränkungen weniger körperlich belastbar (Zhao et al., 2011). Als gute Übung mit geringer Belastung, die beliebt und bevorzugt bei den Patienten mit T2DM wird, bietet sich Gehen an (Colberg et al., 2016). Trotz der Kenntnis der vorteilhaften Auswirkungen herkömmlicher Bewegungseingriffe in der Diabetestherapie ist wenig über Auswirkungen der Schrittzählerinterventionen auf die Gesundheitsparameter bei Erwachsenen mit T2DM bekannt. Der Schwerpunkt dieser Arbeit war es, die körperlichen Empfehlungen in Form von unbeaufsichtigtem Gehen mithilfe von Schrittzählerinterventionen, die die körperliche Aktivität erhöhen und vorteilhafte Auswirkungen auf die Gesundheitsparameter bei Patienten mit T2DM haben, zu überprüfen.

Bei dem ersten Schritt der Literaturrecherche wurden insgesamt 332 Studien gefunden und auf Einschlusskriterien geprüft. Beim Durchlesen des Abstracts oder Volltextes, musste ein wesentlicher Anteil der Studien ausgeschlossen werden. In der vorliegenden Metaanalyse wurden insgesamt 16 Studien untersucht, die die Verwendung von Messgeräten zur Überwachung der körperlichen Aktivität bei Menschen mit T2DM einsetzten, um die Auswirkungen auf die Gesundheitsparameter testen. Es wurden zuverlässige Methoden zur Studienidentifizierung, Datenextraktion und Analyse eingesetzt. Die Studien mit einer Gesamtzahl von 2261 TN wurden auf ihr Verzerrungsrisiko geprüft und wiesen keine Hinweise auf eine signifikante Publikationsverzerrung auf. Anhand der Relevanz und des Vorkommens wurden insgesamt neun Parameter ausgewählt und näher analysiert. Zu den primären Ergebnisparametern gehören die tägliche Schrittzahl, der HbA1c-Wert, der BMI, der systolische sowie diastolische Blutdruck und das Gesamtcholesterin. Unter die sekundären Parameter zählen Taillenumfang, LDL- und HDL-Cholesterin und Triglyzeride. Die Daten wurden anhand der drei Fragestellungen bearbeitet. Zuerst wurde die Auswirkung der Schrittzählerinterventionen angeschaut, indem IGs im Vergleich zu den KGs in der Metaanalyse eingesetzt wurden. Zweitens wurden die Korrelationen zwischen der veränderten täglichen Schrittzahl im Laufe der Intervention und

der Veränderung der jeweiligen Gesundheitsparameter beobachtet. Drittens wurde eine tägliche Schrittdifferenz von mindestens 2500 Schritte definiert, die durchschnittlich bei Patienten mit T2DM in ca. 25 Minuten zurückzulegen sind und die Auswirkung der Differenz analysiert.

Insgesamt waren die eingeschlossenen Studien bezüglich ihrer Schrittzählerinterventionen sehr heterogen, da diese größtenteils mehrere Komponenten einbezogen. Das spiegelt sich auch in der Heterogenität der Ergebnisse wider. Es wurde festgestellt, dass die Schrittzählerintervention zu einer bescheidenen, signifikant erhöhten täglichen Schrittzahl im Vergleich zur KG führte. Weitere signifikante Vorteile wurden bei BMI und Gesamtcholesterin gezeigt. Eine signifikante Korrelation der veränderten täglichen Schrittzahl konnte bei dem HbA1c-Wert und dem BMI aufgewiesen werden, indem ein negativer Zusammenhang erzielt wurde. Die Schrittgrenze von 2500 Schritte/Tag hat sich wirksam auf die BMI-Verminderung erwiesen. Für die Blutdruckwerte und die Blutzuckerwerte liegen die Ergebnisse nahe der Signifikanz. Eine weitere kleinere Grenzerhöhung scheint hier potenziell zu sein. Die Auswirkungen der erhöhten Schrittzahl von mindestens 2500 sind jedoch nicht einheitlich. Es wurden auch negative Ergebnisse aufgewiesen, wo Triglyzeride und LDL signifikant erhöht wurden.

Zusammenfassend zeigt die Metaanalyse, dass Schrittzählerinterventionen ein vielversprechender Ansatz zu Förderung der körperlichen Aktivität bei Patienten mit T2DM sind. Um die körperliche Aktivität zu erhöhen und nachhaltiger aufrechtzuerhalten, sollte in zukünftigen Untersuchungen Schrittzählerinterventionen angeboten werden, die sich auf die definierten Bewegungsempfehlungen stützen. Um möglichst viele positive gesundheitliche Effekte zu erzielen, sollte eine Mehrkomponenten-Intervention angeboten werden, die von der sozial-kognitiver Theorie oder anderen Beratungen unterstützt wird. Weiterhin gilt es eine größere Schrittgrenze zu überprüfen, um deren Auswirkung auf andere Parameter festzustellen. Neben einer erhöhten Schrittzahlgrenze scheint eine längere Interventionsdauer relevant zu sein, um bessere Ergebnisse zu erzielen und die Effekte nachhaltig zu gestalten.

Literaturverzeichnis

- Allen, N. A. (2004). Social cognitive theory in diabetes exercise research: an integrative literature review. *The Diabetes educator*, 30(5), 805–819.
<https://doi.org/10.1177/014572170403000516>
- American Diabetes Association (2003). Standards of medical care for patients with diabetes mellitus. *Diabetes care*, 26(1), 33–50.
- Andrews, R. C., Cooper, A. R., Montgomery, A. A., Norcross, A. J., Peters, T. J., Sharp, D. J., Jackson, N., Fitzsimons, K., Bright, J., Coulman, K., England, C. Y., Gorton, J., McLenaghan, A., Paxton, E., Polet, A., Thompson, C. & Dayan, C. M. (2011). Diet or diet plus physical activity versus usual care in patients with newly diagnosed type 2 diabetes: the Early ACTID randomised controlled trial. *The Lancet*, 378(9786), 129–139. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(11\)60442-X](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(11)60442-X)
- Araiza, P., Hewes, H., Gashetewa, C., Vella, C. A. & Burge, M. R. (2006). Efficacy of a pedometer-based physical activity program on parameters of diabetes control in type 2 diabetes mellitus. *Metabolism: clinical and experimental*, 55(10), 1382–1387.
<https://doi.org/10.1016/j.metabol.2006.06.009>
- Arovah, N. I., Kushartanti, B. M. W., Washington, T. L. & Heesch, K. C. (2018). Walking with Diabetes (WW-DIAB) programme a walking programme for Indonesian type 2 diabetes mellitus patients: A pilot randomised controlled trial. *SAGE open medicine*, 6, 2050312118814391. <https://doi.org/10.1177/2050312118814391>
- Avery, L., Flynn, D., van Wersch, A., Sniehotta, F. F. & Trenell, M. I. (2012). Changing Physical Activity Behavior in Type 2 Diabetes: A systematic review and meta-analysis of behavioral interventions. *Diabetes care*, 35, 2681–2689. <https://doi.org/10.2337/dc11-2452>
- Baskerville, R., Ricci-Cabello, I., Roberts, N. & Farmer, A. (2017). Impact of accelerometer and pedometer use on physical activity and glycaemic control in people with Type 2 diabetes: a systematic review and meta-analysis. *Diabetic medicine: a journal of the British Diabetic Association*, 34(5), 612–620. <https://doi.org/10.1111/dme.13331>
- Cai, X [X.], Qiu, S. H., Yin, H., Sun, Z. L., Ju, C. P., Zügel, M., Steinacker, J. M [J. M.] & Schumann, U [U.] (2016). Pedometer intervention and weight loss in overweight and obese adults with Type 2 diabetes: a meta-analysis. *Diabetic medicine: a journal of the British Diabetic Association*, 33(8), 1035–1044.
<https://doi.org/10.1111/dme.13104>
- Cochrane Deutschland, Arbeitsgemeinschaft der Wissenschaftlichen Medizinischen Fachgesellschaften - Institut für Medizinisches Wissensmanagement. (2016). *Bewertung des*
-

- Biasrisikos (Risiko systematischer Fehler) in klinischen Studien: ein Manual für die Leitlinienerstellung.* http://www.cochrane.de/sites/cochrane.de/files/uploads/manual_biasbewertung.pdf
- Colberg, S. R., Sigal, R. J [Ronald J.], Yardley, J. E., Riddell, M. C., Dunstan, D. W., Dempsey, P. C., Horton, E. S., Castorino, K. & Tate, D. F. (2016). Physical Activity/Exercise and Diabetes: A Position Statement of the American Diabetes Association. *Diabetes care*, 39(11), 2065–2079. <https://doi.org/10.2337/dc16-1728>
- Cuthbertson, C. C., Moore, C. C., Sotres-Alvarez, D., Heiss, G., Isasi, C. R., Mossavar-Rahmani, Y., Carlson, J. A., Gallo, L. C., Llabre, M. M., Garcia-Bedoya, O. L., Farello, D. G. & Evenson, K. R. (2022). Associations of steps per day and step intensity with the risk of diabetes: the Hispanic Community Health Study / Study of Latinos (HCHS/SOL). *The international journal of behavioral nutrition and physical activity*, 19(1), 46. <https://doi.org/10.1186/s12966-022-01284-2>
- Dasgupta, K., Rosenberg, E., Joseph, L., Cooke, A. B., Trudeau, L., Bacon, S. L., Chan, D., Sherman, M., Rabasa-Lhoret, R. & Daskalopoulou, S. S. (2017). Physician step prescription and monitoring to improve ARTERial health (SMARTER): A randomized controlled trial in patients with type 2 diabetes and hypertension. *Diabetes, obesity & metabolism*, 19(5), 695–704. <https://doi.org/10.1111/dom.12874>
- De Greef, K. [K.], Deforche, B [B.], Tudor-Locke, C [C.] & Bourdeaudhuij, I. de [I.] (2010). A cognitive-behavioural pedometer-based group intervention on physical activity and sedentary behaviour in individuals with type 2 diabetes. *Health education research*, 25(5), 724–736. <https://doi.org/10.1093/her/cyq017>
- De Greef, K. [Karlijn], Deforche, B [Benedicte], Tudor-Locke, C. & Bourdeaudhuij, I. de [Ilse] (2011). Increasing physical activity in Belgian type 2 diabetes patients: a three-arm randomized controlled trial. *International journal of behavioral medicine*, 18(3), 188–198. <https://doi.org/10.1007/s12529-010-9124-7>
- Dempsey, P. C., Larsen, R. N., Sethi, P., Sacre, J. W., Straznicky, N. E., Cohen, N. D., Cerin, E., Lambert, G. W., Owen, N., Kingwell, B. A. & Dunstan, D. W. (2016). Benefits for Type 2 Diabetes of Interrupting Prolonged Sitting With Brief Bouts of Light Walking or Simple Resistance Activities. *Diabetes care*, 39(6), 964–972. <https://doi.org/10.2337/dc15-2336>
- Di Loreto, C., Fanelli, C., Lucidi, P., Murdolo, G., Cicco, A. de, Parlanti, N., Ranchelli, A., Fatone, C., Taglioni, C., Santeusano, F. & Feo, P. de (2005). Make Your Diabetic Patients Walk: Long-term impact of different amounts of physical activity on type 2 diabetes. *Diabetes care*, 28(6). <https://doi.org/10.2337/diacare.28.6.1295>

- diabetesDE - Deutsche Diabetes-Hilfe e.V. *Bluthochdruck und Diabetes*. https://www.diabetesde.org/ueber_diabetes/begleiterkrankungen_bei_diabetes/bluthochdruck
- Diedrich, A., Munroe, D. J. & Romano, M. (2010). Promoting physical activity for persons with diabetes. *The Diabetes educator*, 36(1), 132–140.
<https://doi.org/10.1177/0145721709352382>
- Engler, A., Strühhlein, L.-M. & Heilemann, N. *Diabetes Typ 2 behandeln: Überblick*. Stiftung Gesundheitswissen. <https://www.stiftung-gesundheitswissen.de/wissen/diabetes-typ-2-behandeln/ueberblick>
- Furber, S., Monger, C., Franco, L., Mayne, D. & Jones, L. A. The effectiveness of a brief intervention using a pedometer and step-recording diary in promoting physical activity in people diagnosed with type 2 diabetes or impaired glucose tolerance. *Health Promotion Journal of Australia*, 19(3), 189–195. <https://ro.uow.edu.au/ihmri/362/>
- Garber, C. E., Blissmer, B., Deschenes, M. R., Franklin, B. A., Lamonte, M. J., Lee, I.-M., Nieman, D. C. & Swain, D. P. (2011). American College of Sports Medicine position stand. Quantity and quality of exercise for developing and maintaining cardiorespiratory, musculoskeletal, and neuromotor fitness in apparently healthy adults: guidance for prescribing exercise. *Medicine and science in sports and exercise*, 43(7), 1334–1359. <https://doi.org/10.1249/MSS.0b013e318213fefb>
- Greten, H. (2005). *Innere Medizin Verstehen - Lernen - Anwenden* (12. Aufl.). Georg Thieme Verlag.
- Halle, M., Schmidt-Trucksäss, A., Hambrecht, R. & Berg, A. (2008). *Sporttherapie in der Medizin: Evidenzbasierte Prävention und Therapie*. Schattauer GmbH.
- Herbert Renz-Polster, V. & Steffen Krautzig, H. (2008). *Basislehrbuch Innere Medizin kompakt-greifbar-verständlich* (4. Aufl.). Elsevier GmbH.
- Hu, H., Yuan, G., Wang, X., Sun, J., Gao, Z., Zhou, T., Yin, W., Cai, R., Ye, X. & Wang, Z. (2019). Effects of a diet with or without physical activity on angiopoietin-like protein 8 concentrations in overweight/obese patients with newly diagnosed type 2 diabetes: a randomized controlled trial. *Endocrine journal*, 66(1), 89–105.
<https://doi.org/10.1507/endocrj.EJ18-0191>
- Chang, Y., Phillips, M. R., Guymer, R. H., Thabane, L., Bhandari, M. & Chaudhary, V. (2022). The 5 min meta-analysis: understanding how to read and interpret a forest plot. *Eye (London, England)*, 36(4), 673–675. <https://doi.org/10.1038/s41433-021-01867-6>
- Chen, L., Pei, J.-H., Kuang, J., Chen, H.-M., Chen, Z., Li, Z.-W. & Yang, H.-Z. (2015). Effect of lifestyle intervention in patients with type 2 diabetes: a meta-analysis. *Metabolism:*

- clinical and experimental*, 64(2), 338–347.
<https://doi.org/10.1016/j.metabol.2014.10.018>
- Karstoft, K., Winding, K., Knudsen, S. H., Nielsen, J. S., Thomsen, C., Pedersen, B. K. & Solomon, T. P. J. (2013). The effects of free-living interval-walking training on glycemic control, body composition, and physical fitness in type 2 diabetic patients: a randomized, controlled trial. *Diabetes care*, 36(2), 228–236. <https://doi.org/10.2337/dc12-0658>
- Kirk, A., Barnett, J., Leese, G. & Mutrie, N. (2009). Original Article: Organisation and Delivery of Care A randomized trial investigating the 12-month changes in physical activity and health outcomes following a physical activity consultation delivered by a person or in written form in Type 2 diabetes: Time2Act. *Diabetes Medicine*, 26, 293–301.
<https://doi.org/10.1111/j.1464-5491.2009.02675.x>
- Korkiakangas, E. E., Alahuhta, M. A. & Laitinen, J. H. (2009). Barriers to regular exercise among adults at high risk or diagnosed with type 2 diabetes: a systematic review. *Health promotion international*, 24(4), 416–427.
<https://doi.org/10.1093/heapro/dap031>
- Kwon, H. R., Min, K. W., Ahn, H. J., Seok, H. G., Koo, B. K., Kim, H. C. & Han, K. A. (2010). Effects of aerobic exercise on abdominal fat, thigh muscle mass and muscle strength in type 2 diabetic subject. *Korean diabetes journal*, 34(1), 23–31.
<https://doi.org/10.4093/kdj.2010.34.1.23>
- Levine, J. A., McCrady, S. K., Lanningham-Foster, L. M., Kane, P. H., Foster, R. C. & Manohar, C. U. (2008). The role of free-living daily walking in human weight gain and obesity. *Diabetes*, 57(3), 548–554. <https://doi.org/10.2337/db07-0815>
- Lilling, T. *Schritte-Rechner: Schritte in km, Meter + Zeit umrechnen: Schritte-Rechner: KM, Meter, Schrotte und Laufdauer*. blitzrechner.de. <https://www.blitzrechner.de/schritte-meter-umrechnen/>
- Master, H., Annis, J., Huang, S., Beckman, J. A., Ratsimbazafy, F., Marginean, K., Carroll, R., Natarajan, K., Harrell, F. E., Roden, D. M., Harris, P. & Brittain, E. L. (2022). Association of step counts over time with the risk of chronic disease in the All of Us Research Program. *Nature medicine*, 28(11), 2301–2308.
<https://doi.org/10.1038/s41591-022-02012-w>
- Moher, D., Cook, D. J., Eastwood, S., Olkin, I., Rennie, D. & Stroup, D. F. (1999). Improving the quality of reports of meta-analyses of randomised controlled trials: the QUOROM statement. Quality of Reporting of Meta-analyses. *Lancet (London, England)*, 354(9193), 1896–1900. [https://doi.org/10.1016/s0140-6736\(99\)04149-5](https://doi.org/10.1016/s0140-6736(99)04149-5)
-

- Morrato, E. H., Hill, J. O., Wyatt, H. R., Ghushchyan, V. & Sullivan, P. W. (2007). Physical activity in U.S. adults with diabetes and at risk for developing diabetes, 2003. *Diabetes care*, 30(2), 203–209. <https://doi.org/10.2337/dc06-1128>
- Piette, J. D., Richardson, C., Himle, J., Duffy, S., Torres, T., Vogel, M., Barber, K. & Valenstein, M. (2011). A randomized trial of telephonic counseling plus walking for depressed diabetes patients. *Medical care*, 49(7), 641–648. <https://doi.org/10.1097/MLR.0b013e318215d0c9>
- Pi-Sunyer, X. (2014). The Look AHEAD Trial: A Review and Discussion Of Its Outcomes. *Current nutrition reports*, 3(4), 387–391. <https://doi.org/10.1007/s13668-014-0099-x>
- Plotnikoff, R. C., Karunamuni, N., Courneya, K. S., Sigal, R. J [R. J.], Johnson, J. A. & Johnson, S. T. (2013). The Alberta Diabetes and Physical Activity Trial (ADAPT): a randomized trial evaluating theory-based interventions to increase physical activity in adults with type 2 diabetes. *Annals of behavioral medicine : a publication of the Society of Behavioral Medicine*, 45(1), 45–56. <https://doi.org/10.1007/s12160-012-9405-2>
- Qiu, S., Cai, X [Xue], Chen, X., Yang, B. & Sun, Z. (2014). Step counter use in type 2 diabetes: a meta-analysis of randomized controlled trials. *BMC medicine*, 12, 36. <https://doi.org/10.1186/1741-7015-12-36>
- Qiu, S., Cai, X [Xue], Schumann, U [Uwe], Velders, M., Sun, Z. & Steinacker, J. M [Jürgen Michael] (2014). Impact of walking on glycemic control and other cardiovascular risk factors in type 2 diabetes: a meta-analysis. *PloS one*, 9(10), e109767. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0109767>
- Ravussin, E. & Smith, S. R. (2002). Increased Fat Intake, Impaired Fat Oxidation, and Failure of Fat Cell Proliferation Result in Ectopic Fat Storage, Insulin Resistance, and Type 2 Diabetes Mellitus, 967, 363–378. <https://nyaspubs.onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.1111/j.1749-6632.2002.tb04292.x>
- Robert Koch-Institut. (2016). *Diabetes Mellitus*. https://www.rki.de/DE/Content/Gesundheitsmonitoring/Themen/Chronische_Erkrankungen/Diabetes/Diabetes_node.html
- Rossen, J., Larsson, K., Hagströmer, M., Yngve, A., Brismar, K., Ainsworth, B., Åberg, L. & Johansson, U.-B. (2021). Effects of a three-armed randomised controlled trial using self-monitoring of daily steps with and without counselling in prediabetes and type 2 diabetes-the Sophia Step Study. *The international journal of behavioral nutrition and physical activity*, 18(1), 121. <https://doi.org/10.1186/s12966-021-01193-w>
- Rowley, W. R., Bezold, C., Arikan, Y., Byrne, E. & Krohe, S. (2017). Diabetes 2030: Insights from Yesterday, Today, and Future Trends. *Population health management*, 20(1), 6–12. <https://doi.org/10.1089/pop.2015.0181>
-

- Russell-Minda, E., Jutai, J., Speechley, M., Bradley, K., Chudyk, A. & Petrella, R. (2009). Health Technologies for Monitoring and Managing Diabetes: A Systematic Review. *Journal of Diabetes Science and Technology*, 3(6), 1460–1471.
- Schwarz, J., Amey-Özel, M. & Feichter, M. (2022). *Diabetes Typ 2*. NetDoktor GmbH. <https://www.netdoktor.de/krankheiten/diabetes-mellitus/#diabetes-symptome-und-folgen>
- Sluik, D., Buijsse, B. & Muckelbauer, R. e. a. (2012). Physical Activity and Mortality in Individuals With Diabetes Mellitus: A Prospective Study and Meta-analysis. *Arch Intern Med*, 172, 1285–1295. <https://doi.org/10.1001/archinternmed.2012.3130>
- Smart, N. A., Waldron, M., Ismail, H., Giallauria, F., Vigorito, C., Cornelissen, V. & Dieberg, G. (2015). Validation of a new tool for the assessment of study quality and reporting in exercise training studies: TESTEX. *International journal of evidence-based healthcare*, 13(1), 9–18. <https://doi.org/10.1097/XEB.0000000000000020>
- Smith, A. D., Crippa, A., Woodcock, J. & Brage, S. (2016). Physical activity and incident type 2 diabetes mellitus: a systematic review and dose-response meta-analysis of prospective cohort studies. *Diabetologia*, 59(12), 2527–2545. <https://doi.org/10.1007/s00125-016-4079-0>
- Snowling, N. J. & Hopkins, W. G. (2006). Effects of different modes of exercise training on glucose control and risk factors for complications in type 2 diabetic patients: a meta-analysis. *Diabetes care*, 29(11), 2518–2527. <https://doi.org/10.2337/dc06-1317>
- Spirescu, S. *Sportdatenbank*. My Miracle. <https://www.my-miracle.de/sport>
- Stephan, H. (2022). *Erhöhte Werte bei Diabetes*. Groessesblutbild.de. https://www.groessesblutbild.de/blutfettwerte-bei-diabetes.html#Werte_von_LDL-Cholesterin_Triglyceride_und_Gesamtcholesterin_im_Blut_bei_Diabetes
- Taylor, R. (2008). Pathogenesis of type 2 diabetes: tracing the reverse route from cure to cause. *Diabetologia*, 51(10), 1781–1789. <https://doi.org/10.1007/s00125-008-1116-7>
- Tobias, D. K., an Pan, Jackson, C. L., O'Reilly, E. J., Ding, E. L., Willett, W. C., Manson, J. E. & Hu, F. B. (2014). Body-mass index and mortality among adults with incident type 2 diabetes. *The New England journal of medicine*, 370(3), 233–244. <https://doi.org/10.1056/NEJMoa1304501>
- Tubili, C., Di Flaviani, A., Morviducci, L., Nardone, L. & Altieri, N. (2010). Pedometer use is beneficial for type 2 diabetes mellitus patients if included in educational programs. *Metabolism: clinical and experimental*, 59. <https://doi.org/10.1016/j.metabol.2010.05.005>
- Tudor-Locke, C [C.] & Bassett D.R. (2004). How Many Steps/Day Are Enough? *Sports Medicine*, 34(1), 1–8.
-

- Tudor-Locke, C [C.], Bell, R. C., Myers, A. M., Harris, S. B., Ecclestone, N. A., Lauzon, N. & Rodger, N. W. (2004). Controlled outcome evaluation of the First Step Program: a daily physical activity intervention for individuals with type II diabetes. *International journal of obesity and related metabolic disorders: journal of the International Association for the Study of Obesity*, 28(1), 113–119. <https://doi.org/10.1038/sj.ijo.0802485>
- Tudor-Locke, C [C.], Craig, C. L., Brown, W. J., Clemes, S. A., Cocker, K. de, Giles-Corti, B., Hatano, Y., Inoue, S., Matsudo, S. M., Mutrie, N., Oppert, J., Rowe, D. A., Schmidt, M. D., Schofield, G. M., Spence, J. C., Teixeira, P. J., Tully, M. A. & Blair, S. N. (2011). How many Steps/day are Enough? For Adults. *International journal of behavioral nutrition and physical activity*, 8(79). <https://doi.org/10.1186/1479-5868-8-79>
- Tudor-Locke, C. E., Myers, A. M., Bell, R. C., Harris, S. B. & Rodger, N. W. (2002). Preliminary outcome evaluation of the First Step Program: a daily physical activity intervention for individuals with type 2 diabetes. *Patient Education and Counseling*, 47, 23–28.
- Van Dyck, D., Greef, K. de [Karlijn], Deforche, B [Benedicte], Ruige, J., Bouckaert, J., Tudor-Locke, C. E., Kaufman, J.-M. & Bourdeaudhuij, I. de [Ilse] (2013). The relationship between changes in steps/day and health outcomes after a pedometer-based physical activity intervention with telephone support in type 2 diabetes patients. *Health education research*, 28(3), 539–545. <https://doi.org/10.1093/her/cyt038>
- Weid, N. von der. (2018). *Entstehung und Verlauf des Typ-2-Diabetes - jeder ist anders ...* diabetesschweiz. <https://www.d-journal.ch/uebriges-keine/entstehung-und-verlauf-des-typ-2-diabetes-jeder-ist-anders/>
- Wing, R. R., Bolin, P., Brancati, F. L., Bray, G. A., Clark, J. M., Coday, M., Crow, R. S., Curtis, J. M., Egan, C. M., Espeland, M. A., Evans, M., Foreyt, J. P., Ghazarian, S., Gregg, E. W., Harrison, B., Hazuda, H. P., Hill, J. O., Horton, E. S., van Hubbard, S., . . . Yanovski, S. Z. (2013). Cardiovascular effects of intensive lifestyle intervention in type 2 diabetes. *The New England journal of medicine*, 369(2), 145–154. <https://doi.org/10.1056/NEJMoa1212914>
- World Health Organisation. (2022). *Diabetes*. <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/diabetes>
- Zhao, G., Ford, E. S., Li, C. & Balluz, L. S. (2011). Physical Activity in U.S. Older Adults with Diabetes Mellitus: Prevalence and Correlates of Meeting Physical Activity Recommendation. *The American Geriatrics Society*, 59(1), 132–137. <https://doi.org/10.1088/2058-9565/ac5b30>
-

Anhangsverzeichnis

- Anhang A Qualitätsbewertung der einzelnen Studien
- Anhang B Effekte der Schrittzählerinterventionen im Vergleich zu der Kontrollbehandlung auf die Gesundheitsparameter
- Anhang C Zusammenhang zwischen Veränderung täglicher Schrittzahl und Veränderung der Gesundheitsparametern
- Anhang D Effekte der Erhöhung täglicher Schrittzahl um mindestens 2500 Schritte

Anhang A: Qualitätsbewertung der einzelnen Studien

	Generierung der Randomisierungssequenz	Verdeckte Gruppenzuteilung	Verblindung von Studienpersonal/-teilnehmern	Verblindung der Endpunkterhebung/-bewertung	Fehlende Daten bei der Endpunkterhebung/-bewertung	Selektives Berichten von Endpunkten	Andere Ursachen für Bias
Dasgupta et al. (2016)	Block-Randomisierung: zufällig permutierte Blöcke mit variierten Blockgrößen von 2, 4 und 6, ohne Stratifizierung	Unzureichende Informationen für eine Beurteilung ,geringes/hohes RoB'	Keine Verblindung; Einfluss der fehlenden Verblindung auf Endpunkt unwahrscheinlich	Keine Verblindung; Einfluss der fehlenden Verblindung auf Endpunkt unwahrscheinlich	Unzureichende Informationen für eine Beurteilung ,geringes/hohes RoB'	Das Studienprotokoll ist verfügbar und alle vorab festgelegten Endpunkte, die für die Leitlinie oder systematische Übersichtsarbeit von Bedeutung sind, wurden in der Publikation berichtet	Die Studie scheint weitgehend frei von anderen Ursachen für Bias

	Generierung der Randomisierungssequenz	Verdeckte Gruppenzuteilung	Verblindung von Studienpersonal/-teilnehmern	Verblindung der Endpunkterhebung/-bewertung	Fehlende Daten bei der Endpunkterhebung/-bewertung	Selektives Berichten von Endpunkten	Andere Ursachen für Bias
Plotnikoff et al. (2012)	Block-Randomisierung: mit einer Blockgröße von 3, zufällige Permutation der Ziffern durch Software, ohne Stratifizierung	Externe Zuteilung: telefonkontrollierte Randomisierung	Nur ein Forschungsassistent, der nicht direkt an der Studie beteiligt war, hatte Zugriff auf die Codierung der drei Studiengruppen; Forschungspersonal und Prüfer der Gruppenzuweisung verblindet, keine Verblindung der Teilnehmer; Einfluss der fehlenden Verblindung auf Endpunkt unwahrscheinlich	Nur ein Forschungsassistent, der nicht direkt an der Studie beteiligt war, hatte Zugriff auf die Codierung der drei Studiengruppen; Forschungspersonal und Prüfer der Gruppenzuweisung verblindet; keine Verblindung der Teilnehmer; Einfluss der fehlenden Verblindung auf Endpunkt unwahrscheinlich	Unzureichende Informationen für eine Beurteilung ,geringes/hohes RoB'	Das Studienprotokoll ist verfügbar und alle vorab festgelegten Endpunkte, die für die Leitlinie oder systematische Übersichtsarbeit von Bedeutung sind, wurden in der Publikation berichtet	Die Studie scheint weitgehend frei von anderen Ursachen für Bias

	Generierung der Randomisierungssequenz	Verdeckte Gruppenzuteilung	Verblindung von Studienpersonal/-teilnehmern	Verblindung der Endpunkterhebung/-bewertung	Fehlende Daten bei der Endpunkterhebung/-bewertung	Selektives Berichten von Endpunkten	Andere Ursachen für Bias
Kirk et al. (2009)	Nach dem Zufallsprinzip auf individueller Basis: mit nummerierten versiegelten Umschlägen	Versiegelte Umschläge	Die Forscher, die die Ergebnismessung durchgeführt haben, waren zu Beginn der Studie gegenüber der Gruppenzuordnung verblindet; keine Verblindung der Teilnehmer; Einfluss der fehlenden Verblindung auf Endpunkt unwahrscheinlich	Die Forscher, die die Ergebnismessung durchgeführt haben, waren nach 6 und 12 Monate gegenüber der Gruppenzuordnung verblindet; keine Verblindung der Teilnehmer; Einfluss der fehlenden Verblindung auf Endpunkt unwahrscheinlich	Fehlende Daten wurden mithilfe geeigneter statistischer Methode imputiert: ITT-Analyse	Das Studienprotokoll ist verfügbar und alle vorab festgelegten Endpunkte, die für die Leitlinie oder systematische Übersichtsarbeit von Bedeutung sind, wurden in der Publikation berichtet	Die Studie scheint weitgehend frei von anderen Ursachen für Bias

	Generierung der Randomisierungssequenz	Verdeckte Gruppenzuteilung	Verblindung von Studienpersonal/-teilnehmern	Verblindung der Endpunkterhebung/-bewertung	Fehlende Daten bei der Endpunkterhebung/-bewertung	Selektives Berichten von Endpunkten	Andere Ursachen für Bias
Piette et al. (2011)	Tabelle mit Zufallszahlen	Versiegelte Umschläge	Keine Angabe zu Verblindung; Einfluss der fehlenden Verblindung auf Endpunkt unwahrscheinlich	Keine Verblindung; Einfluss der fehlenden Verblindung auf Endpunkt unwahrscheinlich	Unzureichende Informationen für eine Beurteilung ,geringes/hohes RoB'	Das Studienprotokoll ist verfügbar und alle vorab festgelegten Endpunkte, die für die Leitlinie oder systematische Übersichtsarbeit von Bedeutung sind, wurden in der Publikation berichtet	Die Studie scheint weitgehend frei von anderen Ursachen für Bias

	Generierung der Randomisierungssequenz	Verdeckte Gruppenzuteilung	Verblindung von Studienpersonal/-teilnehmern	Verblindung der Endpunkterhebung/-bewertung	Fehlende Daten bei der Endpunkterhebung/-bewertung	Selektives Berichten von Endpunkten	Andere Ursachen für Bias
Arovah et al. (2018)	Nach dem Zufallsprinzip: mit Zuteilungsverhältnis 1:1, mithilfe eines Zufallszahlen-generators	Unzureichende Informationen für eine Beurteilung ,geringes/hohes RoB'	Hauptautor nicht verblindet, andere Forscher, Labor-techniker, Forschungsassistenten und Statistiker waren gegenüber der Gruppenzuordnung verblindet, die Teilnehmern nicht verblindet; Einfluss der fehlenden Verblindung auf Endpunkt unwahrscheinlich	Hauptautor nicht verblindet, andere Forscher, Labor-techniker, Forschungsassistenten und Statistiker waren gegenüber der Gruppenzuordnung verblindet, die Teilnehmern nicht verblindet; Einfluss der fehlenden Verblindung auf Endpunkt unwahrscheinlich	Fehlende Daten wurden mithilfe geeigneter statistischer Methode imputiert: ITT-Analyse	Das Studienprotokoll ist verfügbar und alle vorab festgelegten Endpunkte, die für die Leitlinie oder systematische Übersichtsarbeit von Bedeutung sind, wurden in der Publikation berichtet	Die Studie scheint weitgehend frei von anderen Ursachen für Bias

	Generierung der Randomisierungssequenz	Verdeckte Gruppenzuteilung	Verblindung von Studienpersonal/-teilnehmern	Verblindung der Endpunkterhebung/-bewertung	Fehlende Daten bei der Endpunkterhebung/-bewertung	Selektives Berichten von Endpunkten	Andere Ursachen für Bias
Van Dyck et al. (2013)	Nach dem Zufallsprinzip: im Verhältnis 2:1 IG zu KG zugeteilt	Unzureichende Informationen für eine Beurteilung ,geringes/hohes RoB'	Keine Verblindung; Einfluss der fehlenden Verblindung auf Endpunkt unwahrscheinlich	Keine Verblindung; Einfluss der fehlenden Verblindung auf Endpunkt unwahrscheinlich	Fehlende Daten wurden mithilfe geeigneter statistischer Methode imputiert: ITT-Analyse	Das Studienprotokoll ist verfügbar und alle vorab festgelegten Endpunkte, die für die Leitlinie oder systematische Übersichtsarbeit von Bedeutung sind, wurden in der Publikation berichtet	Die Studie scheint weitgehend frei von anderen Ursachen für Bias
Tubili et al.	Unzureichende Informationen für eine Beurteilung ,geringes/hohes RoB'	Unzureichende Informationen für eine Beurteilung ,geringes/hohes RoB'	Unzureichende Informationen für eine Beurteilung ,geringes/hohes RoB'	Unzureichende Informationen für eine Beurteilung ,geringes/hohes RoB'	Unzureichende Informationen für eine Beurteilung ,geringes/hohes RoB'	Unzureichende Informationen für eine Beurteilung ,geringes/hohes RoB'	Unzureichende Informationen für eine Beurteilung ,geringes/hohes RoB'

	Generierung der Randomisierungssequenz	Verdeckte Gruppenzuteilung	Verblindung von Studienpersonal/-teilnehmern	Verblindung der Endpunkterhebung/-bewertung	Fehlende Daten bei der Endpunkterhebung/-bewertung	Selektives Berichten von Endpunkten	Andere Ursachen für Bias
Hu et al. (2019)	Block-Randomisierung: zufällig gemischten Blöcken im Verhältnis 1:1:1	Undurchsichtige fortlaufend nummerierte Umschläge	Einfluss der fehlenden Verblindung auf Endpunkt unwahrscheinlich: Teilnehmer, Krankenschwestern und Diätassistenten nicht verblindet, Ärzte verblindet, alle Beurteilungen wurden ausschließlich von Krankenschwestern durchgeführt	Einfluss der fehlenden Verblindung auf Endpunkt unwahrscheinlich: Teilnehmer, Krankenschwestern und Diätassistenten nicht verblindet, Ärzte verblindet, alle Beurteilungen wurden ausschließlich von Krankenschwestern durchgeführt	Fehlende Daten wurden mithilfe geeigneter statistischer Methode imputiert: ITT-Analyse	Das Studienprotokoll ist verfügbar und alle vorab festgelegten Endpunkte, die für die Leitlinie oder systematische Übersichtsarbeit von Bedeutung sind, wurden in der Publikation berichtet	Die Studie scheint weitgehend frei von anderen Ursachen für Bias

	Generierung der Randomisierungssequenz	Verdeckte Gruppenzuteilung	Verblindung von Studienpersonal/-teilnehmern	Verblindung der Endpunkterhebung/-bewertung	Fehlende Daten bei der Endpunkterhebung/-bewertung	Selektives Berichten von Endpunkten	Andere Ursachen für Bias
Andrews et al. (2011)	Computer-generierte Zuteilung: mit Verhältnis 2:5:5, stratifiziert und minimiert nach Alter, Geschlecht, Fitness, Aktivität und Blutdruck	Externe Zuteilung: telefonkontrollierte Randomisierung	Einfluss der fehlenden Verblindung auf Endpunkt unwahrscheinlich: Teilnehmer, Krankenschwestern und Diätassistenten nicht verblindet, Ärzte verblindet; alle Beurteilungen wurden ausschließlich von Krankenschwestern durchgeführt	Einfluss der fehlenden Verblindung auf Endpunkt unwahrscheinlich: Teilnehmer, Krankenschwestern und Diätassistenten nicht verblindet, Ärzte verblindet; alle Beurteilungen wurden ausschließlich von Krankenschwestern durchgeführt	Fehlende Daten wurden mithilfe geeigneter statistischer Methode imputiert: ITT-Analyse ohne Imputation	Das Studienprotokoll ist verfügbar und alle vorab festgelegten Endpunkte, die für die Leitlinie oder systematische Übersichtsarbeit von Bedeutung sind, wurden in der Publikation berichtet	Die Studie scheint weitgehend frei von anderen Ursachen für Bias

	Generierung der Randomisierungssequenz	Verdeckte Gruppenzuteilung	Verblindung von Studienpersonal/-teilnehmern	Verblindung der Endpunkterhebung/-bewertung	Fehlende Daten bei der Endpunkterhebung/-bewertung	Selektives Berichten von Endpunkten	Andere Ursachen für Bias
Karstoft et al. (2013)	Unzureichende Informationen für eine Beurteilung ,geringes/hohes RoB'	Unzureichende Informationen für eine Beurteilung ,geringes/hohes RoB'	Keine Verblindung; Einfluss der fehlenden Verblindung auf Endpunkt unwahrscheinlich	Keine Verblindung; Einfluss der fehlenden Verblindung auf Endpunkt unwahrscheinlich	Unzureichende Informationen für eine Beurteilung ,geringes/hohes RoB'	Das Studienprotokoll ist verfügbar und alle vorab festgelegten Endpunkte, die für die Leitlinie oder systematische Übersichtsarbeit von Bedeutung sind, wurden in der Publikation berichtet	Unterschiede in den Baseline-Charakteristika: systolischer Blutdruck

	Generierung der Randomisierungssequenz	Verdeckte Gruppenzuteilung	Verblindung von Studienpersonal/-teilnehmern	Verblindung der Endpunkterhebung/-bewertung	Fehlende Daten bei der Endpunkterhebung/-bewertung	Selektives Berichten von Endpunkten	Andere Ursachen für Bias
Tudor Locke et al. (2004)	Unzureichende Informationen für eine Beurteilung ,geringes/hohes RoB'	Unzureichende Informationen für eine Beurteilung ,geringes/hohes RoB'	Keine Verblindung; Einfluss der fehlenden Verblindung auf Endpunkt unwahrscheinlich	Keine Verblindung; Einfluss der fehlenden Verblindung auf Endpunkt unwahrscheinlich	Keine geeignete statistische Methode angewendet, die Ursachen für die fehlenden Daten steht wahrscheinlich in Zusammenhang mit den Interventionen oder Ergebnissen	Das Studienprotokoll ist verfügbar und alle vorab festgelegten Endpunkte, die für die Leitlinie oder systematische Übersichtsarbeit von Bedeutung sind, wurden in der Publikation berichtet	Die Studie scheint weitgehend frei von anderen Ursachen für Bias

	Generierung der Randomisierungssequenz	Verdeckte Gruppenzuteilung	Verblindung von Studienpersonal/-teilnehmern	Verblindung der Endpunkterhebung/-bewertung	Fehlende Daten bei der Endpunkterhebung/-bewertung	Selektives Berichten von Endpunkten	Andere Ursachen für Bias
De Greef et al. (2010)	Geschichtete Randomisierung: mittels Stratifizierens des Geschlechts und Alter	Versiegelte Umschläge	Keine Verblindung; Einfluss der fehlenden Verblindung auf Endpunkt unwahrscheinlich	Keine Verblindung; Einfluss der fehlenden Verblindung auf Endpunkt unwahrscheinlich	Fehlende Daten wurden mithilfe geeigneter statistischer Methode imputiert: ITT-Analyse	Das Studienprotokoll ist verfügbar und alle vorab festgelegten Endpunkte, die für die Leitlinie oder systematische Übersichtsarbeit von Bedeutung sind, wurden in der Publikation berichtet	Unterschiede in den Baseline-Charakteristika: wahrgenommene Gesundheitszustand
Diedrich et al.	Unzureichende Informationen für eine Beurteilung ,geringes/hohes RoB'	Unzureichende Informationen für eine Beurteilung ,geringes/hohes RoB'	Keine Verblindung; Einfluss der fehlenden Verblindung auf Endpunkt unwahrscheinlich	Keine Verblindung; Einfluss der fehlenden Verblindung auf Endpunkt unwahrscheinlich	Fehlende Daten wurden mithilfe ungeeigneter statistischer Methoden imputiert (keine ITT-Analyse)	Unzureichende Informationen für eine Beurteilung ,geringes/hohes RoB'	Unterschiede in den Baseline-Charakteristika: Übergewicht bei Männern in KG

	Generierung der Randomisierungssequenz	Verdeckte Gruppeneinteilung	Verblindung von Studienpersonal/-teilnehmern	Verblindung der Endpunkterhebung/-bewertung	Fehlende Daten bei der Endpunkterhebung/-bewertung	Selektives Berichten von Endpunkten	Andere Ursachen für Bias
De Greef et al. (2011)	Nach dem Zufallsprinzip über computer-generierte Zufallszahlen	Versiegelte Umschläge	Keine Verblindung; Einfluss der fehlenden Verblindung auf Endpunkt unwahrscheinlich	Keine Verblindung; Einfluss der fehlenden Verblindung auf Endpunkt unwahrscheinlich	Fehlende Daten wurden mithilfe geeigneter statistischer Methode imputiert: ITT-Analyse	Das Studienprotokoll ist verfügbar und alle vorab festgelegten Endpunkte, die für die Leitlinie oder systematische Übersichtsarbeit von Bedeutung sind, wurden in der Publikation berichtet	Unterschiede in den Baseline-Charakteristika: BMI, Taillenumfang und DBD

	Generierung der Randomisierungssequenz	Verdeckte Gruppenzuteilung	Verblindung von Studienpersonal/-teilnehmern	Verblindung der Endpunkterhebung/-bewertung	Fehlende Daten bei der Endpunkterhebung/-bewertung	Selektives Berichten von Endpunkten	Andere Ursachen für Bias
Kwon et al. (2010)	Unzureichende Informationen für eine Beurteilung ,geringes/hohes RoB'	Unzureichende Informationen für eine Beurteilung ,geringes/hohes RoB'	Keine Verblindung; Einfluss der fehlenden Verblindung auf Endpunkt unwahrscheinlich	Keine Verblindung; Einfluss der fehlenden Verblindung auf Endpunkt unwahrscheinlich	Unzureichende Informationen für eine Beurteilung ,geringes/hohes RoB'	Das Studienprotokoll ist verfügbar und alle vorab festgelegten Endpunkte, die für die Leitlinie oder systematische Übersichtsarbeit von Bedeutung sind, wurden in der Publikation berichtet	Unterschiede in den Baseline-Charakteristika: KITT (Geschwindigkeitskonstante für das Verschwinden von Plasmaglukose)

	Generierung der Randomisierungssequenz	Verdeckte Gruppenzuteilung	Verblindung von Studienpersonal/-teilnehmern	Verblindung der Endpunkterhebung/-bewertung	Fehlende Daten bei der Endpunkterhebung/-bewertung	Selektives Berichten von Endpunkten	Andere Ursachen für Bias
Araiza et al. (2006)	Nach dem Zufallsprinzip in Bezug auf Alter, HbA1c, BMI und Körperfettanteil	Unzureichende Informationen für eine Beurteilung ,geringes/hohes RoB'	Keine Verblindung; Einfluss der fehlenden Verblindung auf Endpunkt unwahrscheinlich	Keine Verblindung; Einfluss der fehlenden Verblindung auf Endpunkt unwahrscheinlich	Unzureichende Informationen für eine Beurteilung ,geringes/hohes RoB'	Das Studienprotokoll ist verfügbar und alle vorab festgelegten Endpunkte, die für die Leitlinie oder systematische Übersichtsarbeit von Bedeutung sind, wurden in der Publikation berichtet	Die Studie scheint weitgehend frei von anderen Ursachen für Bias

Anhang B: Effekte der Schrittzählerinterventionen im Vergleich zu der Kontrollbehandlung auf die Gesundheitsparameter

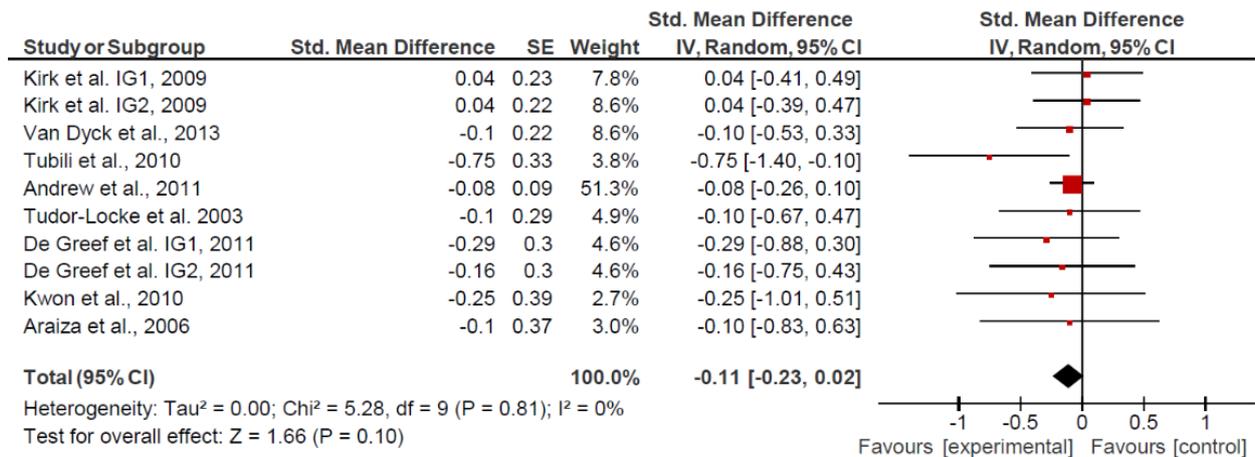


Abb. 22: Effekte der Intervention gegen Kontrollbehandlung auf Taillenumfang

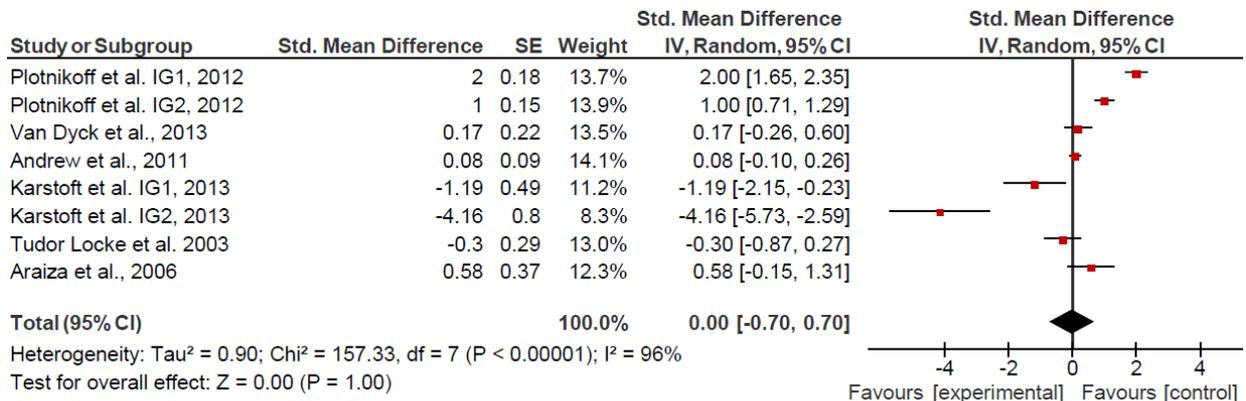


Abb. 23: Effekte der Intervention gegen Kontrollbehandlung auf LDL

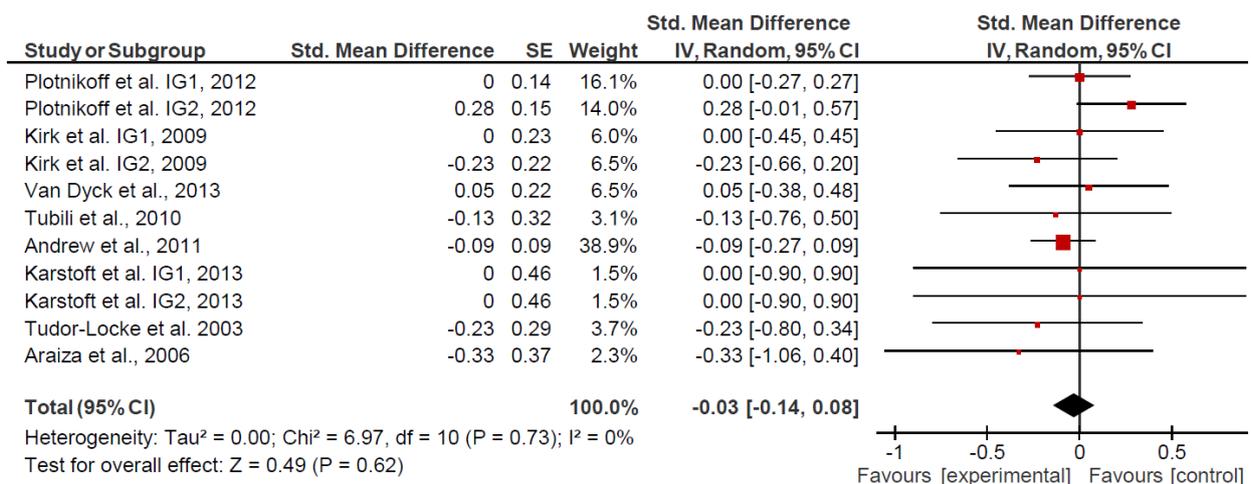


Abb. 24: Effekte der Intervention gegen Kontrollbehandlung auf HDL

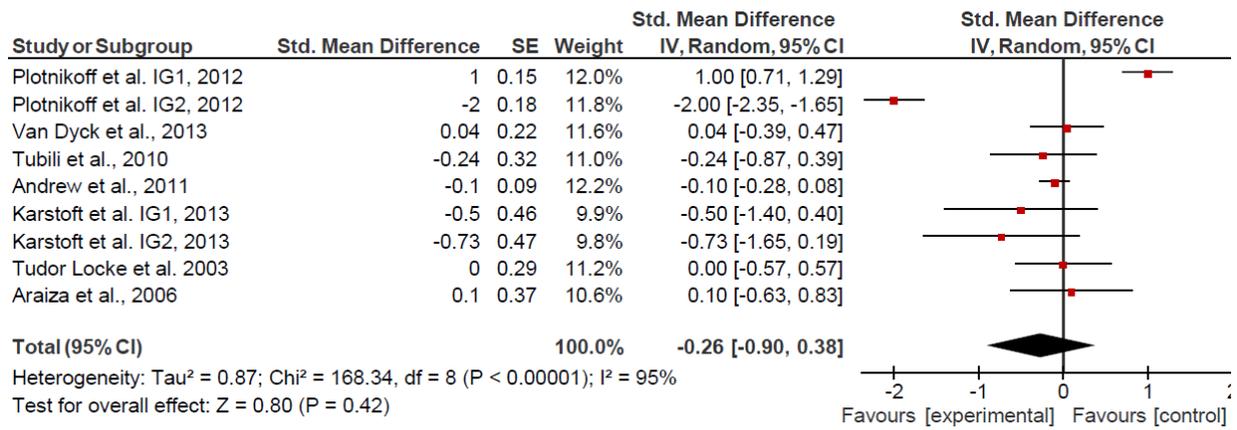


Abb. 25: Effekte der Intervention gegen Kontrollbehandlung auf Triglyzeride

Anhang C: Zusammenhang zwischen Veränderung täglicher Schrittzahl und Veränderung der Gesundheitsparametern

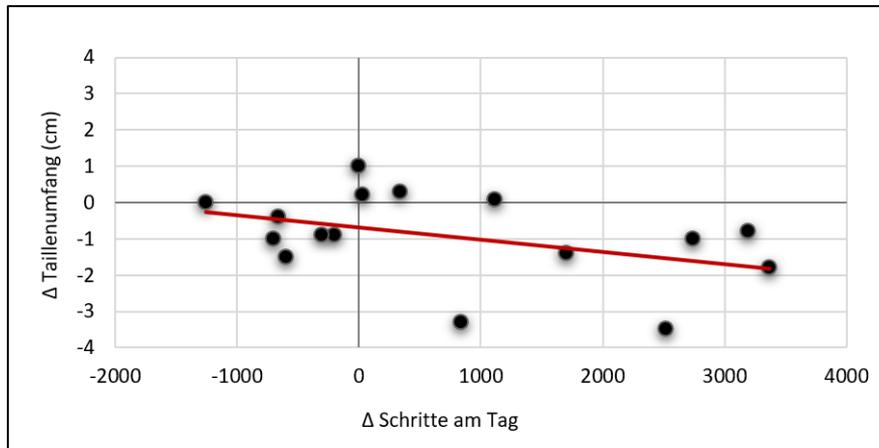


Abb. 26: Korrelation zwischen Δ tägliche Schrittzahl und Δ Taillenumfang

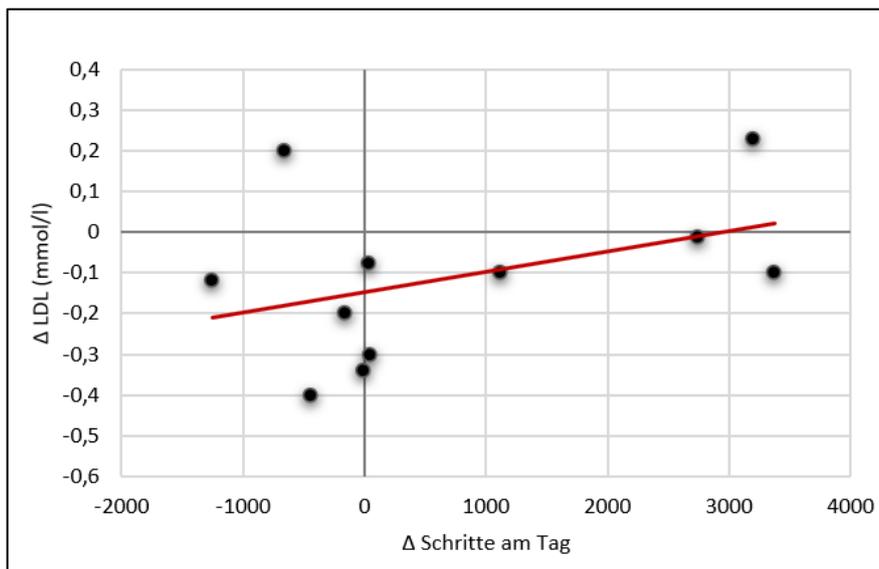


Abb. 27: Korrelation zwischen Δ tägliche Schrittzahl und Δ LDL

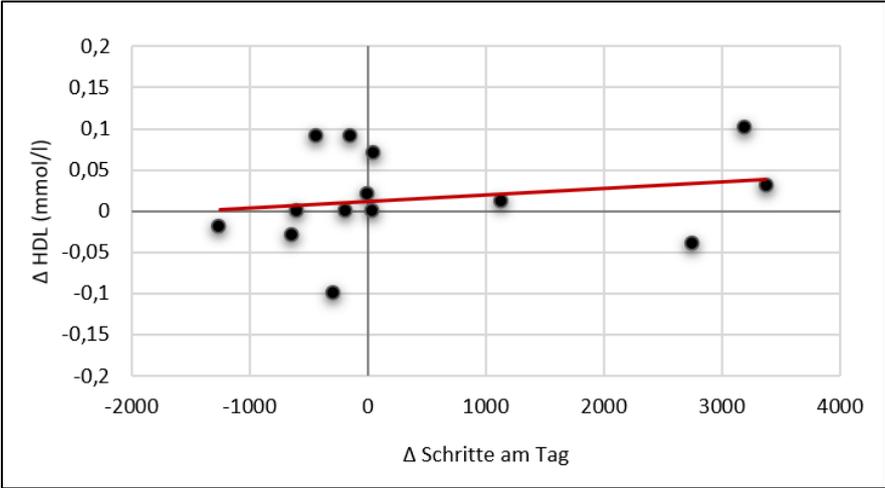


Abb. 28: Korrelation zwischen Δtägliche Schrittzahl und ΔHDL

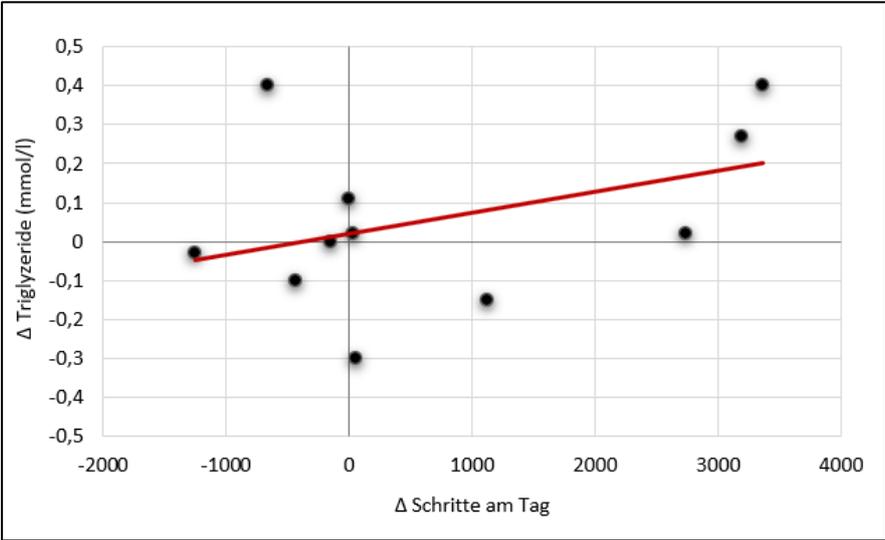


Abb. 29: Korrelation zwischen Δtägliche Schrittzahl und ΔTriglyzeride

Anhang D: Effekte der Erhöhung täglicher Schrittzahl um mindestens 2500 Schritte

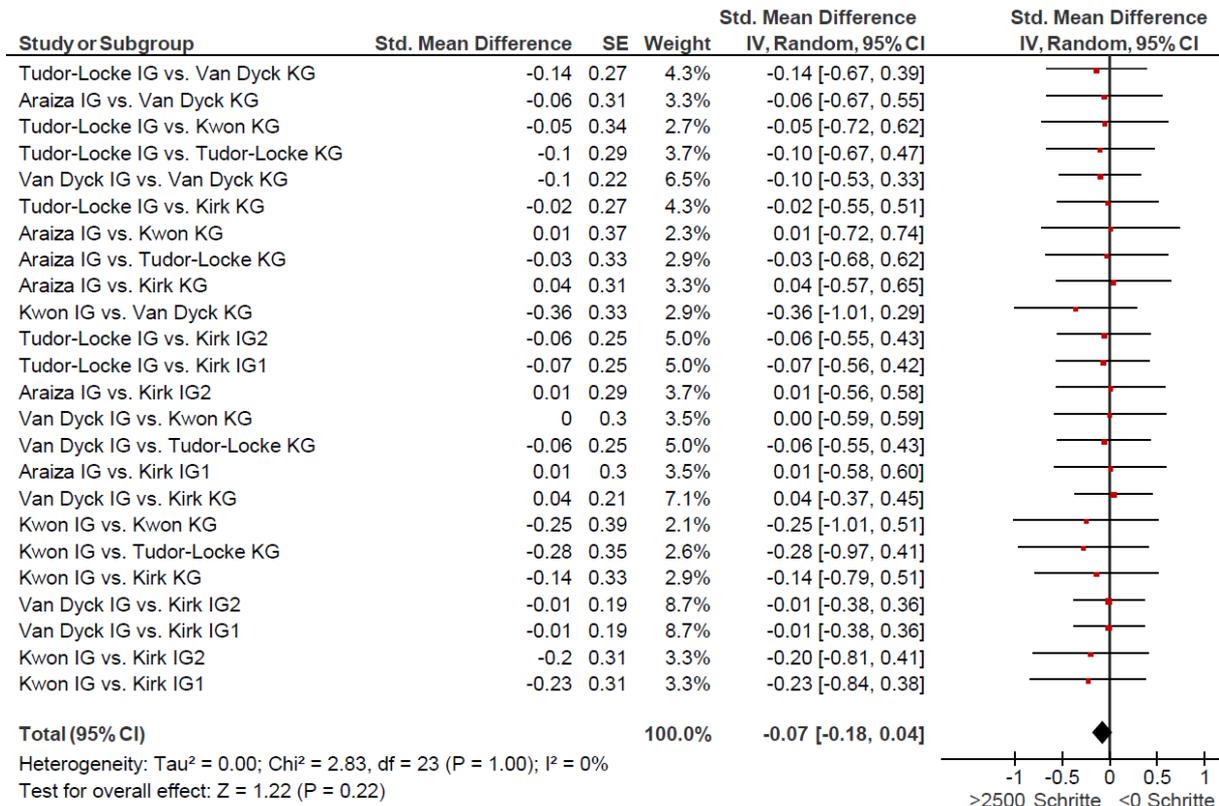
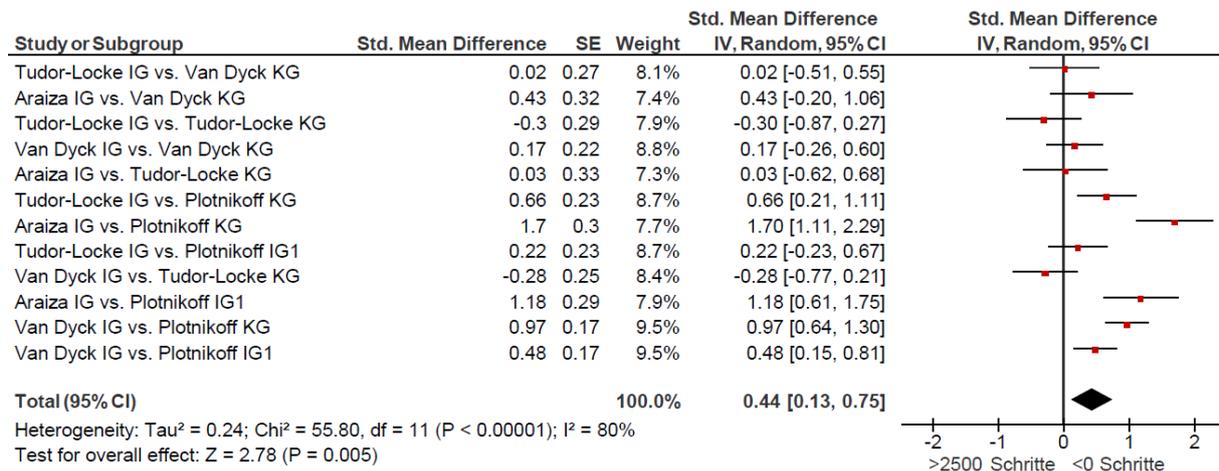


Abb. 30: Effekte der Erhöhung täglicher Schrittzahl um mindestens 2500 Schritte auf



Taillenumfang

Abb. 31: Effekte der Erhöhung täglicher Schrittzahl um mindestens 2500 Schritte auf LDL

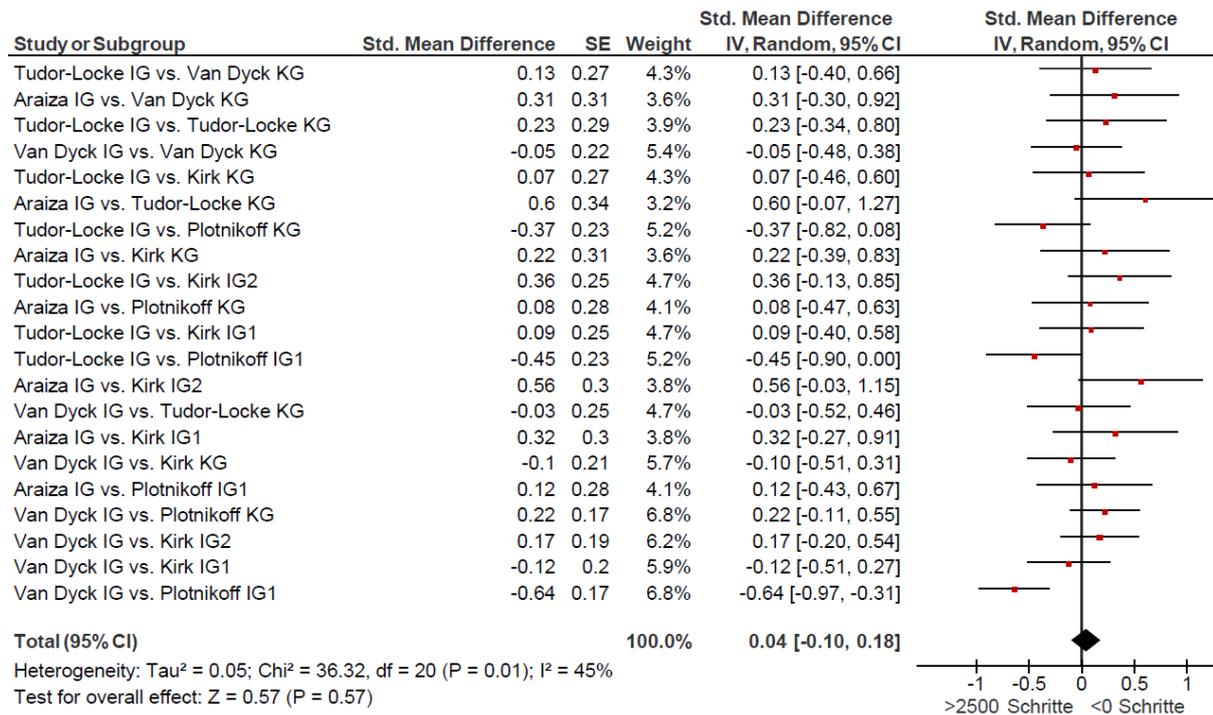


Abb. 32: Effekte der Erhöhung täglicher Schrittzahl um mindestens 2500 Schritte auf HDL

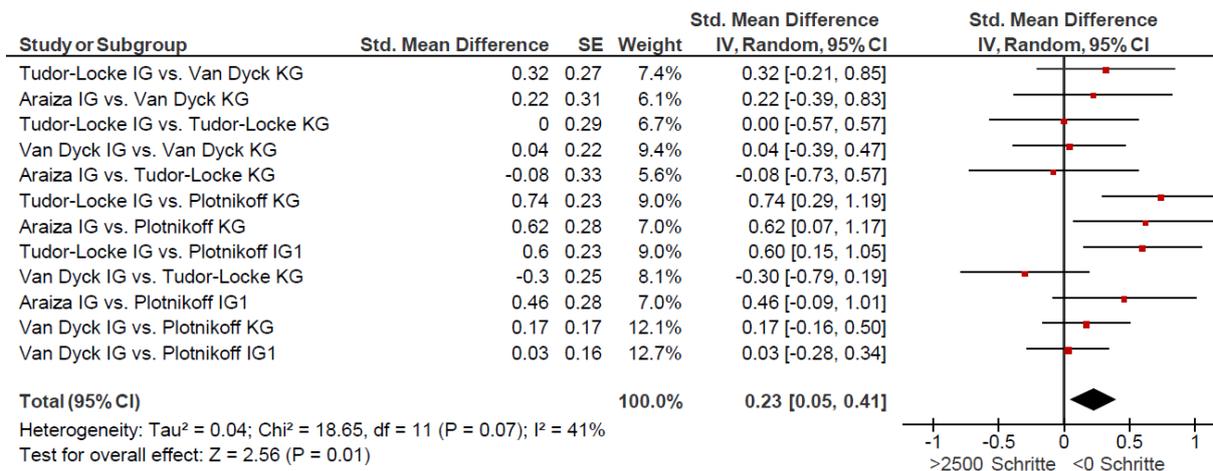


Abb. 33: Effekte der Erhöhung täglicher Schrittzahl um mindestens 2500 Schritte auf Triglyceride

Name: Vorname: geb. am: Matr.-Nr.:	Bitte beachten: 1. Bitte binden Sie dieses Blatt am Ende Ihrer Arbeit ein.
---	--

Selbstständigkeitserklärung*

Ich erkläre gegenüber der Technischen Universität Chemnitz, dass ich die vorliegende selbstständig und ohne Benutzung anderer als der angegebenen Quellen und Hilfsmittel angefertigt habe.

Die vorliegende Arbeit ist frei von Plagiaten. Alle Ausführungen, die wörtlich oder inhaltlich aus anderen Schriften entnommen sind, habe ich als solche kenntlich gemacht.

Diese Arbeit wurde in gleicher oder ähnlicher Form noch nicht als Prüfungsleistung eingereicht und ist auch noch nicht veröffentlicht.

Datum:

Unterschrift: 

* Statement of Authorship

I hereby certify to the Technische Universität Chemnitz that this thesis is all my own work and uses no external material other than that acknowledged in the text.

This work contains no plagiarism and all sentences or passages directly quoted from other people's work or including content derived from such work have been specifically credited to the authors and sources.

This paper has neither been submitted in the same or a similar form to any other examiner nor for the award of any other degree, nor has it previously been published.