

Hochschule für Angewandte Wissenschaften Hamburg

Fakultät Life Sciences

Department Ökotrophologie

Auswirkungen von pflanzlichen und tierischen Proteinen auf den Gesundheitsparameter Blutdruck

-

Eine systematische Literaturrecherche

Zur Erlangung des akademischen Grades

BACHELOR OF SCIENCE

vorgelegt von:

Frederike Todt

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

Matrikelnummer:

[REDACTED]

Studiengang:

Ökotrophologie

Erstgutachterin:

Prof. Dr. Sibylle Adam

Zweitgutachterin:

Prof. Dr. Anja Carlsohn

vorgelegt am:

30.03.2024

Inhaltsverzeichnis

Inhaltsverzeichnis.....	I
Abbildungsverzeichnis.....	III
Tabellenverzeichnis.....	III
Abkürzungsverzeichnis.....	IV
Gender Erklärung.....	IV
Zusammenfassung.....	1
Abstract.....	2
1 Einleitung.....	3
2 Theoretischer Hintergrund.....	5
2.1 Proteineigenschaften.....	5
2.1.1 Aminosäuren und ihre Struktur.....	5
2.1.2 Biologische Wertigkeit, PDCAAS-Score und der AS-Score von Proteinen.....	7
2.1.3 Verdauung von Proteinen.....	8
2.2 Aktuelle Proteinreferenzwerte.....	9
2.3 Proteinquellen.....	10
2.3.1 Pflanzliche Proteinquellen.....	10
2.3.2 Tierische Proteinquellen.....	12
2.4 Gesundheitsparameter Blutdruck.....	13
2.4.1 Zusammenhang von Blutdruck mit Leber und Nieren.....	14
2.4.2 Bluthochdruck.....	15
2.5 Zusammenhang zwischen Nahrung und Gesundheit.....	16
3 Ableitung der Forschungsfrage.....	17
4 Methodik.....	18
4.1 Beschreibung der Suchstrategie.....	18
4.2 Ein- und Ausschlusskriterien.....	19
4.3 Suche in PubMed.....	20
4.4 Suche in ScienceDirect.....	23
4.5 Qualitätsbeurteilung der Studien.....	24
4.6 Selektion der Studien.....	25
4.7 PRISMA Flowchart.....	27
5 Ergebnisse.....	28

5.1	Qualitätsbewertung der Studien	28
5.2	Studie 1.....	30
5.3	Studie 2.....	32
5.4	Studie 3.....	35
5.5	Studie 4.....	38
5.6	Zusammenfassung der Ergebnisse	40
6	Diskussion.....	41
6.1	Ergebnisdiskussion.....	41
6.2	Limitationen der Studien.....	44
6.3	Methodendiskussion.....	45
7	Schlussfolgerung.....	47
8	Literaturverzeichnis.....	48
	Anhang.....	55
	Eidesstattliche Erklärung	59

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Proteinogene Aminosäuren, Struktur der in den Proteinen vorkommenden Aminosäuren, unterlegte Aminosäuren stellen unentbehrliche Aminosäuren dar	6
Abbildung 2: BW und PDCAAS-Werte verschiedener Nahrungsmittelproteine.....	8
Abbildung 3: Durchschnittswerte des systolischen und diastolischen Blutdrucks zwischen den jüngeren und älteren Männern nach Einnahme des Kontroll- oder Interventionsgetränks. (modifiziert nach Giezenaar et al., 2021)	35

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Mögliche Suchkombinationen anhand des PICO-Schemas modifiziert nach Blümle et al., 2020.....	19
Tabelle 2: Ein- und Ausschlusskriterien	20
Tabelle 3: Einzelne Suchbegriffe und Anzahl der Ergebnisse bei PubMed	21
Tabelle 4: Suchbegriffskombinationen aus den einzelnen Suchbegriffen mit Trefferanzahlen und den jeweils zugewiesenen Nummern aus den jeweiligen Suchbegriffskombinationen.....	22
Tabelle 5: Suchbegriffskombinationen aus den zugewiesenen Nummern aus Tabelle 4 mit entsprechender Trefferanzahl und einer Kenntlichmachung durch fette Schrift der eingeschlossenen Suchbegriffskombinationen	22
Tabelle 6: Einzelne Suchbegriffe und Anzahl der Ergebnisse bei ScienceDirect.....	23
Tabelle 7: Suchbegriffskombinationen aus den zugewiesenen Nummern aus Tabelle 7 mit entsprechender Trefferanzahl und einer Kenntlichmachung durch fette Schrift der eingeschlossenen Suchkombinationen.....	24
Tabelle 8: "JBI critical appraisal checklist for randomized controlled trials" modifiziert nach (Trufanaru et al., 2020).....	25
Tabelle 9: "JBI critical appraisal checklist for randomized controlled trials" modifiziert nach (Trufanaru et al., 2020).....	29
Tabelle 10: Blutdruckergebnisse nach der Sojaintervention und Kontrollzeitraum modifiziert nach Tischmann et al., 2022	32
Tabelle 11: Blutdruck des Ausgangspunkts (T0) und nach drei Stunden (T180), nach der Einnahme der zwei Proteinmahlzeiten (modifiziert nach Zeinstra et al., 2019)	37
Tabelle 12: Durchschnittswerte der Auswirkungen der Diäten auf den systolischen und diastolischen Blutdruck in mmHg, Werte in der SBP-Reihe mit unterschiedlich hochgestellten Buchstaben (a,b) unterscheiden sich signifikant, angepasst $P < 0,05$ (modifiziert nach Roussel et al., 2014).....	40
Tabelle 13: Übersicht über die randomisierten, kontrollierten Studien mit Hilfe des PICO(S)-Schema	55

Abkürzungsverzeichnis

AI.....	<i>Augmentation Index</i>
ANOVA.....	<i>analysis of variance</i>
AS.....	<i>Aminosäuren</i>
AUC.....	<i>area under the curve</i>
BOLD.....	<i>beef in an optimal lean diet</i>
BP.....	<i>blood pressure</i>
CI.....	<i>confidence interval</i>
COPD.....	<i>chronic obstructive pulmonary disease</i>
CVD.....	<i>cardiovascular disease = kardiovaskuläre Erkrankungen</i>
DASH.....	<i>dietary approaches to stop hypertension</i>
DBP.....	<i>diastolic blood pressure</i>
EAA.....	<i>essential amino acids</i>
etc.	<i>et cetera</i>
HAD.....	<i>healthy american diet</i>
HDL-Cholesterin.....	<i>high density lipoprotein</i>
LDL-Cholesterin.....	<i>low density lipoprotein</i>
MAP.....	<i>mean arterial pressure = mittlerer arterieller Druck</i>
MUFA.....	<i>monounsaturated fatty acids</i>
PUFA.....	<i>polyunsaturated fatty acids</i>
PPH.....	<i>Postprandial Hypotension</i>
SD.....	<i>standard deviation</i>
SBP.....	<i>systolic blood pressure</i>
SEM.....	<i>standard error of the mean</i>
SFA.....	<i>saturated fatty acids</i>
TAA.....	<i>total amino acids</i>
TAG.....	<i>triacylglycerol = Triglyceride</i>
TC.....	<i>total cholesterin = Gesamtcholesterin</i>

Gender Erklärung

Zur besseren Lesbarkeit wird in dieser Bachelorarbeit das generische Maskulinum verwendet. Die in dieser Arbeit verwendeten Personenbezeichnungen beziehen sich, sofern nicht anders kenntlich gemacht, auf alle Geschlechter.

Zusammenfassung

Hintergrund: Ein normaler Blutdruck ist als Gesundheitsparameter ein wichtiger Indikator für die Gesundheit eines Individuums oder einer Population. Bluthochdruck hingegen gilt als eine multifaktoriell bedingte Erkrankung und ist eine der führenden Todesursachen. Therapeutische Ansätze, den Bluthochdruck zu senken, sind vielfältig. In den letzten Jahren wurden unter anderem ernährungstherapeutische Ansätze intensiv erforscht. Proteine sind lebenswichtige Bestandteile unserer Ernährung und haben demnach eine große Bedeutung bei Ernährungsempfehlungen. Zu finden sind Proteine sowohl in pflanzlichen als auch in tierischen Nahrungsquellen. Besonders der Verzehr pflanzlicher Proteinquellen konnte in den letzten Jahren aufgrund unterschiedlichster Beweggründe auffällige Anstiege verzeichnen. Die Zusammensetzung pflanzlicher und tierischer Proteine unterscheidet sich sowohl in ihrem Aminosäureprofil als auch in der biologischen Wertigkeit. Die Frage, welche Auswirkungen sich durch den Verzehr von pflanzlichen und tierischen Proteinen auf den Gesundheitsparameter Blutdruck ergeben, sind daher von hoher wissenschaftlicher Relevanz. Das Ziel dieser systematischen Literaturrecherche ist, die Auswirkungen unterschiedlicher Proteinquellen auf den Blutdruck aufzuzeigen.

Methodik: Die Datenbanken PubMed und ScienceDirect wurden systematisch nach randomisierten kontrollierten Studien die den Effekt einer Proteinzufuhr pflanzlicher oder tierischer Herkunft auf den Gesundheitsparameter Blutdruck bei gesunden Probanden untersuchten, durchsucht. Insgesamt wurden 183 potenzielle Studien in beiden Datenbanken gefunden.

Ergebnisse: Die Ergebnisse der vier identifizierten Studien wurden ausgewertet. In einer Studie konnte eine signifikante Senkung des systolischen Blutdrucks nach einer Diät mit hohem Anteil an magerem Rindfleisch festgestellt werden ($p < 0,01$). Eine weitere Studie stellte einen Zusammenhang zwischen dem Alter und der Einnahme von Molkenproteingetränken her. Bei den älteren Männern konnten signifikante Blutdrucksenkungen (systolisch und diastolisch) festgestellt werden ($p = 0,001$), die jüngeren Männer zeigten keine signifikanten Veränderungen auf. Eine weitere Studie untersuchte den Einfluss des Verzehrs von Sojanüssen auf den Blutdruck. Dieser sank nach dem Verzehr von Sojanüssen zwar, jedoch nicht signifikant (systolisch $p = 0,071$; diastolisch $p = 0,070$). Die letzte Studie ergab, dass es drei Stunden nach der Einnahme von zwei unterschiedlichen pflanzlichen Proteinmahlzeiten keinen signifikanten Effekt auf den Blutdruck gab.

Diskussion: Es konnten Verringerungen des Blutdrucks in drei der vier Studien festgestellt werden. Inwieweit Faktoren wie die Menge der Proteinzufuhr, Vorerkrankungen, das Alter, das Geschlecht sowie die Art der Blutdruckmessungen die Senkungen beeinflussen können, bleibt in weiteren Studien zu klären. Die Auswertung einer kleinen Stichprobe und weitere Faktoren sind als Limitationen dieser Arbeit zu erkennen.

Abstract

Background: As a health parameter, normal blood pressure is an important indicator of the health of an individual or a population. High blood pressure, on the other hand, is considered a multifactorial disease and is one of the leading causes of death. There are many therapeutic approaches to lowering high blood pressure. In recent years, nutritional therapeutic approaches have been intensively researched. Proteins are vital components of our diet and are therefore of great importance in dietary recommendations. Proteins can be found in both plant and animal food sources. The consumption of plant-based protein sources in particular has seen a noticeable increase in recent years for a variety of reasons. The composition of plant and animal proteins differs both in their amino acid profile and in their biological value. The question of what effects the consumption of plant and animal proteins has on the health parameter of blood pressure is therefore of great scientific relevance. The aim of this systematic literature review is to analyze the effects of different protein sources on blood pressure.

Methods: The PubMed and ScienceDirect databases were systematically searched for randomized controlled trials investigating the effect of protein intake of plant or animal origin on the health parameter blood pressure in healthy subjects. A total of 183 potential studies were found in both databases.

Results: The results of the four identified studies were analyzed. In one study, a significant reduction in systolic blood pressure was found after a diet with a high proportion of lean beef ($p < 0.01$). Another study established a correlation between age and the intake of whey protein drinks. In the older men, significant blood pressure reductions (systolic and diastolic) were observed ($p = 0.001$), while the younger men showed no significant changes. Another study investigated the effect of eating soy nuts on blood pressure. Although blood pressure decreased after eating soy nuts, this was not significant (systolic $p = 0.071$; diastolic $p = 0.070$). The last study showed that there was no significant effect on blood pressure after three hours following the consumption of two different vegetable protein meals.

Discussion: Reductions in blood pressure were observed in three of the four studies. The extent to which factors such as the amount of protein intake, previous illnesses, age, gender and the type of blood pressure measurements can influence the reductions remains to be clarified in further studies. The evaluation of a small sample and other factors can be recognized as limitations of this study.

1 Einleitung

Der Blutdruck kann in jedem lebenden menschlichen Organismus gemessen werden. Er ist ein Maß für den Druck, mit dem das Blut durch den Körper gepumpt wird. Werte im Normalbereich weisen auf gesunde Arterien hin. Der Blutdruck ist ein Gesundheitsparameter und kann als Indikator zur Beurteilung des Gesundheitszustandes eines Individuums oder einer Bevölkerung herangezogen werden. Er kann von verschiedenen Faktoren beeinflusst werden.

Erhöhter Blutdruck (Hypertonie) ist in den meisten Fällen multifaktoriell bedingt. Bluthochdruck gilt als Auslöser für viele weitere Erkrankungen und Todesfälle. Ernährungsbedingte Auslöser sind eine fett- und zuckerreiche Ernährung, erhöhter Salzkonsum, Fleisch oder Fisch in gepökelter oder geräucherter Form, Wurst, Käse sowie häufiger Alkoholkonsum (Lopez & Hartl, 2021). Risikofaktoren sind Alter, Genetik, Rauchen, Bewegungsmangel, Übergewicht und Stress. Ein Artikel aus dem Jahr 2022 aus China, von Zhou et al. aus der Hypertonie Zeitschrift berichtete über den Zusammenhang verschiedener Proteinquellen auf die Entstehung von Bluthochdruck. Zhou et al. fanden heraus, dass Personen mit einem höheren Varietätsscore von Proteinquellen ein geringeres Risiko aufwiesen, an Hypertonie zu erkranken, als jene, die sich hauptsächlich von einer Proteinquelle ernährten (Zhou et al., 2022). Doch gibt es Unterschiede zwischen pflanzlichen und tierischen Proteinquellen bei gesunden Menschen? Inwieweit sich die Proteinaufnahme bei gesunden Personen auf verschiedene Gesundheitsparameter auswirken kann und ob bzw. in welcher Form der Verzehr von pflanzlichen oder tierischen Proteinen den Gesundheitsparameter Blutdruck beeinflusst, bleibt ein spannendes Forschungsthema.

Seit vielen Jahren werden die Auswirkungen von Ernährungsformen wie der DASH-Diät, der mediterranen Diät (MD) oder der nordischen Diät auf den Bluthochdruck und die metabolische Gesundheit untersucht (Filippou et al., 2020; Gibbs et al., 2021). Eine Metaanalyse aus dem Jahr 2020 berichtete einen konsistenten Effekt der MD auf die metabolische Gesundheit (Papadaki et al., 2020). Eine weitere Metaanalyse aus dem Jahr 2019 untersuchte den Verzehr von rotem Fleisch in Bezug auf kardiovaskuläre Risikofaktoren. Dabei wurde festgestellt, dass der Ersatz von rotem Fleisch durch pflanzliche Proteinquellen zu günstigen Veränderungen der Blutfette und Lipoproteine führt (Guasch-Ferré et al., 2019). Im Jahr 2023 wurde eine Metaanalyse der italienischen Diabetesgesellschaft veröffentlicht, die sich mit den Auswirkungen von Molkenprotein auf den Blutdruck befasste. Dabei wurde festgestellt, dass Molkenprotein den systolischen Blutdruck bei übergewichtigen Personen und/oder Personen mit Bluthochdruck signifikant senkt (Vajdi et al., 2023). Die meisten dieser Studien und Untersuchungen beziehen sich auf Personen, die bereits an Bluthochdruck, Übergewicht oder Adipositas, Diabetes mellitus Typ 2 oder anderen Erkrankungen leiden. Eine Metaanalyse aus 2011 von Rebholz et al. untersuchte den Zusammenhang zwischen der Nahrungsproteinaufnahme und dem Blutdruck von randomisierten kontrollierten Studien. Dabei wurde sowohl bei tierischen als auch bei pflanzlichen Proteinen eine Senkung des Blutdrucks festgestellt. Die insgesamt 40 berücksichtigten Studien untersuchten

die Supplementation, das Zufüttern sowie eine Diät als Intervention. Einige der Probanden waren übergewichtig und/oder litten an Bluthochdruck. Andere zeigten keine besonderen Merkmale auf. Die Metaanalyse kam zu dem Ergebnis, dass eine erhöhte Proteinaufnahme zu einer Senkung des Blutdrucks führt (Rebholz et al., 2012).

Mit zunehmendem Alter stieg das Risiko für Bluthochdruck. Auch der Proteinbedarf steigt mit zunehmendem Alter. Körperliche Prozesse verändern sich und der Körper benötigt zur Aufrechterhaltung dieser Prozesse eine erhöhte Proteinzufuhr. Grundsätzlich liegt der durchschnittliche Verzehr von Nahrungsproteinen in Deutschland deutlich über der empfohlenen täglichen Mindestmenge. Ein Artikel in der Ernährungsumschau spricht von einem sogenannten Proteinparadox: „Viel oder wenig Nahrungsprotein – was ist besser für die Gesundheit?“ (Klaus et al., 2018). Während Studien eine erhöhte Proteinzufuhr bei Gewichtsreduktion und für ältere Menschen empfehlen, geht der Trend eindeutig in Richtung vegetarischer und veganer Ernährung, die weniger proteinreich ist. Die spezifischen Mechanismen, die Proteine und Aminosäuren im Stoffwechsel beeinflussen, sind bei weitem noch nicht vollständig erforscht. Dies wird auch in den nächsten Jahren ein wichtiger Bestandteil der Forschung sein, da ökonomische, ökologische und ethische Fragen in diesem Zusammenhang von großer Relevanz sind.

Ziel der systematischen Literaturrecherche ist, einen Überblick über den aktuellen Forschungsstand zu geben und auf dieser Basis die Auswirkungen zwischen der Proteinaufnahme und dem Blutdruck bei gesunden Erwachsenen aufzuzeigen. Dabei werden die Zusammenhänge auf den Blutdruck differenziert nach pflanzlichen und tierischen Proteinen betrachtet.

2 Theoretischer Hintergrund

Die folgenden Kapitel 2.1 bis 2.5 enthalten grundlegende Informationen zu Proteinen und ihren Aminosäuren sowie Merkmale von pflanzlichen sowie tierischen Proteinen in Bezug auf ihre Zusammensetzung, Qualität und biologische Wertigkeit. Anschließend werden die Verdauung der Proteine und ihr Stoffwechsel kurz erläutert und die Referenzwerte für die Proteinzufuhr werden vorgestellt. Im Folgenden wird eine Einführung in den Gesundheitsparameter Blutdruck sowie seine Messungen und Auswirkungen auf den Körper gegeben. Auch der Bluthochdruck wird ebenfalls kurz vorgestellt. Das Kapitel wird mit einem Überblick über den aktuellen Forschungsstand abgeschlossen.

2.1 Proteineigenschaften

Proteine, auch umgangssprachlich Eiweiße genannt, gehören zusammen mit den Fetten und Kohlenhydraten zu den Makronährstoffen. Ein Gramm Protein liefert 4 kcal. Proteine sind die wichtigsten chemischen Funktionsträger (Biesalski et al., 2018, S. 145) und versorgen unseren Körper mit Aminosäuren und Stickstoff (DGE, 2017). Proteine bestehen aus langen Ketten von Aminosäuren (AS), die über Peptidbindungen verbunden sind und dabei verschiedene räumliche Strukturen einnehmen. Sie sind für verschiedene Prozesse im Körper zuständig. Zu ihren Aufgaben gehörten die Bildung von Zellen, Gewebe, Enzymen, Hormonen und Antikörpern (DGE, 2017) sowie die Synthese von körpereigenen Strukturen wie Knochen, Bänder, Sehnen und Muskeln und den Erhalt letzterer (König et al., 2020). Während Fette und Kohlenhydrate hauptsächlich für den Energiestoffwechsel genutzt werden, enthalten Proteine neben Kohlenstoff-, Wasserstoff- und Sauerstoffatomen auch Stickstoffatome (Wätjen, 2021, S. 56) sowie Schwefelverbindungen (Biesalski et al., 2018, S. 145). Die aus Kohlenhydraten und Fetten im Körper gewonnene Energie entspricht nahezu dem, durch Oxidation erzielbaren Wert. Die Stickstoffverbindungen im Körper hingegen werden nicht oxidiert, sondern reduziert und in Harnstoff über den Harnstoffzyklus in der Leber umgewandelt. Stickstoff ist außerdem Bestandteil von Nukleinsäuren wie RNA und DNA und somit für alle Lebewesen essentiell (Wätjen, 2021, S. 56).

2.1.1 Aminosäuren und ihre Struktur

Die insgesamt 20 proteinogenen AS werden in unentbehrlich, entbehrlich und bedingt entbehrlich eingeteilt. Es gibt acht bzw. neun unentbehrliche - ehemals essenzielle - Aminosäuren, die der Körper nicht in ausreichender Menge selbst synthetisieren kann und daher über die Nahrung aufgenommen werden müssen (Biesalski et al., 2018, S. 145). Insbesondere für Säuglinge ist Histidin unentbehrlich, da es sonst zu Mangelerscheinungen kommen kann (DGE, 2017). Die neun unentbehrlichen AS sind L-Valin (Val), L-Leucin (Leu), L-Isoleucin (Ile), L-Threonin (Thr), L-Methionin (Met), L-Phenylalanin (Phe), L-Tryptophan (Trp), L-Lysin (Lys) und L-Histidin (His). Die restlichen elf AS sind den bedingt entbehrlichen und entbehrlichen Aminosäuren zugeordnet. Die „bedingt entbehrlichen Aminosäuren können aus dem Metabolismus anderer Aminosäuren oder komplexer stickstoffhaltiger Metaboliten

gebildet werden.“ (Biesalski et al., 2018, S. 146). Sie heißen L-Arginin (Arg), L-Serin (Ser), L-Tyrosin (Tyr) und L-Cystein (Cys). Entbehrliche Aminosäuren können hingegen im Stoffwechsel des Menschen synthetisiert werden. Zu ihnen gehören Glycin (Gly), L-Alanin (Ala), L-Prolin (Pro), L-Asparaginsäure (Asp), L-Glutaminsäure (Glu), L-Asparagin (Asn) und L-Glutamin (Gln). Sie werden durch charakteristische Seitenketten voneinander unterschieden. Aminosäuren sind α -Aminocarbonsäuren und enthalten neben der, an ein Kohlenstoffatom gebundene, Seitenkette noch eine Aminogruppe, ein Wasserstoffatom und eine Carboxylgruppe (Biesalski et al., 2018, S. 147). Abbildung 1 zeigt die Strukturen der Aminosäuren.

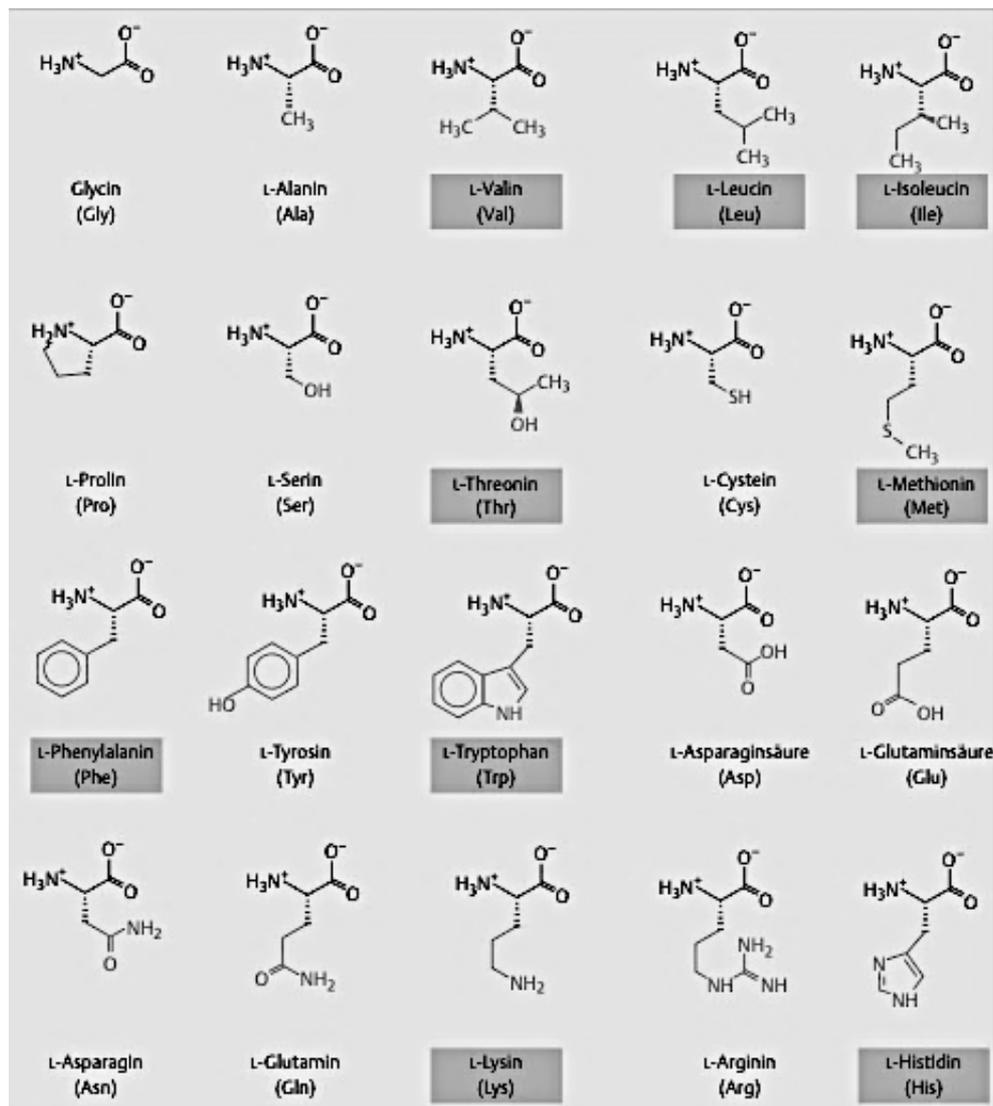


Abbildung 1: Proteinogene Aminosäuren, Struktur der in den Proteinen vorkommenden Aminosäuren, unterlegte Aminosäuren stellen unentbehrliche Aminosäuren dar

(modifiziert nach Biesalski et al., 2018, S. 147)

Der Proteingehalt macht 15-17% der Körpermasse eines Erwachsenen aus (Biesalski et al., 2018, S. 145). Durch die Aufnahme von Nahrungsproteinen wird der Körper hauptsächlich mit unentbehrlichen Aminosäuren und Stickstoff für die Synthese eigener Proteine versorgt. Die körpereigenen

Proteine können beispielsweise Strukturproteine (wie Actin oder Kreatin), Transportproteine (wie Transferrin oder Hämoglobin), Immunglobuline, Rezeptorproteine sowie Enzyme oder Peptidhormone sein (DGE, 2017).

Proteinreiche Lebensmittel tierischer Herkunft sind Fleisch, Fisch, Milchprodukte und Eier. Pflanzliche Proteine sind vor allem in Hülsenfrüchten wie Soja, Linsen und Erbsen aber auch in Getreideprodukten wie Haferflocken, Weizenmehl- oder -keimen sowie in Reis, Erdnüssen und Walnüssen enthalten. Die AS-Zusammensetzung von pflanzlichen und tierischen Proteinen unterscheidet sich und beeinflusst ihre biologische Wertigkeit (BW). Tierische Proteine enthalten in der Regel alle unentbehrlichen AS. Somit ähneln pflanzliche Proteine dem menschlichen Bedarf an AS für die Proteinsynthese weniger als tierische Proteine. Die biologische Wertigkeit und Qualität eines Proteins steigt, je mehr die Zusammensetzung der Aminosäuren dem Proteinbedarf des Menschen ähnelt (Biesalski et al., 2018, S. 156). Durch eine gezielte Kombination von Proteinquellen kann die geringere biologische Wertigkeit pflanzlicher Proteine ausgeglichen werden (DGE, 2017).

2.1.2 Biologische Wertigkeit, PDCAAS-Score und der AS-Score von Proteinen

Es gibt verschiedene Konzepte zur Bewertung von Nahrungsproteinen. Dabei sind Faktoren wie die Zusammensetzung der Aminosäuren und die Verdaulichkeit wichtige Merkmale. Eines dieser Konzepte ist die Bewertung der BW, welche 1909 von Karl Thomas, einem deutschen Ernährungswissenschaftler, entwickelt wurde. Nach dem Verzehr des Proteins wird bei Probanden die Menge der im Körper aufgenommenen und verwerteten Stickstoffverbindungen durch die Menge der im Darm absorbierten Stickstoffverbindungen geteilt, um die BW zu bestimmen (Wätjen, 2021, S. 64). Die BW gibt an, wie effizient der Körper das Nahrungseiweiß umsetzen kann (Biesalski et al., 2018, S. 157). Sie wird durch die limitierenden Aminosäuren des Proteins begrenzt (Kasper, 2021). Dem Hühnereiprotein wird aufgrund seiner Zusammensetzung die höchste Qualität zugeordnet. Es besitzt eine BW von 100 bzw. 1,0. Durch geschickte Kombination verschiedener Proteinquellen können auch Werte über 100 erreicht werden, indem die limitierenden Aminosäuren ausgeglichen werden (Biesalski et al., 2018, S. 156 - S. 157). Tierische Proteine haben im Durchschnitt Werte zwischen 80-100, während pflanzliche Proteine bei 70-80 liegen.

Die PDCAAS-Methode steht für *Protein Digestibility-Corrected Amino Acid Score* und wurde 1993 von der WHO als genauere Erfassungsmethode der Proteinqualität statt des BW-Konzeptes eingeführt. Der maximale PDCAAS-Wert beträgt 1,0 und ergibt sich aus der Verdaulichkeit, dem AS-Gehalt sowie der Fähigkeit, die für den menschlichen Körper benötigten, unentbehrlichen AS zu liefern. Tierische Proteine und Soja können aufgrund ihrer hohen Verdaulichkeit sowie der günstigen AS-Zusammensetzung Werte von > 0,9 aufweisen, während pflanzliche Eiweiße Werte zwischen 0,4 und 0,6 besitzen.

Milch-, Hühner- und Sojaproteine besitzen einen höheren PDCAAS-Wert als Fleisch- und Fischproteine und gelten somit als ideale Proteinquellen (Biesalski et al., 2018, S. 157).

Durch den AS-Score den sogenannten AAS (Amino Acid Score) kann die Wertigkeit der Proteine aus chemischer Sicht beurteilt werden. Mithilfe dieser Methode lässt sich die limitierende Aminosäure in einem Protein aufgrund des geringsten AAS feststellen. In Folge der limitierenden AAS wird die körpereigene Proteinsynthese begrenzt (Biesalski et al., 2018, S. 157).

Folgende Abbildung 2 zeigt die Einordnung der BW und PDCAAS-Werte einzelner Proteine tierischer und pflanzlicher Herkunft.

Nahrungsmittel	BW	PDCAAS*
Vollei	100	1,0
Wheyprotein (konzentriertes Molkeprotein)	100	1,0
Kuhmilch	85	1,0
Sojamehl	84	1,0
Rindfleisch	87	0,9
Kartoffel	96	0,6
Reis	82	0,6
Mais	72	0,5
Weizen	59	0,4
Bohnen	73	0,4

Abbildung 2: BW und PDCAAS-Werte verschiedener Nahrungsmittelproteine

(modifiziert nach Biesalski et al., 2018, S. 157)

2.1.3 Verdauung von Proteinen

Im Gegensatz zu Kohlenhydraten beginnt die Spaltung von Nahrungsproteinen erst im Magen und nicht bereits im Mundraum. Die Nahrungsproteine werden durch die im Magen enthaltene Magensalzsäure denaturiert. Diese wird in den Schleimhäuten des Magens gebildet und enthält neben der Salzsäure auch Pepsin, Lipasen für die Fettverdauung sowie den intrinsischen Faktor für die Vitamin B12-Aufnahme. Durch die Denaturierung erhalten die Proteine eine Form, die sie für Enzyme angreifbar macht, nämlich die Primärstruktur. Das in den Zellen der Magenschleimhaut enthaltene Pepsinogen, die inaktive Vorstufe von Pepsin, wird bei einem sauren pH-Wert von unter drei in das proteolytisch (Abbau von Proteinen) wirksame Pepsin gespalten. Dieses spaltet anschließend die innenliegenden Peptidbindungen der Proteine auf, wodurch Polypeptide entstehen. Diese werden im Dünndarm weiter verdaut. Im Zwölffingerdarm wird das Pepsin aus dem Magen durch den hohen pH-Wert inaktiviert. Die Endopeptidasen Trypsin und Chymotrypsin sowie die Exopeptidase Carboxypeptidase im Pankreassaft spalten die Polypeptide in Oligopeptide mit maximal acht Aminosäuren. Im Dünndarm findet dann der letzte Schritt der Proteinverdauung statt. Die Mukosazellen sondern Oligo-, Amino- und Dipeptidasen aus, welche die Oligopeptide weiter in Amino-, Tri- und Dipeptide aufspalten. Proteolyseprodukte werden im Darm bevorzugt in Di- und Tripeptide absorbiert, während der Rest in Form von Aminosäuren aufgenommen wird. Anschließend werden die Di- und Tripeptide in die Enterozyten aufgenommen und durch

Aminopeptidasen zu L-Aminosäuren hydrolysiert. Schließlich gelangen die Aminosäuren als Endprodukt über die Pfortader ins Pfortaderblut und von dort aus zur Leber (Biesalski et al., 2018, S. 158 - 161).

In der Leber werden pro Tag 120g Proteine synthetisiert, wovon ca. 90g abgegeben werden (Koop & Koop, 2013, S. 379). Die Leber ist der wichtigste Ort des Aminosäurenabbaus. Bestimmte Carrier-Proteine in der Leberzellmembran sorgen für die Aufnahme der Aminosäuren. Wenn die α -Aminogruppe durch Desaminierung oder Transaminierung beim Aminosäurenabbau entfernt wird, kommt es zu einer Freisetzung von Ammoniak (NH_3). Da dies für den Körper allerdings toxisch ist, wird es gebunden und durch die Enzyme aus der Leber im Harnstoffzyklus zu Harnstoff umgewandelt. Dieser kann mit dem Urin ausgeschieden werden. Im Urin bildet Harnstoff das wichtigste Ausscheidungsprodukt des Stickstoffstoffwechsels (Püschel, 2023).

Welche Auswirkungen eine erhöhte Proteinzufuhr auf die Nieren bei Nierenerkrankungen hat, wird seit Jahrzehnten erforscht. Allerdings ist noch nicht geklärt, ob eine langfristig höhere Proteinaufnahme bei gesunden Erwachsenen die Nierenfunktion beeinflusst. Klare Aussagen lassen sich aufgrund fehlender Langzeitstudien nicht treffen. Diese werden aber benötigt, um eine übermäßige Proteinzufuhr beurteilen zu können (DGE, o. J.). In einem Umbrella Review aus 2023 wurde untersucht, inwieweit sich die Veränderungen der Proteinaufnahme metabolisch auf die Nierenfunktion auswirken. Die dabei identifizierten Ergebnisse waren Nierensteine, chronische Nierenerkrankungen und Nierenfunktionsbezogene Parameter wie Albuminurie, pH-Wert im Urin und Kalziumausscheidung sowie weitere. Es wurden keine Auswirkungen mit überzeugender Gewissheit gefunden, die schädliche Auswirkungen auf die Entstehung von Nierenerkrankungen durch eine Ernährung mit erhöhter Proteinzufuhr implizieren (Remer et al., 2023).

2.2 Aktuelle Proteinreferenzwerte

Der aktuelle D-A-CH-Referenzwert für die Proteinzufuhr von gesunden Erwachsenen zwischen 19 und 65 Jahren liegt bei 0,8 g/kg Körpergewicht (KG)/Tag. Menschen über 65 Jahre benötigen schätzungsweise 1,0 g/kg KG/Tag, was bei der Überarbeitung der D-A-CH-Referenzwerte 2017 festgelegt wurde. Gründe für die erhöhten Werte sind die mit zunehmendem Alter abbauenden Fähigkeiten allgemeiner Aufbau- und Abbauprozesse. Neben den gesunden Erwachsenen über 65 Jahren haben auch Säuglinge bis zu 12 Monaten, Schwangere und Stillende einen erhöhten Bedarf von Proteinen. Für Kinder und Jugendliche bis zur Vollendung des 20. Lebensjahrs gibt es eine Empfehlung von 0,9 g/kg KG/Tag (Referenzwerte für die Nährstoffzufuhr, 2021). Auch Sportler haben einen erhöhten Proteinbedarf. Dort liegt die aktuelle Empfehlung, je nach Trainingsziel und Trainingszustand, laut der International Society of Sports Nutrition bei ca. 1,4 – 2,0 g/kg KG/Tag (Jäger et al., 2017).

2.3 Proteinquellen

In den folgenden Kapiteln 2.3.1 und 2.3.2 werden pflanzliche und tierische Proteinquellen vorgestellt. Es wird auf ihre Zusammensetzung, den Umweltaspekt und aktuelle Studien Bezug genommen und Nahrungsquellen werden präsentiert.

2.3.1 Pflanzliche Proteinquellen

Aufgrund des Anstiegs der Prävalenzen ernährungsbedingter chronischer Erkrankungen infolge einer zunehmend ungesünderen Ernährungs- und Lebensweise in westlichen Industrienationen, wächst das Forschungsinteresse einer pflanzenbasierten Ernährung (PBE) (Haß & Norman, 2023). In einer Metaanalyse aus dem Jahr 2021 konnte herausgefunden werden, dass eine gesunde pflanzenbasierte Ernährung das Risiko für kardiovaskuläre Mortalität und kardiovaskuläre Herz-Erkrankungen signifikant senkt. Die Auswertung von 13 Studien mit insgesamt 410.085 Teilnehmern ergab diese Ergebnisse (Quek et al., 2021). Allerdings gibt es bei älteren Erwachsenen Unklarheiten bezüglich der PBE, da im Alter ein erhöhter Proteinbedarf besteht und es an langfristigen Studien dazu mangelt. Aufgrund der geringeren Proteindichte und -qualität bei einer PBE, kann es zu einer inadäquaten Proteinzufuhr kommen (Haß & Norman, 2023).

Eine der globalen Herausforderungen der heutigen Zeit ist die Versorgung der Menschheit mit Nahrungsmitteln. Die stetig wachsende Weltbevölkerung und der damit verbundene steigende Bedarf sowie der Verzehr von tierischen Proteinen stellen ein großes Problem dar. Für die Produktion von tierischen Eiweißquellen wie Milch, Eiern und Fleisch wird eine fünfmal so große Fläche benötigt wie für die Gewinnung von pflanzlichen Proteinquellen. Hauptnahrungsmittel für Tiere in der Tierproduktion bestehen in der Regel aus pflanzlichen Proteinquellen wie Soja, Lupinen, Mais und anderen Pflanzen, die auf Futtermittelflächen angebaut werden. Es ist wichtig, ein Umdenken in Richtung pflanzlicher Proteinquellen im Sinne des Klimawandels zu fördern. Ein wichtiger Aspekt ist, dass die pflanzlichen Alternativen den tierischen Proteinquellen in ihrem Geschmack, ihrer Textur, ihrem Genusswert und der Haptik ähneln müssen, um eine adäquate Option darzustellen. Dafür müssen die Proteine ähnliche technologische Eigenschaften wie tierische Proteine aufweisen oder vergleichbare Eigenschaften besitzen. Auch im Aminosäurenprofil unterscheiden sich pflanzliche von tierischen Proteinquellen (Neugebauer, 2019).

Neben Sojabohnen gehören auch Hülsenfrüchte wie Lupinen, Linsen, Erbsen, Kidneybohnen und Kichererbsen sowie Seitan, Tempeh und Tofu aus Sojabohnen, Amaranth, Quinoa, Haferflocken, Dinkel- und Weizenmehl, Kürbiskerne, Mandeln und Walnüsse zu den pflanzlichen Proteinquellen. Im Gegensatz zu tierischen Lebensmitteln enthalten pflanzliche Lebensmittel sogenannte bioaktive primäre und sekundäre Pflanzenstoffe. Sekundären Pflanzenstoffen (SPS) werden besonders vorteilhafte Gesundheitseigenschaften zugeschrieben. Sie sind sowohl in Gemüse, Obst, Kartoffeln als auch

Hülsenfrüchten, Nüssen sowie Vollkornprodukten enthalten (Sekundäre Pflanzenstoffe und Gesundheit, o. J.). SPS sind unter anderem für die leuchtende rote Farbe der Paprika, den Duft von Basilikum oder das Aroma von Erdbeeren verantwortlich (Müller, 2022). SPS werden in drei übergeordnete Gruppen eingeteilt: Phenolische Verbindungen oder Polyphenole, Terpene und niedermolekulare stickstoffhaltige Verbindungen. Flavonoide, Phenolsäuren und Phytoöstrogene gehören den phenolischen Verbindungen an. Carotinoide, Monoterpene, Phytosterine sowie Saponine sind den Terpenen zugeordnet und enthalten eine oder mehrere Isopren-Einheiten. Glucosinolate und Sulfide sind den niedermolekularen stickstoffhaltigen Verbindungen angehörig. Sie können Herz-Kreislauf-Erkrankungen sowie dem metabolischen Syndrom und Krebs vorbeugen, den Cholesterinspiegel senken, die Funktion der Blutgefäße verbessern, den Blutdruck regulieren, antioxidative sowie immunsystemverstärkende Effekte haben und weitere Stoffwechselprozesse unterstützen. Flavonoide sind in Äpfeln, Birnen, Trauben, Beeren, Soja, schwarzem und grünem Tee enthalten, während Phenolsäuren in Kaffee, Tee, Vollkornprodukten und Nüssen vorkommen. Phytoöstrogene treten in Getreiden und Hülsenfrüchten sowie Soja auf, während sich Carotinoide vor allem in Karotten, Tomaten, Paprika, grünem Gemüse, Melonen und Kürbissen befinden. Bei Monoterpenen handelt es sich um Duft- und Aromastoffe in Zitronen, Minze, Thymian, Kümmel, Rosmarin und anderen Pflanzen. Die Phytosterine sind hauptsächlich in Nüssen, Pflanzensamen und Hülsenfrüchten zu verzeichnen, während Saponine neben den Hülsenfrüchten und Soja auch in Spargel, Hafer und Lakritz vorkommen. Die Glucosinolate und Sulfide befinden sich primär in Kohlarten, Rettich, Radieschen, Kresse und Zwiebeln sowie in verschiedenen Lauchsorten (Matuszewski, 2020).

Soja hat mit einem PDCAAS von 0,9 - 1 einen hohen Wert und entspricht damit dem PDCAAS eines tierischen Proteins. Außerdem enthält es alle unentbehrlichen Aminosäuren und zählt somit als vollständiges Protein. Sojabohnen enthalten Isoflavone, die zur Familie der Polyphenole zählen. Die enthaltenen Isoflavone ähneln der chemischen Struktur von Östradiol und zählen zu den sogenannten Phytoöstrogenen. Es gibt Studien, welche Diäten mit hohen Konzentrationen von Sojaisoflavonen und deren Auswirkungen auf die Wechseljahre sowie das Brustkrebsrisiko untersuchen. Aufgrund ihrer ähnlichen Struktur können Isoflavone die Wirkung endogener Steroidhormone bei Interaktion mit Rezeptoren nachahmen, sie aber auch blockieren (Isoflavone - BfR, o. J.). Dadzein ist in Soja und anderen Hülsenfrüchten reichlich enthalten und gehört zu den Polyphenolen. Das Dadzein wird nicht von Zellen absorbiert oder metabolisiert, sondern im Darmmikrobiom umgewandelt. Dabei entsteht das Gärprodukt *Equol*. Equol gilt als aktivster Metabolit aller Sojabohnen-Isoflavone. Das bioaktive Molekül zeigt große Mengen an antioxidativen und östrogenen Wirkungen im menschlichen Körper. Die Enzyme, die für die Umwandlung in Equol benötigt werden, beschränken sich auf eine kleine Familie von Enzymen namens Eggerthellaceae. Diese equol-produzierenden Bakterien sind Teil der Zusammensetzung der menschlichen Darmflora und nicht jeder Mensch ist in der Lage, Equol nach Aufnahme von Soja zu produzieren (Ortiz & Manta, 2024).

Die BW von pflanzlichen Proteinen ist oftmals niedriger als jene tierischer Proteinquellen. Gezielte Kombinationen von unterschiedlichen pflanzlichen Proteinquellen können die BW steigern lassen. So sind Weizen und Linsen oder Bohnen, Tofu und Mais sowie Linsen und Reis klassische Kombinationen, bei denen sich die limitierenden Aminosäuren gegenseitig aufheben und somit die BW steigt.

2.3.2 Tierische Proteinquellen

Tierische Proteine kommen in Fleisch, Fisch, Eiern und Milchprodukten vor. Sie enthalten meistens mehr unentbehrliche Aminosäuren als pflanzliche Proteine. Sie ähneln der AS-Zusammensetzung des menschlichen Proteinbedarfs und sind somit leichter zu verwerten. Demnach spricht man von einer höheren Biologischen Wertigkeit bei tierischen Proteinen (DGE, 2017). Tierische Proteinquellen bestehen hauptsächlich aus Proteinen und enthalten, je nach Lebensmittel, kleine bis keine Mengen an Kohlenhydraten sowie einen unterschiedlichen Anteil an Fetten. Die in tierischen Produkten enthaltenen Fettsäuren sind größtenteils gesättigt, es gibt jedoch auch einfach und mehrfach ungesättigte Fettsäuren. Letztere werden mit einem erhöhten Risiko für Herz-Kreislauf-Erkrankungen in Verbindung gebracht. Aktuelle Studien zweifeln den negativen Ruf der gesättigten Fettsäuren an und plädieren für eine Anpassung der Ernährungsempfehlungen. Es gäbe keine eindeutige Evidenz für den schädigenden Effekt gesättigter Fette (T. Hollstein, 2021; Kroll, 2023). Das Verhältnis von mehrfach ungesättigten Fettsäuren untereinander spielt bei der Gesundheit der Menschen eine wichtige Rolle, insbesondere das Verhältnis von ungesättigten Omega-6-Fettsäuren zu Omega-3-Fettsäuren. Das Verhältnis von Omega-6 zu Omega-3 sollte bei 2,5:1 bis maximal 5:1 liegen. Omega-3-Fettsäuren sind in Quellen wie Wildfischen oder Walnüssen, Raps und Hanf zu finden. Omega-6-Fettsäuren kommen in Sonnenblumenöl und Maiskeimöl sowie tierischen Produkten aus der Massentierhaltung vor, wie zum Beispiel Brathähnchen, Salami, Fleischwurst, Kuhmilch, Emmentaler, Butter und weiteren Produkten. Omega-6 und Omega-3 fungieren als Gegenspieler und wirken unterschiedlich auf die Gefäße, Blutgerinnung und Entzündungen. Der Mensch benötigt sowohl Omega-6-Fettsäuren als auch die Omega-3-Fettsäuren, wobei es auf das richtige Verhältnis ankommt (Unbekannt, 2019).

Der Verzehr von Fleisch stand gesellschaftlich lange für Wohlstand und tut dies in einigen Ländern der Welt immer noch. Doch inwieweit sich der Verzehr von Fleisch mit einem nachhaltigen Lebenswandel vereinbaren lässt, ist ein aktuelles Thema. So wurde beim 60. DGE Kongress 2023 in Bonn über den Konsum tierischer Lebensmittel diskutiert. Während die Klimaziele durch eine Reduzierung des Fleischkonsums besser erreicht werden können, wäre in afrikanischen Ländern ein erhöhter Konsum tierischer Produkte für eine bessere Entwicklung und ein verbessertes Wachstum der Kinder sinnvoll. Aktuell sind tierische Produkte für 15 bis 20 Prozent aller weltweiten Treibhausgasemissionen verantwortlich. Ansätze, dies zu verringern, bietet die Planetary Health Diet (Freitag-Ziegler, 2023).

Die BW kann aus einer Kombination von tierischen und pflanzlichen Quellen einen optimalen Wert erreichen. Beispiele dafür sind 64% Kartoffeln mit 36% Vollei, 49% Kartoffeln und 51% Milchprodukte, 60% Vollei und 40% Soja sowie weitere Kombinationen. All diese Beispiele können Werte von über 100 erreichen (Elmadfa & Leitzmann, 2023, S. 233).

2.4 Gesundheitsparameter Blutdruck

Unter Blutdruck versteht man den Druck, mit dem das Blut durch unsere Arterien fließt (Schneider et al., 2020). Arterien sind elastische Gefäße, durch die das Blut von unserem Herzen mit jedem Herzschlag gepumpt wird. Dabei entsteht im Inneren der Gefäße ein Druck: der Blutdruck. Die Höhe des Blutdrucks gibt an, wie gesund wir sind. Er kann demnach als Indikator für die Gesundheit einer Menschengruppe gesehen werden. Durch das Erfassen von verschiedenen Gesundheitsparametern kann der allgemeine Gesundheitsstatus ermittelt werden. Neben dem Blutdruck sind auch physiologische und funktionale Messgrößen wie die Herzfrequenz, Blutwerte wie Cholesterin-, Triglyzerid- und Blutzuckerwerte, Körperfett, Muskelmasse, Körpertemperatur, Sauerstoffsättigung, Schlafdauer, Atemfrequenz sowie BMI, körperliche Aktivität, Ernährungsverhalten und psychisches Wohlbefinden, Indikatoren, mit denen die Gesundheit einer Bevölkerung ermittelt werden kann (G. Hollstein, 2019; Walter et al., 2020).

Der Blutdruck wird anhand von zwei Werten gemessen, dem systolischen Blutdruckwert und dem diastolischen Blutdruckwert. Der systolische Wert (systolic blood pressure = SBP) ist der obere bzw. höhere Wert bei einer Messung des Blutdrucks. Er „gibt den Druck in den Arterien an, während der Herzmuskel sich zusammenzieht und das Blut in die Blutgefäße pumpt.“ (Unbekannt, 2023). Der diastolische Wert (diastolic blood pressure = DBP), also der untere oder niedrigere Wert einer Blutdruckmessung „misst den Druck, während der Herzmuskel sich entspannt und sich das Herz mit Blut füllt.“ (Unbekannt, 2023). Der Blutdruck wird in einem ruhigen Zustand gemessen. Bei körperlicher Bewegung steigt der Blutdruck und die Werte sind erhöht. Es gibt drei Möglichkeiten der Blutdruckmessung. Die Messung, die beim Arzt erfolgt, welche meist höher ausfällt als die anderen beiden Messungen, da die Patienten oft aufgeregt sind und der Blutdruck dabei ansteigt. Hierbei spricht man auch vom Office-Blutdruck oder einer Praxisblutdruckmessung. Die Selbstmessung zu Hause mit einem Blutdruckmessgerät (Heimblutdruckmessung) und die 24-Stunden-Messung (ambulantes 24-Stunden-Blutdruckmonitoring (ABDM)) sind weitere Optionen der Blutdruckmessung. Das 24-Stunden-Blutdruckmonitoring bietet die Möglichkeit, Tages- und Nachtmittelwerte sowie den nächtlichen Blutdruckabfall, das sogenannte *dipping*, zu erfassen. In Kanada wird bereits seit Längerem empfohlen, die *unbeobachtete automatische Office-Blutdruckmessung* durchzuführen. Hierbei wird beim Patienten ein Mittelwert von drei Messungen innerhalb von fünf Minuten ermittelt. Wichtig ist dabei, dass sich der Patient allein in einem ruhigen Raum ohne ärztliche Aufsicht befindet, damit es zu möglichst geringen Auswirkungen auf die Höhe des Blutdrucks kommt (Weber, 2018). Je nach Messmethode können minimale Abweichungen

der Zielwerte auftreten, die bei der Einordnung des Blutdrucks berücksichtigt werden müssen. In der Abbildung 3 werden die unterschiedlichen Blutdruckwerte aufgezeigt.

Praxisblutdruckmessung	Heimblutdruckmessung	Ambulante 24h-Blutdruckmessung Gesamtperiode	Ambulante 24h-Blutdruckmessung Tagesperiode
120/80 mmHg	120/80 mmHg	115/75 mmHg	120/80 mmHg
130/80 mmHg	130/80 mmHg ESH/ESC	125/75 mmHg ESC/ESH	130/80 mmHg
140/90 mmHg	135/85 mmHg ESH/ESC/NICE	130/80 mmHg ESH/ESC	135/85 mmHg ESH/ESC/NICE

AHA, American Heart Association; ESC, European Society of Cardiology; ESH, Europäische Hypertonie-Gesellschaft; NICE, National Institute for Health and Clinical Excellence

Abbildung 3: Analogwerte für die Praxis-, Heim- und ambulante 24-h-Blutdruckmessung nach AHA 2017 und entsprechende Analogwerte der ESH/ESC sowie NICE

(modifiziert nach den NVL Nationalen Versorgungsleitlinien Hypertonie, 2023)

Die Einteilung des Blutdrucks erfolgt je nach Quelle in drei, vier oder fünf Kategorien. Ein normaler bzw. optimaler SBP-Wert liegt dabei <120 mmHg und der DBP <80 mmHg. Im Bereich zwischen 120 – 139 mmHg (SBP) oder 80-89 mmHg (DBP) befindet man sich in einer Prähypertonie. Als Bluthochdruck, Stufe 1 werden SBP-Werte zwischen 140-159 mmHg oder DBP-Werte zwischen 90 - 99 mmHg beschrieben. Ab 160 mmHg systolisch sowie ab 100 mmHg diastolisch spricht man von Bluthochdruck, Stufe 2. In einer Bluthochdruckkrise befindet man sich mit Werten höher als 180 mmHg SBP oder einem DBP-Wert über 110 mmHg (Carlberg, 2023, S. 199). Andere Quellen befinden sich im ähnlichen Zahlenbereich mit einer anderen Einordnung der Begriffe. So sieht die oben verbildlichte Quelle aus dem Hypertonie Leitfaden der Nationalen Versorgungsleitlinien diese Werte vor (Bundesärztekammer (BÄK) et al., 2024). In dem Buch *Die molekulare Basis* von Carsten Carlberg aus dem Jahr 2023 sind die oben schriftlich genannten Einordnungen zu finden. Der Leitfaden der Hochdruckliga e.V. wiederum nimmt eine ähnliche, aber dennoch abweichende Einordnung der Kategorien in Optimal, Normal, Hochnormal und Bluthochdruck vor.

Der mittlere arterielle Druck (MAD), im englischen als mean arterial pressure (MAP) bezeichnet, wird aus dem diastolischen und systolischen Blutdruck ermittelt. Er gilt als Parameter für den Blutfluss und die Gewebepfusion. Die Normwerte befinden sich zwischen 70 und 105 mmHg. Bei einem niedrigen MAD von unter 60 mmHg besteht die Gefahr, dass die Organe nicht mehr ausreichend mit Nährstoffen und Sauerstoff versorgt werden und es zu Schädigungen kommen kann (Crocì, 2023).

2.4.1 Zusammenhang von Blutdruck mit Leber und Nieren

Die Leber ist das zentrale Stoffwechselorgan und erfüllt lebenswichtige Aufgaben. Ihre Aufgaben bestehen neben der Eiweißproduktion für den Transport von Nährstoffen zu den anderen Organen und Bildung der Gerinnungsfaktoren für die Regulation der Blutgerinnung darin, Galle für die Verdauung

von Fetten und Vitaminen zu produzieren. Sie baut giftige Substanzen in unschädliche Stoffe um und ist an der Regulation des Blutzuckerspiegels, von Eiweißstoffen und Blutfetten beteiligt. Außerdem baut sie Giftstoffe aus dem Blut ab, ist an der Immunabwehr beteiligt und verarbeitet sowie speichert die Nährstoffe aus dem Darm (Goesser, o. J.). Die Leber und der Blutdruck stehen in keiner direkten Verbindung, denn die Leber ist im Gegensatz zu den Nieren, nicht an der Regulierung des Blutdrucks beteiligt. Allerdings gibt es Zusammenhänge zwischen hohen Blutfettwerten und dem Risiko einer Arteriosklerose, was wiederum den Blutdruck erhöht. Artherosklerose ist eine chronisch-entzündliche Erkrankung, welche durch eine Ansammlung von Plaques und Verkalkungen an den Gefäßwänden der Arterien entsteht (Thanassoulis & Aziz, 2022). Gleichzeitig kann hoher Blutdruck für die Entstehung von Arteriosklerose sorgen. Durch den dauerhaft erhöhten Blutdruck entstehen Verdickungen beziehungsweise eine reduzierte Elastizität und Versteifungen an den Wänden. Es kommt zu einer Gefäßverengung und einem erhöhten Widerstand, den die Blutgefäße dem Herzschlag entgegenbringen. Durch diese Verengung wird der Fluss des Bluts eingeschränkt und als Folge entstehen Schädigungen an den Gefäßen. Die Schädigungen in den Gefäßwänden wiederum begünstigen das Verkalken der Arterien, welches als Folge eine Verstopfung der Adern bedingt. Aufgrund der Verengung der Gefäße werden die Organe schlechter versorgt. Eine Folge kann unter anderem die Entstehung der koronaren Herzkrankheit sein (Jacobs et al., 2022). Die Pfortader bildet als großes Blutgefäß die Verbindung für das Blut vom Darm zur Leber.

Die Nieren sind zwei, gut geschützte Organe unseres Körpers. Sie liegen im Bauchraum und sind für die Entgiftung, also das Reinigen und Filtern des Blutes zuständig. Täglich reinigen sie über ihr eigenes Filtersystem ca. 1.500 Liter Blut, das durch die Nieren fließt. Schadstoffe werden herausgefiltert und über den Urin ausgeschieden. Die Nieren sind ebenfalls die Organe im Körper, die für die Regulation des Blutdrucks zuständig sind. Neben der Blutdruckregulation werden weitere Stoffwechselfvorgänge wie der Salz- und Wasserhaushalt, die Produktion verschiedener Hormone sowie der pH-Wert des Blutes reguliert. Um ihre Aufgaben erfüllen zu können, müssen die Nieren gut mit Blut versorgt werden. Das arterielle Blut aus der Aorta erreicht die Nieren über die Nierenarterie, während das venöse Blut über die Nierenvene abfließt. Das Filtersystem der Nieren besteht aus kleinsten Filtereinheiten, den sogenannten Nephronen (Nierenstiftung, o. J.; Transplantationszentrum Heidelberg, o. J.).

2.4.2 Bluthochdruck

Bluthochdruck ist eine Volkskrankheit und betrifft hierzulande etwa 20 bis 30 Millionen Menschen und demnach fast jeden Dritten in Deutschland. Er gehört zu den wichtigsten Risikofaktoren für Herz-Kreislauf-Erkrankungen und ist eine der Haupttodesursachen bei Erwachsenen. Im Alter zwischen 70 und 79 Jahren sind drei von vier Menschen von Bluthochdruck betroffen. Nicht nur Menschen in Deutschland leiden unter Bluthochdruck, sondern auf der ganzen Welt sind Menschen davon betroffen. Bluthochdruck ist das Ergebnis aus Genetik, Alter, Geschlecht und verschiedenen ungünstigen Ernährungs- und

Lebensbedingungen. Neben Übergewicht, Bewegungsmangel und Stress spielt auch die hohe Zufuhr von Kochsalz und Alkohol eine entscheidende Rolle bei der Entwicklung und Manifestation von Hypertonie. Die GEDA 2014/2015 EHIS Studie konnte feststellen, dass Frauen der oberen Bildungsgruppe signifikant seltener an Bluthochdruck leiden als Frauen in der unteren Gruppe. Bei Männern war dieser Zusammenhang in der Altersspanne von 45 bis 64 Jahre zu verzeichnen (Robert Koch-Institut, 2017). Die Diagnose von Bluthochdruck erfolgt durch die Messung des systolischen und diastolischen Blutdrucks. Die Behandlung von Bluthochdruck umfasst verschiedene Ansätze. Neben einer medikamentösen Therapie mit Beta-Blockern, Diuretika, Antagonisten und ACE-Hemmern sowie anderen Medikamenten wird auch eine Veränderung des Lebensstils empfohlen. Dabei sind zentrale Aspekte die Reduktion des Salzkonsums, ein moderater Alkoholkonsum, Gewichtsreduktion, vermehrte Bewegung, Raucherentwöhnung sowie eine gesunde Ernährung. Dazu gehören die Empfehlungen der mediterranen Diät und der DASH-Diät. Beide Ernährungsformen enthalten viel Gemüse, Vollkornprodukte, fettreduzierte Produkte wie z.B. Milchprodukte, Ballaststoffe, Obst, Hülsenfrüchte und geringe Mengen an magerem Fleisch und Fisch (Tiemann et al., 2021).

Eine Metaanalyse aus dem Jahr 2002 von Lewington et al. konnte nachweisen, dass sich das Risiko für kardiovaskuläre Ereignisse im Alter von 40-96 Jahren verdoppeln würde, wenn es zu einer Erhöhung des Blutdrucks von 20 mmHg systolisch und 10 mmHg diastolisch kommt (Lewington et al., 2002). „Hypertonie erhöht das Risiko von ischämischen Herzerkrankungen, Schlaganfällen, peripheren Gefäßerkrankungen und anderen kardiovaskulären Erkrankungen, einschließlich Herzinsuffizienz, Aortenaneurysmen, diffuser Arteriosklerose und Lungenembolie. Es ist auch ein Risikofaktor für kognitive Beeinträchtigungen und Demenz sowie für chronische Nierenerkrankungen. Andere Komplikationen sind hypertensive Retinopathie und hypertensive Nephropathie“ (Carlberg, 2023, S. 199).

Man unterscheidet Bluthochdruck in zwei Formen. In 85% der Fälle liegt eine primäre Hypertonie vor. Dabei handelt es sich um eine Hypertonie, der keine andere Erkrankung zu Grunde liegt. Die sekundäre Hypertonie liegt dann vor, wenn andere Erkrankungen als Ursache für die Entstehung der Hypertonie verantwortlich sind. So sind beispielsweise Adipositas, Schlafapnoe, Erkrankungen der Nieren, Hormonstörungen und weitere Erkrankungen mögliche Ursachen (Jordan et al., 2018).

2.5 Zusammenhang zwischen Nahrung und Gesundheit

Eine Metaanalyse aus dem Jahr 2021 untersuchte die Assoziation der pflanzlichen Ernährung mit Herz-Kreislauf-Erkrankungen und Mortalität. Die Ergebnisse unterstreichen die günstige Rolle gesunder pflanzlicher Lebensmittel bei der Verringerung der koronaren Herzkrankheit (KHK) und einer kardiovaskulären Sterblichkeit (Quek et al., 2021). Die Studie *Associations of specific dietary protein with longitudinal insulin resistance, prediabetes and type 2 diabetes: The Rotterdam Study* aus 2020 untersuchte die Zusammenhänge zwischen der Proteinaufnahme und verschiedenen Nahrungsquellen mit

longitudinaler Insulinresistenz und dem Risiko von Prädiabetes und Typ 2 Diabetes mellitus (T2DM). Dabei wurde festgestellt, dass eine höhere Aufnahme von tierischem Protein mit einer höheren Längsinulinresistenz und dem Risiko für Prädiabetes und T2DM verbunden ist. Pflanzliches Protein hingegen wurde nicht in den Zusammenhang mit der Insulinresistenz und dem Risiko für Prädiabetes und T2DM in Verbindung gebracht. Demnach kann die hohe tierische Proteinaufnahme für die Entwicklung von T2DM förderlich sein (Chen et al., 2020).

2013 veröffentlichten Robenek und Poeggeler einen Artikel zur Gefäßgesundheit durch L-Arginin (Robenek & Poeggeler, 2013). Aus vorherigen Untersuchungen geht hervor, dass dem Gefäßendothel aufgrund der Freisetzung von Stickstoffmonoxid (NO) eine bedeutende Rolle in der Gefäßgesundheit zukommt. NO wird durch die Aktivität des Enzyms NO-Synthase aus L-Arginin gebildet. NO sorgt dafür, dass sich die Arterien entspannen und weiten, wodurch ein optimaler Blutfluss ermöglicht wird. In einer Metaanalyse von Dong et al. aus 2011 wurde ein hochsignifikanter Zusammenhang von L-Arginin auf den diastolischen und systolischen Blutdruck nachgewiesen mit $p < 0,001$ (Dong et al., 2011). Arginin ist vor allem in Nüssen, Weizenkeimen, Thunfisch, Haferflocken, ungeschältem Reis sowie Vollkornnudeln und Vollkornbrot enthalten.

Pflanzliche Proteine scheinen das Leben zu verlängern. Eine Metaanalyse aus 2020 von Nagshi S et al. untersuchte die Nahrungsaufnahme von Gesamt-, tierischen und pflanzlichen Proteinen und das Risiko für alle Ursachen kardiovaskulärer und kanzerogener Sterblichkeit. Der Mechanismus, der möglicherweise dahintersteckt, ist der fehlende Anstieg des Insulin-like Growth Factor 1. Dieser tritt nach dem Verzehr von tierischen Proteinen auf und wird mit altersbedingten Erkrankungen in Verbindung gebracht (Naghshi et al., 2020).

3 Ableitung der Forschungsfrage

Seit mehreren Jahren werden in Studien bereits die Auswirkungen von Nahrungsmitteln auf den Blutdruck und die Gesundheit untersucht. Auch gibt es bestimmte Ernährungsformen, die für die Behandlung und Senkung von Bluthochdruck eingesetzt werden. In vielen Studien konnten positive Auswirkungen auf die Gesundheit durch den Verzehr pflanzlicher Proteine nachgewiesen werden. Doch wie wirkt sich der Verzehr von pflanzlichen und tierischen Proteinen auf den Gesundheitsparameter Blutdruck aus und welche Schlüsse können hierbei zukünftig gezogen werden? Aufgrund der hohen Prävalenz an Todesfällen in Deutschland durch Herz-Kreislaufkrankungen mit Bluthochdruck als führende Erkrankung, ergeben sich möglicherweise weitere therapeutische Ansätze zur Prävention von Bluthochdruck. Ziel dieser Arbeit ist, eine systematische Literaturrecherche zum Thema „Auswirkungen von pflanzlichen und tierischen Proteinen auf den Gesundheitsparameter Blutdruck“ durchzuführen. Ein Augenmerk soll hierbei auf die möglichen Unterschiede der Herkunft von Proteinen gelegt werden. Die Forschungsfrage, welche sich hieraus ableitet, lautet: *Welche Auswirkungen ergeben sich durch den Verzehr von pflanzlichen und tierischen Proteinen auf den Gesundheitsparameter Blutdruck?*

4 Methodik

Die vorliegende Arbeit basiert auf einer systematisch durchgeführten, qualitativen Analyse bestehender Literatur zur Anfertigung einer systematischen Literaturrecherche. In dem Zeitraum vom 09. Februar bis zum 04. März 2024 wurde diese auf Grundlage der *Manual Systematische(n) Recherche für Evidenzsynthesen und Leitlinien der Version 2.1* vom 14.12.2020 durchgeführt (Cochrane Deutschland Stiftung, 2020). Anhand einer Verbildlichung nach PRISMA wurde die gefundene Literatur zusammengefasst (Page et al., 2021). Unter Berücksichtigung vorab festgelegter Ein- und Ausschlusskriterien wurden randomisierte kontrollierte Kontrollstudien untersucht. Relevante Ergebnisse, welche für die Beantwortung der Forschungsfrage von Bedeutung sind, wurden identifiziert. Zuvor wurde für einen ersten Überblick und für die Planung der systematischen Recherche eine themenbezogene Vorabrecherche durchgeführt (Cochrane Deutschland Stiftung, 2020). Im Zuge dessen konnten bereits relevante Stichworte und erste Erkenntnisse für die weitere Recherche gefiltert werden.

4.1 Beschreibung der Suchstrategie

Die Literaturrecherche wurde auf der wissenschaftlich-medizinischen Onlinedatenbank PubMed sowie auf der Onlinedatenbank ScienceDirect durchgeführt. PubMed ist eine seit 1996 öffentlich zugängliche Datenbank, welche die von der National Library of Medicine herausgegebene Datenbank MEDLINE beinhaltet (PubMed, o. J.). ScienceDirect:Elseviers Plattform ist eine der weltweit führenden Datenbanken im Bereich Wissenschaft, Technik und Gesundheit für peer-reviewed Volltext-Literatur und wurde in den Niederlanden gegründet (Ellinger et al., 2024).

Das PICO(S)-Schema ist eine Vorgehensweise aus der evidenzbasierten Medizin, mit welcher Antworten auf konkrete Fragestellungen erarbeitet werden können (Methodik, o. J.). PICO ist dabei ein Akronym und steht für (*P*)opulation (*(P)*atient), (*I*)ntervention, (*C*)omparison (*((C)*ontrol) sowie (*O*)utcome. Je nach Fragestellungen können die Erweiterungen (*S*)tudy design oder (*T*)ime eingesetzt werden. Zur Beantwortung der Fragestellung: „Welche Auswirkungen ergeben sich durch den Verzehr von pflanzlichen und tierischen Proteinen auf den Gesundheitsparameter Blutdruck?“ wurden die Suchkomponenten definiert. Die Population, in dem Fall der Patient, wird durch das Merkmal „Erwachsen mit normalem Blutdruck“ definiert. Die Intervention stellt den „Verzehr von pflanzlichen oder tierischen Proteinen“ dar. Die Comparison vergleicht entweder ein „anderes Protein (pflanzlich oder tierisch)“ oder die Auswirkungen von „wenig bis gar keine Proteinzufuhr“ beispielsweise durch den Einsatz eines anderen Makronährstoffs, auf den Blutdruck. Das Outcome wird als die Auswirkung des Verzehrs eines anderen pflanzlichen oder tierischen Proteins auf den Gesundheitsparameter Blutdruck bestimmt. Die Study beschränkt sich auf randomisierte kontrollierte Studien. In Anlehnung an das PICO(S)-Schema ergeben sich folgende Oberbegriffe, anhand derer MeSH-Terms (Medical Subject Headings) identifiziert werden konnten. MeSH-Terms sind standardisierte, zugeordnete Schlagwörter, welche in einem Thesaurus (Schlagwortregister) - in einer Baumstruktur angeordnet – hinterlegt sind (Deutscher MeSH,

o. J.). Zusammen mit den Boole'schen Operatoren ergaben sich - nachfolgend in Kapitel 4.3. und 4.4. aufgeführt - die Suchkombinationen in den Datenbanken. Es wurden die Boole'schen Operatoren AND und OR bei der Recherche verwendet. Ebenfalls wurde die Parenthese eingesetzt. Neben den MeSH-Terms wurde auch auf Suchbegriffe, welche nicht den MeSH-Terms zugeordnet sind, zurückgegriffen.

Tabelle 1: Mögliche Suchkombinationen anhand des PICO-Schemas modifiziert nach Blümle et al., 2020

<i>PICO-Schema</i>		<i>MeSH-Terms</i>
<i>P/Population</i>	Gesunde, erwachsene Patienten mit normalem Blutdruck	(„blood pressure“), (adults)
<i>I/Intervention</i>	Erhöhte Einnahme von pflanzlichen Proteinen oder Erhöhte Einnahme von tierischen Proteinen	(“plant proteins” OR “plant proteins, dietary”) OR (“animal proteins, dietary”) OR (“dietary proteins”)
<i>C/Comparison</i>	Anderes Protein oder keine bis wenig Proteinzufuhr	(“animal proteins, dietary”) OR (“plant proteins” OR “plant proteins, dietary”)
<i>O/Outcome</i>	Auswirkungen auf den Blutdruck	(effect)
<i>S/Study</i>	Randomisierte kontrollierte Studie	Randomized Controlled Trial (RCT)

4.2 Ein- und Ausschlusskriterien

Um die verfügbare Literatur einzugrenzen, wurden Ein- und Ausschlusskriterien formuliert. Die genutzten randomisierten kontrollierten Studien sollten wichtige Merkmale aufweisen. Die in Tabelle 2 aufgelisteten Kriterien wurden vorab definiert und bei der Recherche berücksichtigt. Zu den Einschlusskriterien zählen Studien, welche deutsch- oder englischsprachig sind und eine Intervention mit Nahrungsprotein, darunter pflanzliches oder tierisches, durchführen. Den Ausschlusskriterien gehört die Supplementierung mit Extrakten in Form von Tabletten oder Kapseln sowie der Einsatz von Medikamenten an. Dazu gehören sowohl Extrakte einer nicht Proteinquelle als auch molekulare Extrakte. Ebenfalls werden Extrakte einer Proteinquelle, die in Form von Nahrungsergänzungsmitteln zugeführt werden, ausgeschlossen. Davon ausgenommen ist der Einsatz von Whey-Protein. Des Weiteren werden Patienten eingeschlossen, die 18 Jahre und älter sind (in PubMed 19+ Jahre) und bei denen sich der Blutdruck in einem normalen Bereich befindet. Ausgeschlossen werden Patienten, die an Hyper- oder Hypotonie leiden. Es werden ausschließlich Studien, die an Menschen (Humanstudien) durchgeführt wurden und nicht älter als 10 Jahre sind, berücksichtigt. Diese Filterkriterien wurden bei der Suche übernommen und unter „Filter“ für die jeweilige Datenbank ausgewählt.

Tabelle 2: Ein- und Ausschlusskriterien

<i>Einschlusskriterien</i>	<i>Ausschlusskriterien</i>
(1) Englisch- oder deutschsprachig	(1) anders sprachig als Deutsch oder Englisch
(2) Humanstudie	(2) Tierstudie
(3) Erwachsene (ab 18 Jahren)	(3) Kinder oder Jugendliche
(4) RCT's	(4) Keine RCT's
(5) Abstract	(5) kein Abstract
(6) Maximal 10 Jahre alt	(6) älter als 10 Jahre
(7) Normaler Blutdruck	(7) erhöhter, leicht erhöhter Blutdruck (Hypertonie), arterielle Hypotonie
(8) Intervention mit Nahrungsprotein (pflanzlich oder tierisch)	(8) Intervention mit der Supplementierung von Extrakten
(9) Normalgewichtige oder Übergewichtige Menschen	(9) Probanden mit Vorerkrankungen, wie zum Beispiel Diabetes mellitus Typ 2, Adipositas oder in bestimmten Lebensphasen, beispielsweise Menopausale Frauen

Zusätzlich zu den Filtern wurden die Einschlusskriterien (8) und (9) bei dem Titelscreening und Abstractscreening manuell berücksichtigt. Das Einschlusskriterium (8) beschreibt dabei das Berücksichtigen normalgewichtiger sowie übergewichtiger Probanden. Übergewichtige Probanden wurden miteingeschlossen, da Studien mit übergewichtigen Probanden mit normalem Blutdruck vorliegen. Da der normale Blutdruck in der Recherche stärker als das Körpergewicht gewertet wird, wurden diese inkludiert. Neben dem Gewicht spielen auch Vorerkrankungen eine Rolle. Alle Studien, bei denen die Probanden in die Klassifizierung der Adipositas rutschten, wurden aussortiert. Neben der Adipositas wurden auch Vorerkrankungen wie Diabetes mellitus Typ 2, Bluthochdruck, Krebserkrankungen sowie Frauen in der Menopause und weitere gesundheitliche Einschränkungen den Ausschlusskriterien zugeordnet. Daraus ergab sich nach mehreren Schritten eine selektierte Auswahl an Studien, welche für den Ergebnisteil zur Beantwortung der Forschungsfrage genutzt werden konnten und im PRISMA Flowchart verbildlicht sind.

4.3 Suche in PubMed

Innerhalb der Datenbank PubMed wurde die Literaturrecherche gestartet. Mit den vorab festgelegten Filtern und den in Tabelle 3 zu findenden MeSH-Terms sowie den Suchbegriffen, welche nicht in der MeSH-Datenbank hinterlegt sind, entstanden entsprechende Trefferanzahlen. Es folgt ein Beispiel der Suchstrategie, mit welcher anhand des Begriffs Blutdruck im Englischen als *blood pressure* zu übersetzen, "*blood pressure*" sowie "*Blood Pressure*" [MeSH-Term] gesucht wurde. Die Begriffe sind anschließend in PubMed unter der Advanced-Option zusammengefasst und als gesammelte

Suchbegriffskombination eingesetzt worden. Oftmals deckten sich die Trefferergebnisse des Suchbegriffs ohne Anführungszeichen mit der Suchkombination aus den MeSH-Begriffen und den Begriffen mit Anführungszeichen. Unabhängig davon wurde dies sorgfältig dokumentiert und es entstanden aus den einzelnen Suchbegriffen entsprechende Suchkombinationen. Die Suchkombinationen wurden dann gemeinsam mit den Boole'schen Operatoren und den oben genannten Filtern in die Suchleiste eingegeben. Dabei ergaben sich, folgend in Tabelle 4, diverse Ergebnisse und Kombinationen. Zunächst wurde mit dem Begriff *blood pressure* die Population eingegrenzt. Da hierbei unter anderem Studien angezeigt werden, in denen *blood pressure* in Form von „elevated blood pressure“ oder „increased blood pressure“ sowie „high blood pressure“ wie auch andere Begriffskombinationen, als Begriffe für Bluthochdruck vorkommen, wurden diese sowohl beim Titel- als auch beim Abstractscreening manuell entfernt. Die Intervention der Studien wird durch den Verzehr von Nahrungsprotein dargestellt. Hierbei sind alle Formen von Proteinen - bis auf die Supplementierung von Extrakten - von Interesse und werden somit unter *plant proteins*, *animal proteins* sowie *dietary protein* zusammengefasst. Auch hierbei fand eine Suchkombination aus den MeSH-Datenbank-Begriffen wie auch den anderen Suchbegriffen statt. Die Comparison stellt dabei entweder das jeweils andere Protein dar oder wurde von dem Verzehr von wenig bis gar keinem Protein, den Vergleich mit einem anderen Makronährstoff oder einem Placebo einer Control-Gruppe gekennzeichnet. Da nur randomisierte kontrollierte Studien gesucht wurden, ist immer von einer Kontrollgruppe auszugehen. Als Outcome wurde die Auswirkung auf den Gesundheitsparameter Blutdruck bestimmt. Der Suchbegriff, welcher hierbei in einigen Suchkombinationen - aber nicht in allen - eingesetzt worden ist, ist der *effect*. Dadurch, dass die Kombination aus dem *blood pressure* und den Proteinkomponenten bereits das Outcome beschreibt, wurde der Suchbegriff *effect* nicht bei jeder Suchkombination integriert. Abgeleitet von den genannten Suchbegriffen, haben sich in der Tabelle 5 fett markierte Zeilen als sinnvolle Kombinationen erwiesen.

Unter Berücksichtigung der Filtersetzung „Abstract, Deutsch, Englisch, Humanstudie, in den letzten 10 Jahren, Erwachsene: 19+ Jahre, RCTs“ fanden sich folgend in Tabelle 3 aufgeführte Trefferergebnisse.

Tabelle 3: Einzelne Suchbegriffe und Anzahl der Ergebnisse bei PubMed

	<i>Suchbegriffe</i>	<i>Anzahl der Ergebnisse</i>
#1	blood pressure	9657
#2	“blood pressure“	7940
#3	“Blood Pressure” [MeSH-Term]	4631
#5	plant proteins	348
#6	”plant proteins”	78
#7	“Plant Proteins“ [MeSH-Term]	252
#8	”Plant Proteins, Dietary” [MeSH-Term]	99
#10	animal proteins	1318

#11	“animal proteins“	15
#12	“Animal Proteins, Dietary” [MeSH-Term]	506
#14	dietary proteins	1511
#15	”dietary proteins”	720
#16	“Dietary Proteins” [Mesh]	1180
#18	effect	111129

Gefundene Suchbegriffskombinationen unter Berücksichtigung der oben genannten Filter und der Boole’schen Operatoren:

Tabelle 4: Suchbegriffskombinationen aus den einzelnen Suchbegriffen mit Trefferanzahlen und den jeweils zugewiesenen Nummern aus den jeweiligen Suchbegriffskombinationen

<i>Suchbegriffskombinationen</i>	<i>Treffer</i>	<i>#n als zugewiesene Nummer</i>
#1 OR #2 OR #3	9657	#4
#5 OR #6 OR #7 OR #8	348	#9
#10 OR #11 OR #12	1729	#13
#14 OR #15 OR #16	1511	#17
#18	111129	#18

Tabelle 5: Suchbegriffskombinationen aus den zugewiesenen Nummern aus Tabelle 4 mit entsprechender Trefferanzahl und einer Kenntlichmachung durch fette Schrift der eingeschlossenen Suchbegriffskombinationen

<i>Suchbegriffskombinationen aus den Ergebnissen der Suchbegriffskombinationen der Tabelle 4</i>	<i>Treffer</i>	<i>#n als zugewiesene Nummer</i>
#4 AND #17	100	#19
#4 AND #9	29	#20
#4 AND #13	118	#21
#4 AND #9 OR #13 OR #17	2642	#22
#4 AND (#9 OR #13 OR #17)	187	#23
#4 AND #18 AND #9 AND #13 OR #17	1511	#24
#4 AND #18 AND ((#9 OR #13) OR #17)	171	#25
#4 AND #9 AND #13 AND #17 AND #18	9	#26
#20 AND #21 AND #26	156	#27
#20 OR #21 OR #26	138	#28

Die Zahl der am Ende in die Literaturrecherche eingeschlossenen Studien beträgt 138. Nach dem Zusammenzählen der drei in Betracht gezogenen Suchbegriffskombinationen konnten 18 Duplikate von den insgesamt 156 Studien innerhalb der Suche in PubMed bereits ausgeschlossen werden.

4.4 Suche in ScienceDirect

Bei ScienceDirect besteht keine Option auf eine Suchbegriffskombination mit den „#“ Zahlenkombinationen. In der Suchleiste bei ScienceDirect wird deshalb mit dem richtigen, in Tabelle 6 aufgeführten, Suchbegriff statt des jeweiligen „#“ gesucht. Der Einheitlichkeit halber wurde wie bei der Suche in PubMed die Zuordnung mit dem Hashtag „#“ weiterhin für eine übersichtliche Darstellung genutzt. Zunächst wurde die Anzahl der Ergebnisse der jeweils einzelnen Suchbegriffe notiert. Anschließend wurden diese wie in Tabelle 7 aufgeführt, mit Suchbegriffskombinationen in der Suchleiste von ScienceDirect eingegeben und entsprechende Treffer dokumentiert. Bei der Verwendung der Boole'schen Operatoren ist in Tabelle 6 zu erkennen, dass hierbei die Anzahl der Ergebnisse aus den Kombinationen denen der einzelnen Suchbegriffe gleicht. Beispielsweise kommt bei dem Begriff blood pressure und Blood pressure OR „blood pressure“ die gleiche Anzahl an Treffern raus. Anschließend wurde in Tabelle 7 jeweils der Suchbegriff mit den meisten Trefferergebnissen genutzt. Daraus ergaben sich dann in Tabelle 7 verschiedenste Suchbegriffskombinationen, wobei die eingeschlossenen Treffer mit fetter Schrift hinterlegt sind. Die Filter, welche in ScienceDirect gesetzt worden sind, sind vergleichbar mit denen aus PubMed und orientieren sich an den festgelegten Ein- und Ausschlusskriterien. Demnach wurden randomisierte kontrollierte Studien der letzten zehn Jahre, durch Setzung der Filterfunktion „Years 2014-2024“, welche in englischer oder deutscher Sprache verfügbar waren sowie einen zugänglichen Abstract bzw. Volltext hatten, gesucht. Die Filtersetzung erfolgte manuell auf der Ergebnisseite und grenzte somit bereits angezeigte Ergebnisse zunehmend stärker ein. Die Filtersetzung beinhaltete zusätzlich noch „Title, abstract, keywords“.

Tabelle 6: Einzelne Suchbegriffe und Anzahl der Ergebnisse bei ScienceDirect

	<i>Suchbegriff</i>	<i>Anzahl der Ergebnisse</i>
#1	blood pressure	10197
#2	“blood pressure“	8988
#3	Blood pressure OR “blood pressure”	8988
#4	plant proteins	8345
#5	”plant proteins”	633
#6	Plant proteins OR “plant proteins”	8345
#7	animal proteins	10600
#8	“animal proteins“	442
#9	Animal proteins OR “animal proteins”	10600
#10	dietary proteins	6217

#11	''dietary proteins''	805
#12	Dietary proteins OR ''dietary proteins''	6217
#13	effect	225940

Bei der Advanced Search wurde unter ''Find articles with these terms'' AND ''Title, Abstract or author-specified keywords'' der identische Suchterm eingegeben. Daraus erfolgten mehrere Suchbegriffskombinationen, welche in Tabelle 7 aufgeföhrt sind. Aus diesen Suchbegriffskombinationen ergaben sich am Ende 42 Studien, welche sich aus drei verschiedenen Suchbegriffskombinationen zusammensetzten.

Tabelle 7: Suchbegriffskombinationen aus den zugewiesenen Nummern aus Tabelle 6 mit entsprechender Trefferanzahl und einer Kenntlichmachung durch fette Schrift der eingeschlossenen Suchbegriffskombinationen

Suchbegriffskombinationen	Treffer	#n als zugewiesene Nummer
#1 AND #4 OR #7 AND #14 AND #15	286	#14
#1 AND #4 AND #7	9	#15
#1 AND #4 OR #7	10639	#16
#1 AND #7	99	#17
#1 AND #4	43	#18
#1 AND #4 AND #7 AND #10 AND #13	1	#19
#1 AND (#4 OR #7) AND #10	32	#20
#1 AND #10	164	#21
#1 AND (#4 OR #7) OR #10	6317	#22
(#1 AND #4 AND #7) OR (#1 AND #10)	10638	#23
(#1 AND #4 AND #7) AND (#1 AND #10)	1,149	#24
#1 AND #10 AND #13	53	#25
#15 OR #19 OR #20	42	

4.5 Qualitätsbeurteilung der Studien

Mithilfe der Qualitätsbeurteilung nach ,,JBI critical appraisal checklist for randomized controlled trials'' werden im Kapitel 5.1 die ausgewählten Studien bewertet. JBI ist eine Internationale Recherche Organisation aus Adelaide, Australien. Das Tool, welches von der JBI entwickelt wurde, ermöglicht eine übersichtliche Bewertung anhand einer Checkliste, um die methodische Qualität randomisierter kontrollierter Studien für ein Systematisches Review einzuordnen. Nach der Beantwortung der 13 Fragen werden hierbei mögliche Verzerrungen der Studie im Design, der Durchführung oder Analyse durch die Antwortmöglichkeiten: *ja, nein, unklar oder nicht anwendbar*, eingeordnet. Nicht anwendbar wird hierbei als *NA* abgekürzt (Tufanaru C et al., 2020).

Tabelle 8: "JBI critical appraisal checklist for randomized controlled trials" modifiziert nach (Trufanaru et al., 2020)

	Yes	No	Unclear	NA
1. Was true randomization used for assignment of participants to treatment groups?				
2. Was allocation to treatment groups concealed?				
3. Were treatment groups similar at the baseline?				
4. Were participants blind to treatment assignment?				
5. Were those delivering treatment blind to treatment assignment?				
6. Were outcomes assessors blind to treatment assignment?				
7. Were treatment groups treated identically other than the intervention of interest?				
8. Was follow up complete and if not, were differences between groups in terms of their follow up adequately described and analyzed?				
9. Were participants analyzed in the groups to which they were randomized?				
10. Were outcomes measured in the same way for treatment groups?				
11. Were outcomes measured in a reliable way?				
12. Was appropriate statistical analysis used?				
13. Was the trial design appropriate, and any deviations from the standard RCT design (individual randomization, parallel (groups) accounted for in the conduct and analysis for the trial?				

4.6 Selektion der Studien

Zunächst wurden die identifizierten Studien auf Duplikate überprüft. Dabei fanden sich in den insgesamt 180 Studien sieben Duplikate. Innerhalb der PubMed Recherche wurden bereits 18 Duplikate entfernt, welche nicht in das PRISMA Flowchart (siehe Abbildung 4) aufgenommen wurden. Nach der Entfernung der sieben Duplikate, wurden die restlichen 173 Publikationen systematisch auf die Ein- und Ausschlusskriterien untersucht und dem jeweiligen Ausschlussgrund (1) – (9) zugeordnet. Der Ausschlussgrund „Sonstiges (10)“, wurde zusätzlich in das PRISMA Flowchart im Schritt des Abstractscreenings mit aufgenommen, da es Studien gab, welche keinem der Ausschlusskriterien zuzuordnen, jedoch trotzdem nicht für die Auswahl der genutzten Publikation geeignet waren. Die erste Selektion der Studien erfolgte über das Titelscreening. Hierdurch konnten bereits 122 von den insgesamt 173 Publikationen ausgeschlossen werden. Der größte Ausschlussgrund lag mit ca. 25% bei der Nutzung

einer Supplementierung mit bestimmten Extrakten (44/173). Weitere 32% wurden dem Ausschlusskriterium Probanden mit Vorerkrankungen, die nicht Hyper- oder Hypotonie sind, zugeteilt (55/173). Hypertonie- oder Hypotoniepatienten, Tierstudien, Studien mit Kindern oder Jugendlichen und keine randomisierten kontrollierten Studien machten die restlichen 14% aus. Nach dem Titelscreening wurde eine Selektion der 51 Publikationen anhand des Abstracts vorgenommen. Im Anschluss an das Lesen des Abstracts wurden 43 weitere ungeeignete Publikationen ausgewählt und exkludiert. Dabei wurden eine Tierstudie (2) und sechs nicht randomisierte kontrollierte Studien (4) identifiziert. 23 weitere Publikationen, deren Ausschlusskriterien sich auf die Gründe (7), (8) und (9) aufteilen, wurden ausgeschlossen. Von den 43 Publikationen kamen zwei Abstracts zwar in Frage für das Volltextscreening, hatten jedoch keinen Volltextzugang und konnten somit nicht eingeschlossen werden und wurden unter *Sonstiges* aufgenommen. Weitere 13 von den 43 Publikationen konnten keinem der oben genannten Ausschlusskriterien zugeordnet werden, waren dennoch aus verschiedenen Gründen ungeeignet und wurden somit ebenfalls unter *Sonstiges* zusammengefasst. Der besseren Nachvollziehbarkeit werden die Gründe im Folgenden kurz benannt. Neben den zwei nicht verfügbaren Volltexten nutzte eine Intervention kein Nahrungsprotein und wurde deshalb ausgeschlossen. Drei Interventionen beobachteten die Proteinaufnahme im Zusammenhang mit zusätzlicher sportlicher Aktivität und wurden deswegen ausgeschlossen. „Die Blutdrucksenkung durch Sport beträgt bei normalem Blutdruckausgangswert unabhängig von der Sportart, also auch bei Kraftsport, im Mittel 2–3 mmHg systolisch und 1–2 mmHg diastolisch“ (Reimers et al., 2018, S. 105). Weitere exkludierte Studien befassten sich mit den Auswirkungen von Feinstaub, dokumentierten kaum Messungen des Blutdrucks, stellten keinen Bezug zwischen der Proteinaufnahme und dem Blutdruck her, untersuchten die Auswirkungen einer Impfung sowie eine Veröffentlichung, in der kein Nahrungsprotein eingesetzt worden ist. Die eingeschlossenen vier Publikationen entsprachen den vorab definierten Einschlusskriterien und werden im Ergebnisteil dargestellt. Für eine übersichtliche Darstellung der Selektion der Studien ist im Folgenden das PRISMA Flowchart verbildlicht dargestellt und gilt hierbei als reliables Instrument des Auswahlverfahrens.

4.7 PRISMA Flowchart

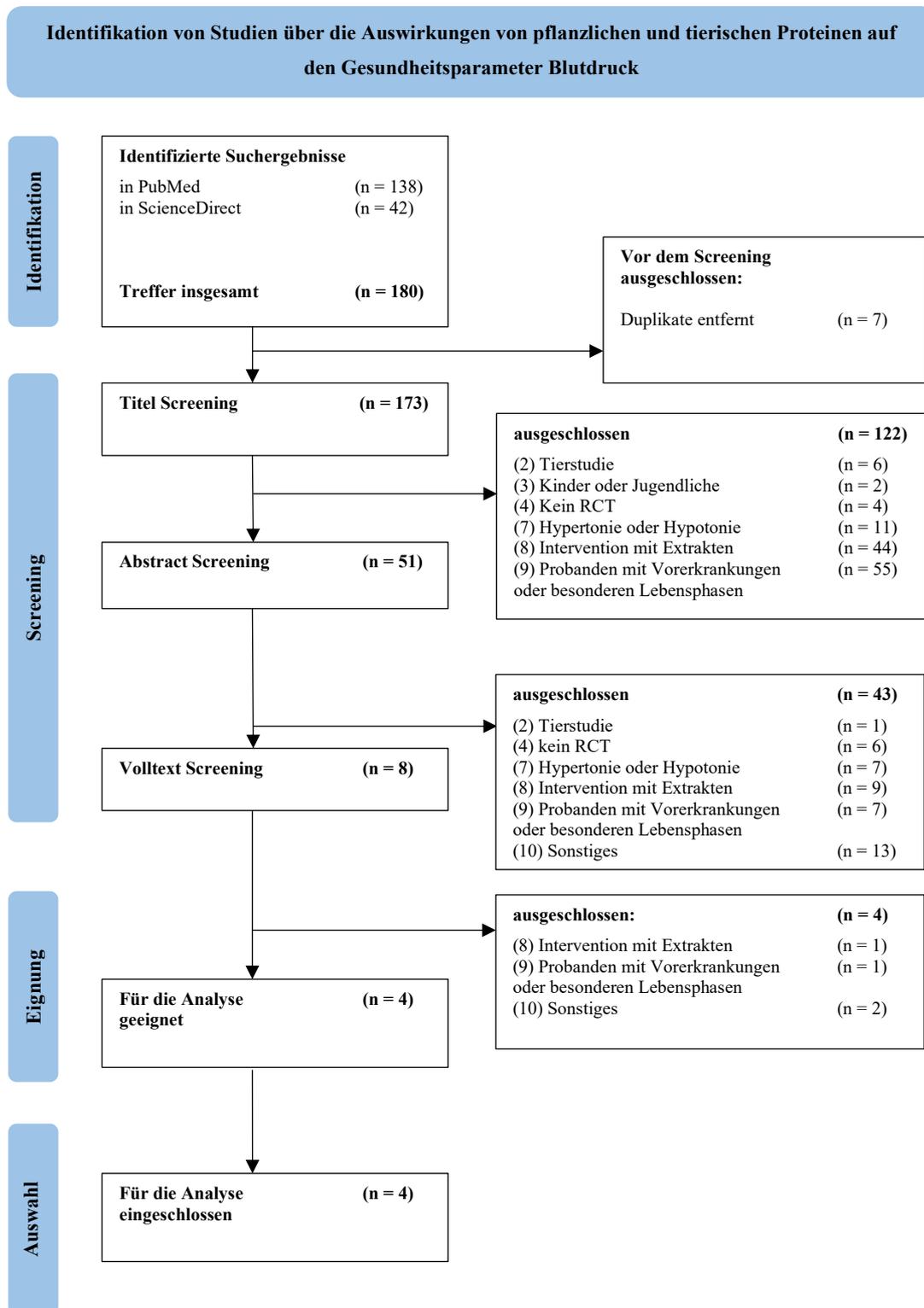


Abbildung 4: eigens modifiziertes PRISMA Flowchart für die Identifikation von Studien nach den PRISMA Richtlinien von Page et al., 2021

5 Ergebnisse

Im Rahmen der Literaturrecherche konnten vier relevante Publikationen identifiziert werden. In diesem Kapitel erfolgt zunächst die in Kapitel 4.5 beschriebene Qualitätsbeurteilung der Studien anhand der „JBI critical appraisal checklist for randomized controlled trials“. Anschließend werden die vier Studien (Giezenaar et al., 2021; Roussell et al., 2014; Tischmann et al., 2022; Zeinstra et al., 2019) vorgestellt und zusammengefasst. Im Anhang findet sich die tabellarische Darstellung anhand des PICO(S)-Schemas. Die Ergebnisse sind nach dem Jahr der Veröffentlichung angeordnet. Zuerst wird die Studie aus 2022, dann aus 2021, aus 2019 und anschließend die Studie aus 2014 behandelt. Hierbei werden die Auswirkungen der tierischen und pflanzlichen Proteine auf den Blutdruck dargelegt, um eine Beantwortung der Forschungsfrage vornehmen zu können.

5.1 Qualitätsbewertung der Studien

Die Tabelle 9 zeigt die Einordnung der vier identifizierten Studien mittels der Checkliste „JBI critical appraisal checklist for randomized controlled trials“. Die Studien wurden in der Reihenfolge 1, 2, 3 und 4 zugeordnet. Die Studie *Longer-Term Soy Nut Consumption Improves Vascular Function and Cardio-metabolic Risk Markers in older Adults: Results of a Randomized, Controlled Cross-Over Trial* von (Tischmann et al., 2022) wurde der Nummer 1 zugeordnet. Die mit 2 gekennzeichnete Studie trägt den Titel *Effects of age on blood pressure and heart rate responses to whey protein in younger and older men* (Giezenaar et al., 2021). *Postprandial amino acid, glucose and insulin responses among healthy adults after a single intake of Lemna minor in comparison with green peas: a randomized trial* von (Zeinstra et al., 2019) wurde die Nummer 3 zugeordnet. Die letzte Studie mit der Nummer 4 ist *Effects of a DASH-like diet containing lean beef on vascular health* von (Roussell et al., 2014).

Bei der Beantwortung der Checkliste wird deutlich, dass ein Großteil der Fragen mit *ja* beantwortet werden kann, wohingegen einige Fragen *nicht eindeutig* oder mit *nein* beantwortet worden sind. Die vierte Frage „Were participants blind to treatment assignment?“ konnte von der zweiten und vierten Studie mit *ja* beantwortet werden. Die Studien von Tischmann et al., 2022 und Zeinstra et al., 2019 konnten aufgrund der Einnahme der Intervention und der Phase des Nicht-Konsumierens oder durch optisch offensichtlich erkennbare Unterschiede zwischen der Interventionsmahlzeit und Kontrollmahlzeit keine Verblindung der Probanden gewährleisten. Die fünfte Frage „Were those delivering treatment blind to treatment assignment?“ konnte von der zweiten und dritten Studie mit *ja* beantwortet werden. In der ersten und dritten Studie wird nicht deutlich (*unklar*), ob das Verteilen der Interventionsnahrung verblindet stattgefunden hat oder nicht. Die sechste Frage „Were outcomes assessors blind to treatment assignment?“ wurde in keiner Methodik der vier Studien deutlich beantwortet und ist somit als *unklar* einzustufen. Zu der achten Frage „Was follow up complete and if not, were differences between groups in terms of their follow up adequately described and analyzed?“ wurde in den Studien zwei und vier kein Follow-up durchgeführt und somit wurde sie mit *nein* beantwortet. Die Beantwortung der Frage

neun “Were participants analyzed in the groups to which they were randomized?” geht aus den jeweiligen Methodiken der vier Studien nicht eindeutig hervor und wird somit ebenfalls als *unklar* eingeordnet. Alle restlichen Fragen konnten mit einem *ja* unter Berücksichtigung der Methodik der jeweiligen Studien beantwortet werden. Die vorliegende Studienlage ist überwiegend als gut einzustufen. Nichtsdestotrotz gibt es einige *Unklarheiten* bei der Beantwortung der Fragen und bei drei Beantwortungen erfolgte ein *nein*. Die genaue Einordnung der Studien bezüglich der 13 Fragen der Checkliste findet sich in folgender Tabelle.

Tabelle 9: "JBI critical appraisal checklist for randomized controlled trials" modifiziert nach (Trufanaru et al., 2020)

	Yes	No	Unclear	NA
1. Was true randomization used for assignment of participants to treatment groups?	1,2,3,4			
2. Was allocation to treatment groups concealed?	1,2,3,4			
3. Were treatment groups similar at the baseline?	1,2,3,4			
4. Were participants blind to treatment assignment?	2,4	1,3		
5. Were those delivering treatment blind to treatment assignment?	2,3		1,4	
6. Were outcomes assessors blind to treatment assignment?	2		1,3,4	
7. Were treatment groups treated identically other than the intervention of interest?	1,2,3,4			
8. Was follow up complete and if not, were differences between groups in terms of their follow up adequately described and analyzed?	1,4	2,3		
9. Were participants analyzed in the groups to which they were randomized?			1,2,3,4	
10. Were outcomes measured in the same way for treatment groups?	1,2,3,4			
11. Were outcomes measured in a reliable way?	1,2,3,4			
12. Was appropriate statistical analysis used?	1,2,3,4			
13. Was the trial design appropriate, and any deviations from the standard RCT design (individual randomization, parallel (groups) accounted for in the conduct and analysis for the trial?	1,2,3,4			

5.2 Studie 1

Die Studie *Longer-Term Soy Nut Consumption Improves Vascular Function and Cardiometabolic Risk Markers in older Adults: Results of a Randomized, Controlled Cross-Over Trial* von Tischmann et al. aus dem Jahr 2022 untersucht die Auswirkungen des Verzehrs von Sojanüssen auf die Gefäßfunktion und die Risikomarker für kardiovaskuläre Erkrankungen bei älteren Erwachsenen. Dabei haben 23 gesunde Teilnehmer zwischen 60 und 70 Jahren (Durchschnittsalter: $64,1 \pm 3,1$ Jahre) mit einem BMI zwischen 25 und 30 kg/m^2 (Durchschnittlicher Wert $25,9 \pm 2,7 \text{ kg/m}^2$) an der Studie teilgenommen. Die Studie wurde in einem randomisierten, kontrollierten, einzeln verblindetem, überkreuzten Studiendesign durchgeführt. Hierbei gab es einen Interventions- und einen Kontrollzeitraum von jeweils 16 Wochen mit einer Auswaschungsphase von durchschnittlich acht Wochen. Die Intervention bestand aus der, über den Tag verteilt, täglichen Einnahme von 67g Sojanüssen. Die Teilnehmer wurden den Gruppen randomisiert zugeordnet. Zusätzlich haben sich alle Teilnehmer an den Ernährungsempfehlungen der Niederlande orientiert.

Von den anfangs 25 Teilnehmern, welche den Einschlusskriterien entsprachen und teilnahmen, wurden am Ende 23 Teilnehmer final in die Auswertung der Analyse einbezogen. Zwei der Teilnehmer brachen aufgrund gastrointestinaler Probleme sowie persönlichen Gründen die Studie vorzeitig ab. Die Einschlusskriterien umfassten ein stabiles Körpergewicht der letzten drei Monate, einen Office-Blutdruck von unter 160/100 mmHg, TAG-Konzentrationen unter 4,5 mmol/L, Plasma-Konzentrationen unter 7,0 mmol/l sowie einen TC-Wert von weniger als 8,0 mmol/L. Ausschlusskriterien beschränkten sich auf Raucher, Alkohol- oder Drogenabusus sowie die Einnahme von Blutdruck, Lipidstoffwechsel oder Zuckerstoffwechsel beeinträchtigenden Medikamenten. Ebenfalls wurden Probanden, die an schweren medizinischen Erkrankungen wie Herz-Kreislauf-Erkrankungen, Hypercholesterinämie, Epilepsie, Asthma, Diabetes, Nierenversagen, COPD, Autoimmunerkrankungen, entzündliche Darmerkrankungen sowie rheumatologischer Arthrose leiden oder erkrankt sind, nicht zugelassen. Auch durften Probanden, die an einer Allergie oder Unverträglichkeit gegen Soja litten, nicht an der Studie teilnehmen. Während eines ersten Screeningtermins wurden anthropometrische Parameter sowie der Blutdruck als auch ein Nüchtern-Blutwert verzeichnet.

Nachdem die Teilnehmer durch die Nutzung einer Software randomisiert einer Gruppe zugeteilt worden sind, begannen sie entweder mit der Einnahme der Sojanüsse oder der Kontrollperiode. In den Blöcken, die aus entweder zwei oder vier Teilnehmern bestanden, gab es jeweils ein Verhältnis von 1:1 zwischen den Kontroll- oder Interventionsgruppen. Die Interventionsgruppen nahmen 16 Wochen lang täglich 67g ungesalzene Sojanüsse zu sich, welche 25,5g Protein sowie 174mg Isoflavone enthielten. Die Sojanüsse durften über den Tag verteilt konsumiert werden. Die Teilnehmer wurden gebeten, in dem Studienzeitraum keine anderen Sojaprodukte zu verzehren und sich an den Ernährungsempfehlungen der Niederlande zu orientieren. Sowohl die Probanden der Kontroll- als auch der Interventionsgruppe

wurden zu insgesamt vier Besuchen innerhalb der 16 Wochen gebeten. Neben dem Ausgangszustand sowie einer Zwischenuntersuchung nach acht Wochen, wurden noch zwei weitere Testtage, sogenannte Follow-Ups, nach dem Beenden der 16 Wochen, durchgeführt. Diese teilen sich in FU-A und FU-B ein. An jedem der insgesamt vier Termine wurden die Messungen, welche auch beim Screeningtermin aufgenommen worden sind, erneut ermittelt und dokumentiert. Dazu gehörten das Gewicht, Hüft- und Tailenumfang sowie eine Körperfettanalyse mittels einer Hautfaltentechnik. Der Nüchtern-Blutwert wurde nach einem 12-stündigen Fasten ermittelt. Bei dem FU-A wurden nach den 16 Wochen Interventions- oder Kontrollperiode Gefäßfunktionsmessungen durchgeführt. Die Ergebnisse der Gefäßfunktionsmessungen sind für die vorliegende systematische Recherche für den untersuchenden Forschungsgegenstand nicht von Bedeutung und werden deshalb nicht näher vorgestellt. Zwischen den beiden Follow-Ups wurde den Teilnehmern ein 24-Stunden-Blutdruckmessgerät an den jeweils schwächeren Arm angelegt. Dabei wurde der Blutdruck automatisch in 15 oder 30 Minutenintervallen gemessen. Tagsüber zwischen 7 und 22:30 Uhr erfolgte die Messung in 15 Minutenintervallen, nachts in 30 Minutentakten. Die Durchschnittswerte des 24-Stunden-Blutdrucks aus dem Tag- und Nachtblutdruck wurden in SBP, DBP, Herzfrequenz, MAP sowie Pulsdruck unterteilt. Um einen Überblick der Nahrungsaufnahme der jeweils letzten vier Wochen der Gruppenphasen zu bekommen, wurde zusätzlich ein food frequency questionnaire (FFQ) von den Teilnehmern ausgefüllt.

Der Blutdruck wurde bei jeder Untersuchung in den 16 Wochen nach einer Beruhigungsphase von mindestens 15 Minuten in einer auf dem Rücken liegenden Position viermal von einem Monitor aufgezeichnet. Dabei wurde der erste Wert verworfen und der Mittelwert aus den anderen drei Werten genommen. Nächtliche Veränderungen des Blutdrucks, bei denen es zu Abfällen kommen kann, wurden bei der Kalkulierung der Werte berücksichtigt (SBP/DBP Dipping).

Die Ergebnisse der Teilnehmer wurden zusammengefasst, analysiert und Durchschnittswerte wurden gebildet, das CI wird mit 95% angegeben (95-Prozent-Konfidenzintervall). Sechs Patienten konnten als sogenannte Equol-Produzierer nach der Einnahme der Sojanüsse ermittelt werden. Equol-Produzierer sind in der Lage, bestimmte Bakterien und Clostridien mit deren Enzymen Isoflavonoide aus Soja, Tofu sowie Leinsamen zu Equol umzuwandeln (Hof, 2017). Die Auswertung des FFQ bestätigte die Vermutung, dass es während der Einnahme der Sojanüsse insgesamt zu einer erhöhten Gesamteiweißzufuhr gekommen ist. Hierbei hat sich der Proteinanteil der Energieaufnahme um 3,1% vergrößert ($p < 0,001$), während die Kohlenhydratzufuhr sich um 2% verringert ($p = 0,008$). Obwohl auch die gesamte Kalorienaufnahme während der Soja-Intervention größer als in der Kontrollgruppe war ($p = 0,066$), kam es zu keinen Auswirkungen auf das Körpergewicht, den BMI oder den Körperfettanteil. Tabelle 10 zeigt eine Zusammenfassung der Office-Blutdruckwerte, des 24h-Blutdrucks sowie der MAP-Werte und den nächtlichen Dipping-Werten. Der Office-Blutdruck zeigte Tendenzen, bei denen sich die SBP-Werte um 4 mmHg ($p = 0,071$) und die DBP-Werte um 2 mmHg ($p = 0,070$) bei der Intervention der Sojanüsse

im Gegensatz zu der Kontrollgruppe verringerten. Der Office-Blutdruckveränderung widersprechen jedoch die Werte des 24-Stunden-Blutdruckmessgeräts, welche kaum Unterschiede der Durchschnittswerte beider Gruppen aufzeigten (SBP $p = 0,948$; DBP $p = 0,843$). Der MAP verringerte sich signifikanter um 3 mmHg mit $p = 0,035$ als bei der Kontrollgruppe. Die nächtlichen Veränderungen des Blutdrucks (Dipping) ergaben nahezu keine Unterschiede zwischen der Interventions- und Kontrollgruppe.

Tabelle 10: Blutdruckergebnisse nach der Sojaintervention und Kontrollzeitraum modifiziert nach Tischmann et al., 2022

	Sojanuss-Intervention	Kontrollgruppe	Durchschnittlicher Unterschied ^a
<i>Office Blutdruck</i>			
SBP (mmHg)	125 ± 9	128 ± 13	-4 [-7; 0] $p = 0,071$
DBP (mmHg)	77 ± 7	79 ± 7	-2 [-4; 0] $p = 0,070$
MAP (mmHg)	95 ± 7	98 ± 8	-3 [-6; 0] $p = 0,035$
<i>24h Blutdruck</i>			
SBP (mmHg)	125 ± 10	125 ± 10	0 [-3; 3] $p = 0,948$
DBP (mmHg)	76 ± 8	76 ± 8	0 [-2; 2] $p = 0,843$
MAP (mmHg)	98 ± 8	99 ± 8	0 [-3; 2] $p = 0,867$
SBP dipping (%)	13 ± 5	12 ± 5	0 [-2; 3] $p = 0,644$
DBP dipping (%)	15 ± 7	15 ± 6	1 [-2; -4] $p = 0,606$

^a= ANOVA (Varianzanalyse mit wiederholten Messungen) mit Zeitraum und Geschlecht als feste Faktoren, mittlerer Unterschied [95% CI] zwischen der Sojanuss- und Kontrollgruppe mit p-Wert

5.3 Studie 2

Die Studie *Effects of age on blood pressure and heart rate responses to whey protein in younger and older men* wurde 2021 von Giezenaar et al. veröffentlicht. Dabei handelt es sich um eine gepoolte Analyse (im Englischen: pooled analyses), welche die sekundären Ergebnisse zweier randomisierter, doppelt verblindeter, überkreuzter Studien analysiert. An beiden Primärstudien waren Caroline Giezenaar und weitere Autoren beteiligt. Sie sind unter den Titeln *Effects of age on acute appetite-related responses to whey-protein drinks, including energy intake, gastric emptying, blood glucose, and plasma gut hormone concentrations – A randomized controlled trial* (Oberoi et al., 2020) und *Lesser suppression of energy intake by orally ingested whey protein in healthy older men compared with young controls* (Giezenaar et al., 2015) publiziert. Die vorliegende Studie *Effects of age on blood pressure and heart rate responses to whey protein in younger and older men* beschäftigt sich mit den Auswirkungen von Molkenprotein auf die Blutdruck- und Herzfrequenzreaktionen bei jüngeren und älteren Männern.

Ausgangssituation stellt die vermehrte Hypotonie bei älteren Menschen im Vergleich zu jüngeren dar, welche unzureichend untersucht ist.

Insgesamt untersuchte die Studie die sekundären Ergebnisse von 32 gesunden Männern, die aus den beiden Primärstudien stammten. Die 19 älteren männlichen Teilnehmer waren durchschnittlich 74 ± 1 Jahre alt und ihr mittlerer BMI lag bei $26 \pm 1 \text{ kg/m}^2$. 13 der 19 Teilnehmer waren Teilnehmer der Studie aus 2020 von Oberoi et al., die restlichen sechs stammten aus der Studie aus 2015 von Giezenaar et al.. Da zwei der Männer an beiden Studien teilnahmen, wurden die aktuelleren Daten aus 2020 genutzt. Die 13 jüngeren männlichen Teilnehmer hatten einen durchschnittlichen BMI von $24 \pm 1 \text{ kg/m}^2$ und waren im Mittel 23 ± 1 Jahre alt. Die 13 jüngeren Männer wurden alle aus der aktuelleren Studie inkludiert. Die Intervention bestand aus einem Molkenproteingetränk aus 70g Molkenproteinpulver mit 280 kcal. Das Kontrollgetränk enthielt einen ähnlich schmeckenden, kalorienfreien Getränkesirup mit ca. 2 kcal auf 450 ml. Bei den Teilnehmern wurde direkt vor und anschließend nach der Einnahme des jeweiligen Getränks für 180 Minuten in einem Dreiminuten-Takt die Herzfrequenz und der Blutdruck mit einem automatisierten Messgerät erfasst. In den insgesamt 180 Minuten wurde ebenfalls die Magenentleerung mit einem 3D Ultraschall ermittelt. Die Auswirkung der Getränke auf die Magenentleerung ist für die Beantwortung der vorliegenden Forschungsfrage unerheblich und wird deswegen im weiteren Teil nicht betrachtet. In einem 15-Minutentakt wurde neben der Magenentleerung auch die Wahrnehmung von Benommenheit und Schläfrigkeit mittels einer Skala ermittelt. Auch diese Ergebnisse wurden in der Ergebniszusammenfassung nicht weiter berücksichtigt, da sie irrelevant für die Beantwortung der Forschungsfrage sind.

Die Ausschlusskriterien beider Studien umfassten Rauchen, Alkoholabusus, illegaler Drogenkonsum, erhöhter Langzeitblutzuckerwert von über 6,0 mmol/L und somit das Risiko, an Diabetes mellitus Typ 2 zu erkranken. Schwerwiegende Erkrankungen wie Krebs, Parkinson, Multiple Sklerose etc., Gallenblase- oder Magenerkrankungen, gastrointestinale Operationen, auffällige Magen-Darm-Beschwerden wie abdominale Schmerzen, Sodbrennen, Durchfall sowie Verstopfungen wurden auch als Ausschlusskriterium gewertet. Ebenfalls wurden Teilnehmer ausgeschlossen, die Medikamente einnahmen, welche möglicherweise Magen-Darm-Funktionen beeinflussen. Teilnehmer mit einer Laktoseintoleranz, niedrigen Eisenwerten, kürzlich - innerhalb der letzten 12 Wochen - durchgeführten Blutspenden oder kognitiven Störungen wurden exkludiert. Vier der älteren Männer nahmen blutdrucksenkende Medikamente und wurden angehalten, diese am Morgen der Intervention nicht einzunehmen.

Beide Studien, die in die gepoolte Analyse aufgenommen wurden, besaßen ein identisches Protokoll und Studiendesign. Die Ergebnisse der randomisierten, doppelt verblindeten, überkreuzten Studien mit jeweils drei (Giezenaar et al. 2015) oder vier (Oberoi et al. 2020) Studientagen und einer Auswaschungsphase von drei bis 14 Tagen wurden miteinander verglichen. Ab dem Abend vor der

Studiendurchführung fasteten alle Teilnehmer ca. 14 Stunden bis zum Start um 8:30 Uhr. Die Mahlzeit am Abend zuvor bestand für alle aus einer abgepackten Rinderhacklasagne. Am Tag der Studie wurden die Getränke von einer Assistenzperson zubereitet, welche nicht an der Analyse der Ergebnisse der Studie beteiligt war. Beide Getränke wiesen einen ähnlichen Geschmack auf und wurden für die Teilnehmer durch eine Abdeckung des Bechers verblindet angeboten. Den sitzenden Teilnehmern wurde bei ihrer Ankunft eine Kanüle für die Blutabnahmen angelegt und, ein automatisches Blutdruckmessgerät für den SBP und DBP sowie die Herzfrequenz wurde angeschlossen. Um einen Durchschnittswert des Ausgangszustands zu ermitteln, erfolgten drei weitere Messungen direkt nach der ersten Messung vor der Einnahme des Getränkes. Aus diesen drei Messungen wurde dann der Durchschnitt des Blutdrucks und der Herzfrequenz gebildet. Der Wert daraus bildete den Ausgangswert. Der erste Wert nach der Einnahme des Getränks ist $T = 0$ min. Der durchschnittliche Ausgangswert des systolischen Blutdrucks war bei den älteren Männern sowohl bei der Kontroll- als auch bei der Proteingruppe höher als bei den jüngeren Männern. Die Werte 130 ± 3 mmHg Kontroll vs. 131 ± 3 mmHg Intervention bei den älteren Männern und 116 ± 3 mmHg Kontroll vs. 120 ± 4 mmHg Intervention bei den jüngeren Männern zeigten mit einem p-Wert von 0,005 die Signifikanz des Alters.

Die Ergebnisse des Blutdrucks und der Herzfrequenz wurden in drei 60-Minutensequenzen unterteilt. Der Nadir und Zeit des Nadirs vom SBP und DBP sowie weitere Werte wurden zwischen dem Zeitraum von 0 und 180 Minuten ermittelt. Bei den älteren Männern war ein Abfall des systolischen Blutdrucks nach der Einnahme des Proteingetränks zu verzeichnen, der größte Unterschied zeigte sich in der dritten Stunde. Hier kam es mit $p = 0,0015$ zur größten Veränderung des SBPs durch die Einnahme des Molkenproteingetränks im Zusammenhang mit dem Alter. Bei den älteren Männern fiel der mmHg-Wert in der Proteingruppe um -11 ± 2 im Gegensatz zur Kontrollgruppe, wo es mit 0 ± 2 mmHg kaum zu Veränderungen kam ($p = 0,001$). Die jüngeren Männer zeigten mit 2 ± 3 mmHg in der Proteingruppe und 1 ± 2 mmHg in der Kontrollgruppe mit $p = 0,84$ geringe Änderungen des SBPs. Bei den älteren Männern wurde zwischen der Gruppe mit den Proteinen verglichen zu der Kontrollgruppe bei den Tiefstwerten die größte Verringerung des SBP nach der Einnahme des Proteingetränks verglichen zu der Kontrollgruppe festgestellt. Dabei kamen folgende Ergebnisse heraus: -23 ± 2 mmHg vs. -15 ± 2 mmHg, $p = 0,001$, mit dem Zusammenhang zum Alter von $p = 0,033$. Die jüngeren Männer hingegen verzeichneten mit $p = 0,96$ und damit -13 ± 2 mmHg vs. -13 ± 2 mmHg keinen unterschiedlichen maximalen Abfall sowohl nach der Einnahme des Molkenproteingetränks als auch des Kontrollgetränks. Zudem wurde der Abfall des SBP bei den älteren Männern später festgestellt als bei den jüngeren (114 ± 11 Min. (ältere Männer) vs. 62 ± 14 Min. (jüngere Männer)) mit einem Zusammenhang des Alters von $p < 0,001$. Der DBP-Ausgangswert war bei den älteren Männern ebenfalls höher als bei den jüngeren (älter vs. jünger: Kontrollgetränk, Molkenproteingetränk 76 ± 2 , 76 ± 2 vs. 67 ± 1 vs. 67 ± 2 mmHg mit einem Haupteffekt des Alters von $p < 0,001$). Bei den älteren Männern kam es ebenfalls zu einem Abfall des DBP nach der Einnahme des Proteingetränks im Vergleich zu der Kontrollgruppe. Die Verringerung des DBP war

größer bei den älteren Männern als bei den jüngeren, unabhängig vom Getränk (älter vs. Jünger: -14 ± 1 vs. -11 ± 1 mmHg mit einem Haupteffekt des Alters von $p = 0,050$). Im Zeitraum zwischen 60 und 120 Minuten kam es bei den älteren Männern zu einem weiteren Abfall des DBP um -4 ± 1 mmHg, jedoch nicht bei den jüngeren 0 ± 2 mmHg, unabhängig vom Getränk, Alterszusammenhang $p = 0,047$. Die Abbildung 3 zeigt die Blutdruckwerte der jüngeren und älteren Männer nach Einnahme des Molkenproteingetränks sowie des Kontrollgetränks. Die postprandiale Hypotonie (PPH) definiert sich durch einen anhaltenden Abfall von ≥ 20 mmHg in ≥ 30 Minuten des SBP nach der Nahrungsaufnahme. 58% der älteren und 23% der jüngeren Männer verzeichneten innerhalb der drei Stunden einen Abfall von ≥ 20 mmHg nach der Einnahme des Proteingetränks, wovon 10% der älteren Männer eine postprandiale Hypotonie verzeichneten.

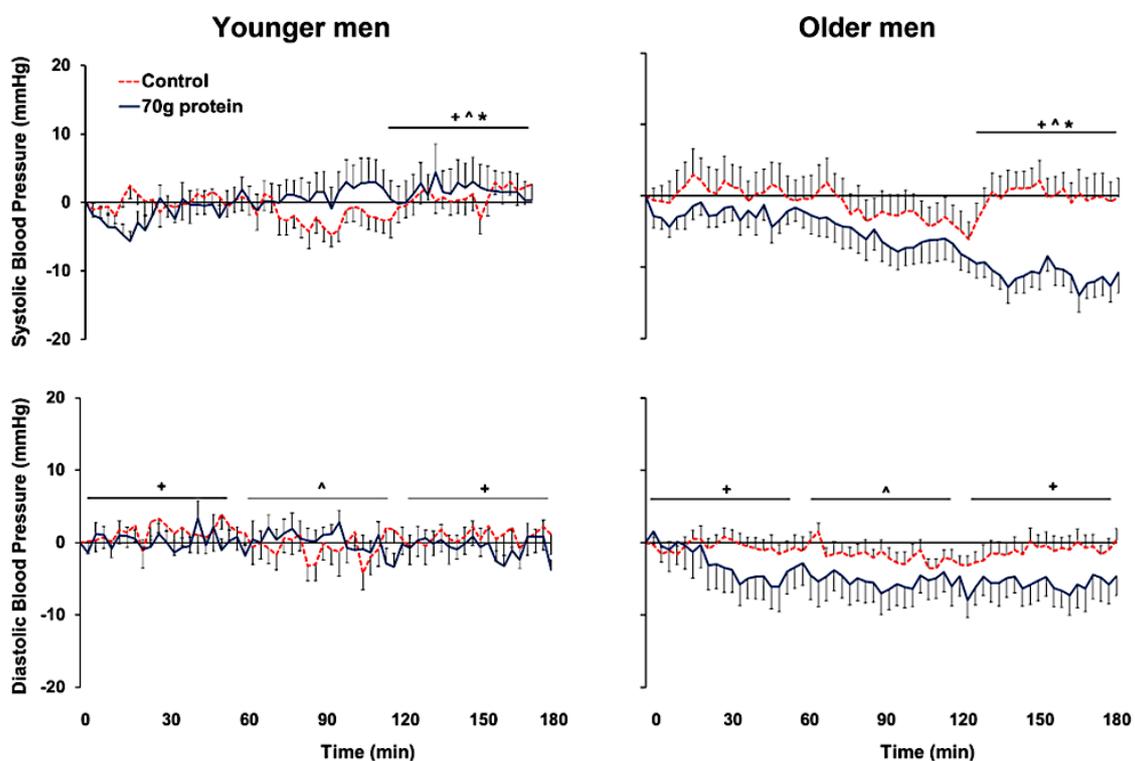


Abbildung 3: Durchschnittswerte des systolischen und diastolischen Blutdrucks zwischen den jüngeren und älteren Männern nach Einnahme des Kontroll- oder Interventionsgetränks. (modifiziert nach Giezenaar et al., 2021)

Für die kumulativen Veränderungen wurden die Auswirkungen des Getränkezustands, des Alters und des Wechselwirkungseffekts zwischen Alter und Getränk ermittelt. Dabei wurden die Minutenintervalle 0-60 min, 60-120 min und 120-180 min durch ANOVA mit wiederholten Messungen und post-hoc Bonferroni Korrekturen ermittelt. Die Zeichen +, ^, * stehen für folgende Werte: + $p < 0,05$ die Gesamtauswirkungen des Trinkzustands, ^ $p < 0,05$ Gesamteffekt des Alters und * $p < 0,05$ für den Einfluss von Getränken innerhalb des Alters.

5.4 Studie 3

2019 veröffentlichte Zeinstra et al. die vorliegende Studie unter dem Titel *Postprandial amino acid, glucose and insulin responses among healthy adults after a single intake of Lemna minor in comparison with green peas: a randomized trial*. Die Studie vergleicht die postprandialen Aminosäure- sowie die

Glukose- und Insulinreaktionen bei gesunden Erwachsenen nach der einmaligen Einnahme von Wasserlinsen verglichen mit der Einnahme von grünen Erbsen. Die Studie untersuchte in einem nicht verblindeten, überkreuzten, randomisierten Studiendesign die Ergebnisse von zwölf Probanden, davon fünf weiblich und sieben männlich. Diese waren zwischen 18 und 50 Jahre alt, zeigten normale, gesunde Blutwerte und normalen Blutdruck auf und besaßen einen BMI zwischen 19 und 25 kg/m². Die Teilnehmer wurden randomisiert einer Gruppe zugeordnet und hatten 20 Minuten Zeit, entweder die Interventionsmahlzeit mit 20g Protein aus den Wasserlinsen oder die Kontrollmahlzeit mit 20g Protein aus grünen Erbsen zu konsumieren. Anschließend wurden in einem vorgegeben Minutentakt Blutproben genommen, um die Auswirkungen auf die Aminosäuren-, Glukose- und Insulinwerte zu ermitteln. Die Herzfrequenz und der Blutdruck wurden vor und nach der jeweiligen Mahlzeit aufgezeichnet.

Die Einschlusskriterien bei der Rekrutierung von Zeinstra et al. umfassten das Alter von 18 bis 50 Jahren sowie die Einordnung von „gesund“ nach der Beantwortung eines Gesundheits- und Lebensstilfragebogens. Der Blutdruck der Teilnehmer befand sich im normalen Bereich und entsprechend gute Blutwerte wie der Hb-Wert sowie die Nieren- und Leberfunktion als auch ein normaler BMI wurden berücksichtigt.

Teilnehmer wurden ausgeschlossen, wenn sie an metabolischen, gastrointestinalen Entzündungen oder chronischen Erkrankungen litten. Zu den chronischen Erkrankungen zählt Diabetes mellitus Typ 2, Anämien, Hepatitis und CVD. Auch wurden Patienten, die bereits Operationen an der Leber oder des gastrointestinalen Traktes wie auch Dysfunktionen im Bereich der Nieren und Leber aufwiesen, ausgeschlossen. Menschen mit Alkohol- und Drogenabusus oder der Einnahme von Laxantien oder Magensäureblockern, Schwangere sowie Stielende, Leistungssportler, Raucher und Allergiker wurden ebenfalls nicht miteingeschlossen.

Unter der Annahme, dass es zu frühzeitigem Abbrechen der Studienteilnehmer bei dem Verzehr der jeweiligen Interventions- oder Kontrollmahlzeit kommen könnte, wurden insgesamt 15 Teilnehmer in die Studie aufgenommen. Drei davon schafften es nicht, innerhalb der vorgegebenen 20 Minuten, die Mahlzeit aufzuessen. Demnach wurden am Ende 12 Teilnehmer in der Analyse berücksichtigt.

24 Stunden bevor die Mahlzeit konsumiert wurde, verzichteten die Teilnehmer auf Alkohol und extreme körperliche Anstrengungen. Am Abend zuvor bekamen die Teilnehmer eine vorbereitete Nudelmahlzeit, welche sie zwischen 18 und 20 Uhr verzehren sollten, danach wurde gefastet. Bevor es am Morgen der Studie zu einer Nahrungsaufnahme kam, wurden vorab Blutproben genommen und die Herzfrequenz sowie der Blutdruck gemessen. Anschließend bekamen die Teilnehmer die gleichermaßen zubereiteten Mahlzeiten. Beide Mahlzeiten wurden mit Wasser, Hühnerbrühe, Butter und Zwiebeln in der Küche am Morgen des Verzehrs identisch zubereitet und ließen sich optisch unterscheiden. Beide

Mahlzeiten enthielten am Ende das Äquivalent von 20g Protein. Die Erbsenmahlzeit bestand dabei aus 84g gefriergetrockneten Erbsen, die Wasserlinsenmahlzeit hingegen aus 64g gefriergetrocknetem Produkt. Die Teilnehmer verzehrten die Mahlzeit innerhalb von 20 Minuten, wobei sie versuchten, die Menge der Mahlzeit gleichmäßig auf die Zeitspanne zu verteilen.

Im Anschluss wurden Blutproben zur Überprüfung von Auswirkungen auf die Aminosäure-, Glukose- und Insulinwerte in Minutenintervallen genommen. Ebenfalls wurde ein Fragebogen zur Sensorik der Mahlzeiten ausgefüllt, in dem die Probanden verschiedene Attribute der Mahlzeiten in eine Skala von 1-7 einordneten. Die Ergebnisse dieser Untersuchungen sind für die Beantwortung der vorliegenden Forschungsfrage unerheblich und werden somit nicht weiter betrachtet.

Drei Stunden nach der Nahrungsaufnahme wurden die Herzfrequenz, der Blutdruck sowie die Temperatur erneut ermittelt. Nachfolgend führten die Probanden drei Tage lang Tagebuch über das Auftreten gastrointestinaler Beschwerden, bevor sie dann eine Woche nach der ersten Testmahlzeit, die jeweils andere Proteinquelle als Mahlzeit verzehrten.

Die Einnahme der beiden unterschiedlichen Proteinmahlzeiten zeigte keine signifikanten Auswirkungen auf den Blutdruck, die Herzfrequenz oder auf die gemessene Temperatur. Weder zwischen den zeitlichen Unterschieden der Zeitpunkte von T0 und T180 oder dem Anfangs- und Endzeitpunkt der Messungen, noch zwischen den beiden Proteinen kam es zu unterschiedlichen Auswirkungen auf die oben genannten Parameter ($p = 0,90$). In der Tabelle 11 werden die Durchschnittswerte der jeweiligen Zeitpunkte den beiden Proteinquellen zugeordnet. Der Standardfehler wird ebenfalls mit angegeben.

Tabelle 11: Blutdruck des Ausgangspunkts (T0) und nach drei Stunden (T180), nach der Einnahme der zwei Proteinmahlzeiten (modifiziert nach Zeinstra et al., 2019)

	Wasserlinsen				Grüne Erbsen			
	T0		T180		T0		T180	
	Durchschnittswerte	SEM	Durchschnittswerte	SEM	Durchschnittswerte	SEM	Durchschnittswerte	SEM
SBP in mmHg	122,83	3,20	121,50	4,34	120,00	3,67	119,25	2,92
DBP in mmHg	64,42	2,43	65,17	2,94	60,25	2,24	62,17	2,25

5.5 Studie 4

Die Studie *Effects of a DASH-like diet containing lean beef on vascular health* von Roussel et al. aus dem Jahr 2014 befasst sich mit den Auswirkungen einer DASH ähnlichen Diät, welche mageres Rindfleisch enthält, auf die Gefäßgesundheit. Innerhalb eines randomisierten, crossover, vier periodischen Studiendesigns wurden 36 normotensive Teilnehmer (SBP-Durchschnitt von $116 \pm 3,6$ mmHg) mit vier isokalorischen Diäten versorgt. Die durchschnittlichen SBP-Werte der 15 Männer lagen bei $124 \pm 2,6$ mmHg, während die der 21 Frauen bei $112,4 \pm 3,2$ mmHg lagen. Die DBP-Werte der Männer befanden sich durchschnittlich bei $72 \pm 2,0$ mmHg und die der Frauen bei $66 \pm 2,6$ mmHg. Die isokalorischen Diäten enthielten alle unterschiedliche Rindfleischanteile und somit eine unterschiedliche Verteilung des Fett-, Kohlenhydrat- und Proteingehalts. Sie wurden von den Teilnehmern in unterschiedlichen Reihenfolgen für jeweils fünf Wochen verzehrt. Die folgenden Diäten ähnelten alle der DASH-Diät. Die vier Diäten wurden in die HAD, DASH, BOLD und BOLD+ Diät unterteilt. Dabei enthielt die healthy american diet (HAD) 33% Gesamtfettanteil, 12% gesättigte Fettsäuren (SFA), 17% Protein (PRO) mit 20g Rindfleisch pro Tag. Die DASH-Diät (dietary approaches to stop hypertension) bestand aus 27% Gesamtfett, 6% SFA, 18% PRO und 28g Rindfleisch am Tag. Die BOLD-Diät (beef in an optimal lean diet) setzte sich aus 28% Gesamtfett, 6% SFA, 19% PRO, 113g Rindfleisch am Tag zusammen, während die BOLD+ aus 28% Gesamtfett, 6% SFA, 27% PRO und 153g Rindfleisch pro Tag aufgebaut war.

Die Empfehlungen der DASH-Diät enthalten eine reduzierte SFA-Aufnahme mit dem Fokus auf Kohlenhydrate aus Früchten, Gemüse sowie Vollkornprodukten, der Aufnahme mehrerer Mineralien (Kalium, Calcium und Magnesium) sowie einer erhöhten Ballaststoffzufuhr bei gleichzeitiger Minderung der Natriumaufnahme.

Den Studienergebnissen aus 2014 liegt die Studie *beef in an optimal lean diet study: effect of lipids, lipoproteins, and apolipoproteins* aus 2012 zugrunde (Roussel et al., 2012). Demnach stammten die Methoden aus der Veröffentlichung aus 2012. Es wurden 36 Teilnehmer rekrutiert, welche sich zwischen 30 und 65 Jahren befanden. Die Männer waren durchschnittlich $49 \pm 1,8$ Jahre alt, die Frauen waren durchschnittlich $50 \pm 2,0$ Jahre alt. Die Teilnehmer wiesen im Durchschnitt einen LDL-Wert von 110 – 176 mg/dl bzw. durchschnittlich $3,6 \pm 0,1$ mmol/L auf. „Bei Menschen ohne sonstige Risikofaktoren sind folgende Werte anzustreben: LDL-Cholesterol ≤ 150 mg/dl ($\leq 3,9$ mmol/L)“ (Biesalski et al., 2018, S. 140). Die HDL-Werte der Teilnehmer lagen bei $1,34 \pm 0,06$ mmol/L. Der Referenzwert dazu sieht folgendes vor: „HDL-Cholesterol > 50 mg/dl ($>1,4$ mmol/L)“ (Biesalski et al., 2018, S. 140). Die Gesamtcholesterinkonzentration bei den Teilnehmern lag durchschnittlich bei $5,46 \pm 0,12$. Laut Biesalski befindet sich der Referenzbereich bei der Cholesterolkonzentration im Serum bei ≤ 200 mg/dl bzw. 5,2 mmol/L (Biesalski et al., 2018, S. 140). Die Auswirkungen der Diäten auf die Lipidwerte der Probanden ist für die Beantwortung der Forschungsfrage unerheblich und wird somit im Weiteren nicht aufgegriffen.

Der BMI befand sich bei den männlichen Teilnehmern durchschnittlich bei $27,3 \pm 0,7$ und bei den weiblichen Teilnehmern bei $24,8 \pm 0,5$. Weitere Einschlusskriterien der Studie umfassten den Nüchternparameter des Triglycerid Wertes von < 350 mg/dl. Probanden, die ärztlich verschriebene Blutdrucksenker einnahmen und bei denen der Blutdruck $< 140/90$ mmHg lag, waren berechtigt, an der Studie teilzunehmen. Die Ausschlusskriterien umfassten CVD-Erkrankungen, Schlaganfälle, Diabetes mellitus Typ 2, Leber-, Nieren- oder Autoimmunerkrankungen. Der Medikamenteneinsatz, welcher Cholesterin- oder Lipidsenkungen verursacht, sowie die Einnahme von Supplementen wie beispielsweise Fischöl oder Phytoöstrogene, Schwangere und Stillende sowie Menschen mit einem erhöhten Gewichtsverlust von über 10% des Eigenkörpergewichts innerhalb der letzten sechs Monate und Vegetarier wurden ebenfalls exkludiert.

Die Teilnehmer wurden randomisiert den jeweiligen Diäten zugeordnet. Die jeweilige Diät (HAD; DASH; BOLD, BOLD+) wurde für fünf Wochen von den Teilnehmern konsumiert. Zwischen den Wechseln der jeweiligen Diäten wurde durchschnittlich eine Woche Pause eingelegt. An zwei aufeinanderfolgenden Tagen wurden die Teilnehmer zu Beginn und am Ende der jeweiligen Diätperiode zu einer Datenerhebung in das Research Center of The Pennsylvania State University gebeten.

Alle Diätformen enthielten viel Obst, Gemüse und mageres Fleisch in Anlehnung an Ernährungsempfehlungen. Die drei Diäten DASH, BOLD und BOLD+ bestanden zu ähnlichen Anteilen aus Gesamtfett, SFA, MUFA und PUFA sowie Cholesterin. Die HAD bestand aus größeren Anteilen des Gesamtfetts, SFA, MUFA, PUFA und Cholesterin. Der Ballaststoffanteil war geringer als bei den anderen Ernährungsformen. Zwischen der BOLD- und DASH-Diät kam es bei den Makronährstoffen zu keinen Unterschieden, die BOLD+ Diät enthielt allerdings mehr Protein und weniger Kohlenhydrate. Die 27% Proteinanteil setzten sich aus 19% Pflanzen- und 26% Milchprotein, 42% magerem Rindfleisch sowie 12% weiteren tierischen Proteinquellen zusammen. Die HAD bestand aus 17% Gesamtproteinanteil und wies mit 13% Pflanzeneiweiß, 49% tierischen Eiweißquellen und 12% magerem Rindfleisch sowie einem identischen Anteil von 26% Milcheiweiß eine unterschiedliche Verteilung der Proteinquellen auf. Die DASH-Diät bestand zu 18% aus Proteinen. Diese setzten sich aus 20% pflanzlichen Proteinen, 31% Milchprotein, 9% magerem Rindfleisch sowie 40% anderen Quellen zusammen. Bei der BOLD-Diät setzten sich die 19% Gesamtproteine aus 13% Pflanzen- und 23% Milcheiweiß, 53% magerem Rindfleisch und 11% anderer Quellen zusammen. Ein sechs Tage Menü Zyklus wurde während der ganzen Studie von den Probanden durchgeführt. Die Mahlzeiten und Snacks wurden am Metabolic Diet Study Center vorbereitet. Am Wochenende wurden den Teilnehmern fertig gepackte Mahlzeiten mitgegeben.

Der Blutdruck wurde durch eine Messung am Anfang der Studie und am Ende jeder Diätperiode in einer sitzenden Position am Arm ermittelt. In Tabelle 12 finden sich die Durchschnittswerte des SBP und

DBP innerhalb der jeweiligen Ernährungsformen. Neben dem Blutdruck wurden auch die endothelialen Funktionen, die Pulsamplitude, der reaktive Hyperämie Index (RHI) sowie der Framingham RHI ermittelt. Diese und weitere Werte werden im Folgenden nicht aufgegriffen, da sie von keiner Relevanz für die vorliegende Arbeit sind.

Tabelle 12: Durchschnittswerte der Auswirkungen der Diäten auf den systolischen und diastolischen Blutdruck in mmHg, Werte in der SBP-Reihe mit unterschiedlich hochgestellten Buchstaben (a,b) unterscheiden sich signifikant, angepasst $P < 0,05$ (modifiziert nach Roussel et al., 2014)

	HAD	DASH	BOLD	BOLD+
SBP in mmHg	115 ± 1,9 ^a	112,9 ± 1,9 ^a	114,0 ± 1,9 ^a	111,4 ± 1,9 ^b
DBP in mmHg	69,8 ± 1,5	69,1 ± 1,5	69,4 ± 1,5	69,1 ± 1,5

Der systolische Blutdruck konnte nach Einhaltung der BOLD+ Diät signifikant gegenüber der HAD-Diät um 4,2 mmHg reduziert werden ($p = < 0,01$). Keine anderen signifikanten Reduzierungen des SBPs konnten bei den Vergleichen zwischen den anderen Diäten festgestellt werden. Es gab keine signifikanten Veränderungen des DBP innerhalb der vier Diäten.

5.6 Zusammenfassung der Ergebnisse

Zwei der Studien untersuchten die Auswirkungen einer Proteinquelle auf den Blutdruck in einem Zeitfenster von drei Stunden nach Einnahme der Intervention beziehungsweise der Kontrolle, während die anderen beiden Studien einen Interventionszeitraum von mehreren Wochen untersuchten. In der Studie von Giezenaar et al. konnten signifikante Unterschiede zwischen den beiden Gruppen der älteren und jüngeren Männer nach Einnahme eines Molkenproteingetränks festgestellt werden. Während die jüngeren Teilnehmer eine erhöhte Herzfrequenz aufwiesen und kaum Auswirkungen auf den Blutdruck verzeichneten, wurde bei den älteren Männern das Gegenteil beobachtet. So kam es nach der Einnahme des Interventionsgetränks in den drei Stunden danach zu deutlichen Abfällen des systolischen und diastolischen Blutdrucks. Besonders der systolische Wert zeigte mit Werten von -23 ± 2 mmHg vs. -15 ± 2 mmHg, $p = 0,001$ (Zusammenhang zum Alter $p = 0,033$) signifikante Unterschiede zwischen den beiden Gruppen. Die Studie von Zeinstra et al. untersuchte die unterschiedlichen Auswirkungen von zwei proteinreichen Mahlzeiten aus pflanzlichen Quellen bei gesunden Erwachsenen. Hierbei wurden die Auswirkungen nach der Einnahme von Wasserlinsen, mit denen von grünen Erbsen auf den Blutdruck und weitere Parameter untersucht. Dabei konnten keine signifikanten Unterschiede beim Blutdruck in den drei Stunden nach der Einnahme beider Proteinmahlzeiten beobachtet werden. Die Studie aus 2022 von Tischmann et al. beobachtete die Veränderungen verschiedener Parameter gesunder, älterer Teilnehmer nach einer 16-wöchigen Einnahme von Sojanüssen. Der Vergleich erfolgte mit der Periode, in denen die Teilnehmer keine Sojanüsse zu sich nahmen. Dabei konnten Veränderungen von -4 mmHg auf den

systolischen und -2 mmHg auf den diastolischen Blutdruck festgestellt werden. Allerdings kann hier mit $p = 0,071$ und $p = 0,070$ von keiner signifikanten Veränderung gesprochen werden. Die letzte Studie aus 2014 von Roussel et al. untersuchte die Veränderungen verschiedener Parameter nach Einnahme von vier Diäten. Die Diäten unterschieden sich hierbei in ihrer Zusammensetzung des Proteinanteils und des Anteils von magerem Rindfleisch. Nach einer jeweiligen Einnahme von fünf Wochen konnten zwischen den Einnahmen der BOLD+ und der HAD signifikante Unterschiede von $p < 0,01$ auf den systolischen Blutdruck und eine Senkung dessen festgestellt werden. Der DBP-Wert zeigte keine Unterschiede zwischen der Einnahme der vier Diäten auf.

6 Diskussion

Im folgenden Kapitel werden zunächst die Ergebnisse der vier Studien und anschließend die Limitationen der Studien diskutiert und auf die Fragestellung, inwieweit sich der Verzehr von pflanzlichen und tierischen Proteinen auf den Gesundheitsparameter Blutdruck auswirkt, bezogen. Anschließend wird die Methodik der vorliegenden systematischen Literaturrecherche erläutert.

6.1 Ergebnisdiskussion

Die Ergebnisse der Studien zeigten in drei von vier Studien Auswirkungen auf den Gesundheitsparameter Blutdruck. Zwei der Studien zeigten signifikante Senkungen des Blutdrucks (Giezenaar et al. $p = 0,001$, Roussel et al. $p < 0,01$). Zur richtigen Einordnung in den Forschungskontext muss berücksichtigt werden, dass zwei der Studien zwar signifikante Blutdrucksenkungen zeigten, diese aber bei einer Studie nur für den systolischen Blutdruck festgestellt werden konnten (Roussel et al.) und in der anderen Studie Unterschiede zwischen älteren und jüngeren Männern untersucht wurden. Dabei konnte bei Giezenaar et al. nur bei den älteren, aber nicht bei den jüngeren Männern Abfälle des SBPs und DPBs verzeichnet werden. Die Studie von Roussel et al. stellte zwar signifikante Reduktionen des SBPs zwischen zwei verschiedenen Diäten fest, aber keine der vier untersuchten Diäten führte zu signifikanten Veränderungen des DBP. Eine Studie konnte immerhin Senkungen beider Blutdruckwerte beschreiben, jedoch waren diese nicht signifikant (Tischmann et al. SBP $p = 0,071$; DBP $p = 0,070$). Durch die Werte einer 24h-Blutdruckmessung konnten diese Senkungen widerlegt werden (SBP $p = 0,948$; DBP $p = 0,843$). Die Studie von Zeinstra et al., in der die Effekte nach der Einnahme von Wasserlinsen und grünen Erbsen untersucht wurden, konnte keine Veränderungen des Blutdrucks dokumentieren.

In keiner der Studien wurde eine pflanzliche Proteinquelle mit einer tierischen Proteinquelle verglichen. Somit können keine direkten Unterschiede zwischen zwei Proteinen unterschiedlicher Herkunft miteinander verglichen werden. Grundsätzlich ist auch differenziert zu betrachten, in welchem Untersuchungsrahmen die Studien durchgeführt wurden. Die vier vorliegenden Studien unterscheiden sich in der Länge ihrer Interventionszeiträume. Zwei der vier Studien untersuchten die Auswirkungen von Sojanüssen und magerem Rindfleisch über einen Zeitraum von mehreren Wochen (2 x 16 Wochen und 4

x 5 Wochen). Die anderen beiden Studien verglichen jeweils die Werte einer 180 Minutenintervention (Molkenproteingetränk jung vs. alt und Wasserlinsen vs. grüne Erbsen). Bei Zeinstra et al. wurden die Parameter zu Beginn und nach 180 Minuten der Einnahme aufgezeichnet. In der Studie von Giezenaar et al. wurden dagegen während der 180 Minuten mit einem automatisierten Blutdruckmessgerät alle drei Minuten Werte aufgezeichnet, aus denen die Mittelwerte abgeleitet wurden. Nur zwischen den beiden Langzeitstudien lassen sich einigermaßen vergleichbare Aussagen treffen, da die Blutdruckaufzeichnungsmethoden sich ähneln.

Eine Verblindung der Gruppen konnte in zwei der vier Studien erreicht werden. Die Studie von Giezenaar et al. konnte aufgrund optischer und geschmacklicher Möglichkeiten eine Verblindung der Molkenproteingetränke erreichen. Hierbei kann von einer hohen Evidenz aufgrund der Verblindung ausgegangen werden. Die Studie von Roussel et al. konnte insofern eine gewisse Verblindung erreichen, als dass jede der Diäten einen Anteil an magerem Rindfleisch. Zwei der Diäten enthielten einen Anteil von 20g bzw. 28g magerem Rindfleisch. Unterschiede sind dabei mit bloßem Auge nicht erkennbar. Die anderen Diäten (BOLD und BOLD+) enthielten jeweils 113g bzw. 153g mageres Rindfleisch pro Tag. Hierbei ist die Menge möglicherweise sowohl optisch als auch vom Sättigungsgefühl zu unterscheiden. Dabei ist zu berücksichtigen, dass die Teilnehmenden nicht wussten, in welcher Diätphase sie sich befanden und daher nur spekulieren konnten. In den Studien von Zeinstra et al. und Tischmann et al. konnte keine Verblindung der Teilnehmenden erreicht werden. In der Studie von Zeinstra et al. waren optische Unterschiede zwischen den beiden Proteinmahlzeiten offensichtlich, wobei die eine Proteinquelle mit grünen Erbsen den Teilnehmern ein bekanntes Gemüse zeigte. Das Aussehen der Wasserlinsen unterschied sich optisch und war somit deutlich erkennbar. Zudem wurde die Auswertung des Blutdrucks zusammen mit der Herzfrequenz und der Temperatur vor sowie nach der Einnahme berechnet und nicht getrennt betrachtet. In der Studie von Tischmann et al. gab es lediglich die Option, entweder 16 Wochen lang die Sojanüsse zu verzehren oder 16 Wochen lang keine Sojanüsse zu verzehren. Die fehlende Verblindung der Patienten mindert die Qualität einer Studie.

Obwohl alle Studien den Einfluss einer Proteinquelle auf den Blutdruck untersuchten, unterscheiden sie sich in der Art der Aufnahme der Proteinquellen, pflanzlich oder tierisch. So wird in der Studie von Zeinstra et al. eine Mahlzeit verwendet, die Mengen an Proteinquellen enthält, die normalerweise nicht in dieser Form verzehrt werden würden. In der Studie von Giezenaar et al. wurde dagegen Molkenprotein in Form eines Getränks verwendet, das ebenfalls größere Mengen als die empfohlene Menge für unterernährte ältere Erwachsene aufwies (70g vs. 10g-25g). Sie unterschied sich jedoch von den Studien von Tischmann et al. und Roussel et al. hinsichtlich der Interventionsdurchführung. Tischmann et al. untersuchten die Einnahme von Sojanüssen als Zwischenmahlzeit über den Tag verteilt. Roussel et al. untersuchten die Auswirkungen einer ausgewogenen Mahlzeit in Form von einer mehrwöchigen Diät mit unterschiedlicher Verteilung von Fetten, Kohlenhydraten und Proteinen. Insofern ist es schwierig,

hier adäquate Vergleiche zu ziehen. Giezenaar et al. war die einzige Studie, die den Unterschied zwischen einer Proteinquelle und einem Placebo auf den Blutdruck untersuchte. Alle anderen Studien verglichen die Verwendung ähnlicher Proteinanteile gleicher Herkunft miteinander oder mit einer Kontrollperiode, in der keine Proteinquelle eingenommen wurde.

Dennoch kann festgestellt werden, dass die Einnahme unterschiedlicher Proteinquellen ähnliche Auswirkungen auf den Blutdruck haben kann. Beide Studien mit tierischen Proteinen zeigten signifikante Blutdrucksenkungen, wobei in der Studie von Roussel et al. nur signifikante Veränderungen des systolischen Blutdrucks beobachtet wurden. Eine Vermutung ist hier, dass sowohl der Proteinanteil des mageren Rindfleischs als auch der Proteinanteil aus pflanzlichen Quellen in der BOLD+ Diät, der mit 19% als vergleichsweise hoch einzustufen ist, einen Einfluss darauf hatten. Die Studie von Giezenaar et al. konnte bei den älteren Männern signifikante Reduktionen sowohl der systolischen als auch der diastolischen Werte verzeichnen, welche jedoch altersabhängig waren. Die Studie von Tischmann et al. konnte ebenfalls Reduktionen des systolischen und diastolischen Office-Blutdrucks feststellen.

In den Studien mit den Sojanüssen und den vier Diäten wurden Verringerungen des Blutdrucks nach langfristigen Interventionen festgestellt. Die Studie von Tischmann et al. hat jedoch bei einem FU mit einem 24h ABDM die Senkungen des Blutdrucks widerlegen können. Bei der 24-Stunden-Überwachung konnten auch nächtliche Dipping-Werte mitberücksichtigt werden. Am Ende der Aufzeichnung wurde der Durchschnitt der Werte ermittelt. Warum es bei der Office-Blutdruckmessung zu Blutdruckabfällen kam, nicht aber bei der 24h-Messung, ist ungeklärt. Eine Vermutung ist, dass der Zeitpunkt der ambulanten Messung von Bedeutung sein könnte und zeitabhängige Blutdruckschwankungen die Ergebnisse beeinflussten. Der Zeitpunkt der Messung scheint also eine wichtige Rolle bei der Bestimmung der Blutdruckwerte zu spielen. Bei den anderen Studien wurden keine 24-Stunden-Messungen durchgeführt. Es wäre interessant gewesen, den Blutdruck bei den älteren Männern über 24 Stunden zu beobachten, um weitere Blutdruckabfälle nach 180 Minuten oder zusätzlich die Einnahme anderer Mahlzeiten (kohlenhydrat- oder fettreich) zu beobachten (Giezenaar et al.). Dies hätte möglicherweise Rückschlüsse auf die Auswirkungen von kombinierten Nahrungsmitteln im Vergleich zu Proteinen erlaubt.

Die Studienteilnehmer der Studien von Zeinstra et al., Tischmann et al. sowie Roussel et al. waren zwischen 18 und 97 Jahre alt. Die Gruppen wurden homogen gemischt und randomisiert zugeordnet, eine Einteilung nach Alter oder Geschlecht erfolgte nicht. Im Gegensatz dazu wurden in der Studie von Giezenaar et al. speziell die altersabhängigen Wirkungsunterschiede bei Männern untersucht und die Gruppen in jüngere und ältere Männer eingeteilt. Der Grund hierfür ist der verstärkte postprandiale Blutdruckabfall bei älteren Personen, der verheerende Auswirkungen bis hin zu Stürzen und Synkopen haben kann. Die Altersspanne der Probanden in der Studie von Zeinstra et al., die ebenfalls die

Auswirkungen nach drei Stunden untersuchte, lag zwischen 18 und 50 Jahren. Die Teilnehmer waren demnach im Durchschnitt recht jung, so dass davon auszugehen ist, dass es keine altersabhängigen Blutdruckveränderungen wie in der Studie von Giezenaar et al. gab. Inwieweit sich ein erhöhter Anteil von Proteinen in der Nahrung bei älteren Menschen aufgrund des höheren Proteinbedarfs, ohne bestehenden Bluthochdruck auswirkt, sollte in weiteren Studien untersucht werden. Da das Alter einer der Risikofaktoren für die Entwicklung einer Hypertonie ist, betrifft das Problem der postprandialen Hypotonie nicht die Mehrheit der älteren Menschen. Aufgrund der kurzen Interventionszeit ist die Studie kritisch zu betrachten. Es wurde nicht untersucht, wie sich der Blutdruckabfall nach mehr als 180 Minuten verhalten und wie eine 24-Stunden-Messung ausgesehen hätte. Grundsätzlich ist jedoch die Erkenntnis, dass bei älteren Menschen nach dem Verzehr des Molkenproteingetränks mit Auswirkungen auf ihren Blutdruck zu rechnen ist, aber von großer Bedeutung. Im Hinblick auf die Unterstützung älterer Menschen durch eine erhöhte Proteinzufuhr, sollten mögliche PPH berücksichtigt werden. Bei der Gabe von Glukose konnten ebenfalls Abfälle des Blutdrucks bei älteren Männern festgestellt werden (Trahair et al., 2012). Ob es hier Unterschiede zwischen Männern und Frauen gibt, ist ungeklärt. Inwieweit die Menopause die Wirkung von Proteinen auf den Blutdruck verändert und, ob es auch bei menopausalen oder postmenopausalen Frauen zu Blutdruckabfällen kommt, ist ein spannendes Forschungsfeld.

6.2 Limitationen der Studien

In einige Studien wurden Personen aufgenommen, deren Blutdruck im Normalbereich lag, die aber blutdrucksenkende Medikamente einnahmen. Dies kann die Ergebnisse beeinflusst haben. Es konnte nicht berücksichtigt werden, wie hoch der Blutdruck der Patienten ohne die Einnahme der Medikamente gewesen wäre. Dies zeigt eine Limitation der Studie von Giezenaar et al. auf. In der Studie von Tischmann et al. wird von gesunden Probanden gesprochen, die aber einen Office-Blutdruck von bis zu 160/100 mmHg besitzen durften. Diese Einschätzung wäre nach der aktuellen Einordnung der Blutdruckwerte als Hypertonie Stufe 1 zu werten. Der mittlere Blutdruckwert der Teilnehmer lag jedoch zwischen 128 ± 13 / 79 ± 7 mmHg im Kontrollzeitraum und damit unter Berücksichtigung der SD in einem grenzwertig akzeptablen Bereich. Ebenfalls zeigte die Studie von Roussel et al., dass Probanden mit erhöhten Blutdruckwerten rekrutiert wurden. Die Durchschnittswerte von den Männern mit $124 \pm 2,6$ mmHg SBP und $72 \pm 0,18$ mmHg DBP sowie die der Frauen mit $112,4 \pm 3,2$ mmHg SBP und $66 \pm 2,6$ mmHg DBP unter Berücksichtigung des SEM, konnten jedoch einem normalen Blutdruck zugeordnet werden. Die Studie von 2014 widerspricht sich in der Bezeichnung ihrer Teilnehmer. Zunächst wurden die Teilnehmer als gesund mit normalem Blutdruck bezeichnet. Betrachtet man jedoch die LDL-Cholesterin-Werte, den Blutdruck sowie den BMI einiger Teilnehmer, so lässt sich vermuten, dass dies nicht ganz der Bedeutung von normal und gesund entspricht. Die genannten Gründe könnten ebenfalls als Limitationen gewertet werden.

Sowohl Tischmann et al. als auch Roussel et al. untersuchten die Veränderung einer Komponente über einen längeren Zeitraum. Die Unterschiede liegen hier in der zusätzlichen Einnahme einer Proteinquelle im Vergleich zum Austausch oder der Anpassung einer kompletten Mahlzeit nach unterschiedlichen diätischen Ansätzen. Dies stellt auch eine Limitation beim Vergleich der einzelnen Studienergebnisse dar. Neben den zeitlichen Unterschieden der Blutdruckmessungen und der Häufigkeit der Messungen innerhalb einer Studie, gab es auch Unterschiede bezüglich der Positionen, in denen die Messungen durchgeführt wurden. Die Unterschiede der Messungen und die Anzahl der Häufigkeiten sowie die daraus berechneten Mittelwerte erschweren die Vergleichbarkeit der Studienergebnisse. Ebenso unterscheiden sich die Teilnehmerzahlen und das Durchschnittsalter. So untersuchte Zeinstra et al. 12 Teilnehmer, die durchschnittlich 31,7 Jahre alt waren, Roussel et al. betrachtete insgesamt 36 Teilnehmer, wovon die Männer $49 \pm 1,8$ und Frauen $50 \pm 2,0$ Jahre alt waren. Tischmann et al. untersuchte 25 durchschnittlich $64,1 \pm 3,1$ Jahre alte Teilnehmer. Die 19 älteren Teilnehmer der Studie von Giezenaar et al. waren mit ihrem Durchschnittsalter von 74 ± 1 Jahr die ältesten Teilnehmer aller untersuchten Studien. Die 13 jüngeren Männer waren 23 ± 1 Jahre alt. Da es sich bei allen Publikationen um unterschiedliche Populationen handelte, kann dies sowohl als Limitation sowie auch als Stärke in Folge der Darstellung der Auswirkungen auf ein breites Altersspektrum betrachtet werden. In keiner der Studien wurde ein Interessenkonflikt angegeben.

6.3 Methodendiskussion

In der Methodendiskussion werden die methodischen Limitationen der vorliegenden Arbeit beschrieben und dargestellt, inwiefern sich diese auf die Ergebnisse ausgewirkt haben.

Die untersuchten Studien zeigen mit vier identifizierten randomisierten kontrollierten Studien nur eine kleine Stichprobe, welche die Effekte von pflanzlichen oder tierischen Proteinen auf den Blutdruck untersuchten. Durch eine Erweiterung der Suchbegriffe hätten weitere relevante Studien ermittelt werden können. Ebenso hätte die Nutzung von ein oder zwei weiteren Datenbanken zu mehr geeigneten Ergebnissen führen können. Das Ausschlusskriterium „maximal zehn Jahre alt“ erweist sich nun mehr als kritisch. Teilweise konnten keine aktuellen Studienergebnisse ermittelt werden. Die Studie von Roussel et al. aus dem Jahr 2014 verwendete Informationen aus der zugrundeliegenden Studie aus dem Jahr 2012. Diese Einschränkung wurde im Rahmen der „maximal 10 Jahre“ nicht berücksichtigt. Da die Studie im Jahr 2014 veröffentlicht wurde, wurde sie in die Auswertung der Studien aufgenommen. In der Studie von Giezenaar et al. aus dem Jahr 2021 wurden vergleichende Sekundärergebnisse aus den Studien von 2015 und 2020 aufgegriffen. Hierbei handelt es sich um eine sogenannte gepoolte Analyse. Diese hat zwar zwei randomisierte kontrollierte Studien untersucht und miteinander verglichen, erfüllt aber streng genommen nicht das Einschlusskriterium „RCT“. Nach Rücksprache mit der betreuenden Dozentin und aufgrund der sonstigen Erfüllung aller Einschlusskriterien wurde entschieden, die Studie trotzdem zu berücksichtigen. Ein weiterer kritisch zu betrachtender Punkt ist in diesem Zusammenhang

die Berücksichtigung von Molkenprotein (Whey). Bei den Ausschlusskriterien wurde die Supplementierung von Nahrungsproteinen explizit ausgeschlossen. Da es sich bei Molkenprotein um einen Milchextrakt handelt, kann argumentiert werden, dass seine Verwendung unter das Ausschlusskriterium fällt. Da die Verwendung von Molkenprotein heutzutage in vielen Ländern bekannt ist und in Form von Shakes und in Rezepten eingesetzt wird, wurde bewusst entschieden, diese Studie zu berücksichtigen.

Ein weiteres Bias bei der Auswahl ergab sich durch die eingeschränkte Auswahl der frei verfügbaren Studien. Durch den nicht überall erlaubten Zugriff auf die aktuelle Studienlage und neueste Publikationen, kam es hier zu einer geringeren Anzahl an möglichen zu integrierenden Publikationen. Im Nachhinein hätten die Ein- und Ausschlusskriterien eindeutiger definiert werden können. So wurden bei der Identifikation der zu untersuchenden Studien mehrere Studien aufgrund von sonstigen Gründen ausgeschlossen. Der Fokus einiger Studien lag auf Sportinterventionen in Kombination mit der Intervention einer Proteinzufuhr als Untersuchungsgegenstand. Unter anderem wurde die Wirkung von Resistenzübungen in Verbindung mit Ernährung auf den Blutdruck untersucht, der sich jedoch durch die sportliche Aktivität zusätzlich verändern kann. Es wurde also nicht nur die Ernährungsintervention berücksichtigt. Möglich gewesen wäre das Ausschlusskriterium „Studie mit Proteinzufuhr ohne weitere Intervention“ zu formulieren. Denn, wenn in den Langzeitstudien Sport getrieben wurde und sich an der Menge und Intensität im Vergleich zum Verhalten vor der Studie nichts verändert hätte, wäre der Effekt der sportlichen Aktivität ohne signifikanten Einfluss auf die Studienergebnisse geblieben.

Es wurden bewusst randomisierte kontrollierte Studien ausgewählt und keine Metaanalysen berücksichtigt. Ziel der Berücksichtigung von Einzelstudien war, die Ein- und Ausschlusskriterien gesunder Erwachsener besser berücksichtigen zu können. Nach Durchsicht der Metaanalysen, die einen vergleichbaren Untersuchungsgegenstand aufwiesen, wurde festgestellt, dass mindestens eines der Ausschlusskriterien identifiziert wurde. Gegen eine Berücksichtigung der Metaanalysen sprach, dass sich die Probanden der Studien ähnelten, und/oder nur Gesunde oder Kranke oder eine Mischung aus beiden untersucht wurden. Darüber hinaus wurde in einigen der Studien Personen mit Hypertonie untersucht, was ein klares Ausschlusskriterium der vorliegenden Arbeit darstellte. Personen mit Adipositas, welche als Risikofaktor für die Entstehung kardiovaskulärer Erkrankungen gilt, wurden dennoch eingeschlossen. Der Grund hierfür ist, dass der BMI zwar eine sinnvolle Einteilung des Gewichts darstellt, jedoch die Verteilung des Gewichts nicht berücksichtigt. So können Menschen, die sich gesund ernähren und viel Sport treiben, aufgrund eines hohen Muskelanteils einen BMI von über 25 aufweisen. Um eine Differenzierung zu dem BMI ab 30 und damit einer möglichen Adipositas zu erreichen, wurden Studien, in denen die Teilnehmer im Durchschnitt einen BMI von über 30 aufzeigten, nicht miteingeschlossen. Andere Vorerkrankungen wie beispielsweise DM2, Krebserkrankungen oder bestimmte Lebensphasen wie die Menopause wurden ebenfalls ausgeschlossen.

In keiner der Studien wurde ein Zusammenhang zwischen den Nieren oder der Leber und den Proteinen in Bezug auf die Blutdruckveränderungen erwähnt. Eine genauere Auflistung der Effekte beider Organe auf die Proteinzufuhr und den Blutdruck wäre verzichtbar gewesen.

7 Schlussfolgerung

Ziel dieser systematischen Literaturrecherche war, Studien bezüglich der Auswirkung durch den Verzehr von pflanzlichen und tierischen Proteinen auf den Blutdruck auszuwerten. Wie bereits im obigen Text erwähnt, gibt es bereits Studien und Metaanalysen zum Thema Blutdruck und Nahrungspotein-aufnahme, die jedoch teilweise hinsichtlich ihres Beobachtungszeitraums als nicht aktuell einzustufen sind. Zwei der vier untersuchten Studien zeigten signifikante Blutdrucksenkungen (systolisch oder diastolisch oder beides) bei der Office-Blutdruckmessung auf. Dokumentierte, allerdings nicht signifikante Senkungen des Office-Blutdrucks (systolisch und diastolisch) konnten in einer anderen Studie durch eine 24-Stunden-Messung widerlegt werden. Inwieweit letzte Messmethode die Blutdruckwerte der anderen Studien verändert hätte, bleibt offen. Nichtsdestotrotz scheint der Verzehr von pflanzlichen (Sojanüssen) und tierischen (mageres Rindfleisch, Molkenprotein) Proteinquellen den Blutdruck zu senken. Es ist wichtig, das Alter der Probanden zu berücksichtigen. In einer Studie wurden bei älteren Männern extreme Blutdruckabfälle mit Folgen bis hin zur Synkope nachgewiesen.

Die Ergebnisse der vorliegenden Arbeit stimmen im Wesentlichen mit den Ergebnissen früherer Studien und Metaanalysen überein und können diese unter Berücksichtigung gesunder Teilnehmer ergänzen. Dass eine pflanzenbetonte Ernährung das Risiko für Herz-Kreislauf-Erkrankungen senkt, wurde bereits in vielen Studien gezeigt. Der Artikel von Zhou et al. aus 2022 zeigt, dass eine möglichst große Auswahl an verschiedenen Proteinquellen mit einem reduzierten Risiko für Bluthochdruck einhergeht. Zukünftige Empfehlungen zur Proteinzufuhr sollten sich daher auf eine möglichst große Vielfalt an Proteinquellen in der Ernährung beziehen. Während aufgrund aktueller Forschungsergebnisse und aus Umweltgründen die PBE eindeutige Vorteile mit sich bringt, scheint es im gezielten Hinblick auf den Blutdruck und die Verhinderung der Entstehung von Bluthochdruck nur geringe Unterschiede zwischen pflanzlichen und tierischen Proteinen zu geben. Um auch die nachhaltigen Ernährungsziele der UN umsetzen zu können, wird empfohlen, pflanzliche Lebensmittel zu bevorzugen. Um eine Entstehung von Bluthochdruck zu vermeiden sowie eine langfristige Blutdrucksenkung bei gesunden Personen zu erzielen, sollte der gelegentliche Einsatz von tierischen Proteinquellen in Kombination mit einer Fokussierung auf eine große Vielfalt pflanzlicher Proteinquellen, empfohlen werden.

8 Literaturverzeichnis

- Biesalski, H.-K., Bischoff, S. C., Pirlich, M., Weimann, A., Adolph, M., Arends, J., Arens-Azevêdo, U., Arnim, C. von, Bischoff-Ferrari, H., Böhles, H., & Valentini, L. (Hrsg.). (2018). *Ernährungsmedizin: Nach dem Curriculum Ernährungsmedizin der Bundesärztekammer* (5., vollständig überarbeitete und erweiterte Auflage). Georg Thieme Verlag. <https://doi.org/10.1055/b-004-132260>
- Bundesärztekammer (BÄK), Kassenärztliche Bundesvereinigung (KBV), Arbeitsgemeinschaft der Wissenschaftlichen Medizinischen Fachgesellschaften (AWMF), & Nationale VersorgungsLeitlinie Hypertonie. (2024). *NVL Hypertonie: Kurzfassung* (Version 1.0.2023). www.leitlinien.de/hypertonie.
- Carlberg, C. (2023). Herz-Kreislauf-Erkrankungen und das metabolische Syndrom. In C. Carlberg (Hrsg.), *Die molekulare Basis von Gesundheit: Wie Epigenetik und Ernährung unser Leben beeinflussen* (S. 197–219). Springer Berlin Heidelberg. https://doi.org/10.1007/978-3-662-67986-9_10
- Chen, Z., Franco, O. H., Lamballais, S., Ikram, M. A., Schoufour, J. D., Muka, T., & Voortman, T. (2020). Associations of specific dietary protein with longitudinal insulin resistance, prediabetes and type 2 diabetes: The Rotterdam Study. *Clinical Nutrition*, 39(1), 242–249. <https://doi.org/10.1016/j.clnu.2019.01.021>
- Cochrane Deutschland Stiftung, Institut für Evidenz in der Medizin, Institut für Medizinische Biometrie und Statistik, Freiburg, Arbeitsgemeinschaft der Wissenschaftlichen Medizinischen Fachgesellschaften—Institut für Medizinisches Wissensmanagement, Ärztliches Zentrum für Qualität in der Medizin. *Manual Systematische Recherche für Evidenzsynthesen und Leitlinien. 2.1 Auflage*. (2020). Verfügbar: Cochrane Deutschland: [https://www.cochrane.de/de/literaturrecherche;AWMF:](https://www.cochrane.de/de/literaturrecherche;AWMF) <https://www.awmf.org/leitlinien/awmf-regelwerk/ll-entwicklung.html>;ÄZQ: <https://www.aeqz.de/aeqz/publikationen/azq-partner#literaturrecherche>. DOI: 10.6094/UNIFR/174468, <https://freidok.uni-freiburg.de/data/174468>.
- Croci, S. (2023, November 30). *MAD - mittlerer arterieller Druck | Infothek | BlutdruckDaten*. BlutdruckDaten. <https://www.blutdruckdaten.de/infothek/mad-mittlerer-arterieller-druck.html>
- Deutscher MeSH. (o. J.). ZB MED - Informationszentrum Lebenswissenschaften. Abgerufen 17. Februar 2024, von <https://www.zbmed.de/open-science/terminologien/deutscher-mesh>
- DGE. (o. J.). *Leitlinie Protein*. DGE. Abgerufen 20. März 2024, von <http://www.dge.de/wissenschaft/dge-leitlinien/leitlinie-protein/>
- DGE. (2017). *Protein*. DGE. <http://www.dge.de/wissenschaft/referenzwerte/protein/>
- Dong, J.-Y., Qin, L.-Q., Zhang, Z., Zhao, Y., Wang, J., Arigoni, F., & Zhang, W. (2011). Effect of oral l-arginine supplementation on blood pressure: A meta-analysis of randomized, double-blind, placebo-controlled trials. *American Heart Journal*, 162(6), 959–965.

<https://doi.org/10.1016/j.ahj.2011.09.012>

- Ellinger, S., Amini, A. M., Haardt, J., Lehmann, A., Schmidt, A., Bischoff-Ferrari, H. A., Buyken, A. E., Kroke, A., Kühn, T., Louis, S., Lorkowski, S., Nimptsch, K., Schulze, M. B., Schwingshackl, L., Siener, R., Stangl, G. I., Volkert, D., Zittermann, A., Watzl, B., & Egert, S. (2024). Protein intake and body weight, fat mass and waist circumference: An umbrella review of systematic reviews for the evidence-based guideline on protein intake of the German Nutrition Society. *European Journal of Nutrition*, *63*(1), 3–32. <https://doi.org/10.1007/s00394-023-03220-x>
- Elmadfa, I., & Leitzmann, C. (2023). *Ernährung des Menschen* (7., vollständig überarbeitete und erweiterte Auflage). Verlag Eugen Ulmer.
- Filippou, C. D., Tsioufis, C. P., Thomopoulos, C. G., Mihas, C. C., Dimitriadis, K. S., Sotiropoulou, L. I., Chrysochoou, C. A., Nihoyannopoulos, P. I., & Tousoulis, D. M. (2020). Dietary Approaches to Stop Hypertension (DASH) Diet and Blood Pressure Reduction in Adults with and without Hypertension: A Systematic Review and Meta-Analysis of Randomized Controlled Trials. *Advances in Nutrition*, *11*(5), 1150–1160. <https://doi.org/10.1093/advances/nmaa041>
- Freitag-Ziegler, G. (2023). *Tierische Lebensmittel und Nachhaltigkeit*. <https://www.bzfe.de/ernaehrung-im-fokus/aus-der-aktuellen-ausgabe/tierische-lebensmittel-und-nachhaltigkeit/>
- Gibbs, J., Gaskin, E., Ji, C., Miller, M. A., & Cappuccio, F. P. (2021). The effect of plant-based dietary patterns on blood pressure: A systematic review and meta-analysis of controlled intervention trials. *Journal of Hypertension*, *39*(1), 23–37. <https://doi.org/10.1097/HJH.0000000000002604>
- Giezenaar, C., Oberoi, A., Jones, K. L., Horowitz, M., Chapman, I., & Soenen, S. (2021). Effects of age on blood pressure and heart rate responses to whey protein in younger and older men. *Journal of the American Geriatrics Society*, *69*(5), 1291–1299. <https://doi.org/10.1111/jgs.17083>
- Giezenaar, C., Trahair, L. G., Rigda, R., Hutchison, A. T., Feinle-Bisset, C., Luscombe-Marsh, N. D., Hausken, T., Jones, K. L., Horowitz, M., Chapman, I., & Soenen, S. (2015). Lesser suppression of energy intake by orally ingested whey protein in healthy older men compared with young controls. *American Journal of Physiology-Regulatory, Integrative and Comparative Physiology*, *309*(8), R845–R854. <https://doi.org/10.1152/ajpregu.00213.2015>
- Goeser, Prof. Dr. T. (o. J.). *Grundlagen der Leberfunktion Die Leber Die Leber*. Abgerufen 22. März 2024, von <https://lebertransplantation.eu/die-leber/die-leber/grundlagen-der-leberfunktion>
- Guasch-Ferré, M., Satija, A., Blondin, S. A., Janiszewski, M., Emlen, E., O'Connor, L. E., Campbell, W. W., Hu, F. B., Willett, W. C., & Stampfer, M. J. (2019). Meta-Analysis of Randomized Controlled Trials of Red Meat Consumption in Comparison With Various Comparison Diets on Cardiovascular Risk Factors. *Circulation*, *139*(15), 1828–1845. <https://doi.org/10.1161/CIRCULATIONAHA.118.035225>
- Haß, U., & Norman, K. (2023). Pflanzliche Ernährung und ausreichende Proteinzufuhr für ein gesundes Altern. *Aktuelle Kardiologie*, *12*(02), 108–112. <https://doi.org/10.1055/a-1981-6339>
- Hof, H. (2017). Das Mikrobiom: Mögliche Implikationen für Gynäkologie und Geburtshilfe. *Der*

- Gynäkologe*, 50(7), 559–566. <https://doi.org/10.1007/s00129-017-4096-1>
- Hollstein, G. (2019, April). *Pschyrembel Online | Gesundheitsparameter*. Pschyrembel Online. <https://www.pschyrembel.de/Gesundheitsparameter/S0116>
- Hollstein, T. (2021, Februar 19). *Ernährung: Gesättigte Fette nicht verteufeln*. Deutsches Ärzteblatt. <https://www.aerzteblatt.de/archiv/217927/Ernaehrung-Gesaettigte-Fette-nicht-verteufeln>
- Isoflavone—BfR. (o. J.). Abgerufen 24. März 2024, von https://www.bfr.bund.de/de/a-z_index/isoflavone-9777.html
- Jacobs, Prof. Dr. S., Starck, Prof. Dr. med C. T., & Hohendanner, P. Dr. F. (2022, März). *Koronare Herzkrankheit (KHK) • Ursache, Symptome, Behandlung*. <https://www.dhzb.de/ratgeber/koronare-herzkrankheit>
- Jäger, R., Kerksick, C. M., Campbell, B. I., Cribb, P. J., Wells, S. D., Skwiat, T. M., Purpura, M., Ziegenfuss, T. N., Ferrando, A. A., Arent, S. M., Smith-Ryan, A. E., Stout, J. R., Arciero, P. J., Ormsbee, M. J., Taylor, L. W., Wilborn, C. D., Kalman, D. S., Kreider, R. B., Willoughby, D. S., ... Antonio, J. (2017). International Society of Sports Nutrition Position Stand: Protein and exercise. *Journal of the International Society of Sports Nutrition*, 14(1), 20. <https://doi.org/10.1186/s12970-017-0177-8>
- Jordan, J., Kurschat, C., & Reuter, H. (2018). Arterial Hypertension. *Deutsches Ärzteblatt international*. <https://doi.org/10.3238/arztebl.2018.0557>
- Kasper, H. (2021). *Ernährungsmedizin und Diätetik* (13., überarbeitete Auflage). Elsevier.
- Klaus, S., Pfeffer, A., & Boeing, H. (2018). The protein paradox – how much dietary protein is good for health? *Ernährungs Umschau*, 65(2), 42–47. <https://doi.org/10.4455/eu.2018.008>
- König, D., Carlsohn, A., Braun, H., Großhauser, M., Lampen, A., Mosler, S., Nieß, A., & al., et. (2020). Proteins in sports nutrition. Position of the working group sports nutrition of the German Nutrition Society (DGE). *Ernährungs Umschau*, 67(7), 132–139. <https://doi.org/10.4455/eu.2020.039>
- Koop, I. & Koop (Hrsg.). (2013). *Gastroenterologie compact: Alles für Klinik und Praxis* (3. Aufl., S. b-002-57172). Georg Thieme Verlag. <https://doi.org/10.1055/b-002-57172>
- Kroll, Prof. Dr. J. (2023, Dezember 18). *Omega-6-Fettsäuren und Herz-Kreislaufkrankungen*. <https://www.klinikum.uni-heidelberg.de/newsroom/omega-6-fettsaeuren-und-herz-kreislaufkrankungen/>
- Lewington, S., Clarke, R., Qizilbash, N., Peto, R., & Collins, R. (2002). Age-specific relevance of usual blood pressure to vascular mortality: A meta-analysis of individual data for one million adults in 61 prospective studies. *The Lancet*, 360(9349), 1903–1913. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(02\)11911-8](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(02)11911-8)
- Lopez, C., & Hartl, M. (2021, Dezember 14). *Weniger Zucker, Fette und Salz*. <https://www.bzfe.de/einfache-sprache/kochen-aufbewahren/weniger-zucker-fette-und-salz/>
- Matuszewski, J. (2020, März 23). Sekundäre Pflanzenstoffe – faszinierende Vielfalt. *JEM - Journal für*

- Ernährungsmedizin*. <https://jem.at/2020/ernaehrungsmedizin/sekundaere-pflanzenstoffe/>
- Methodik. (o. J.). [Tiles-Seite]. EbM-Netzwerk. Abgerufen 17. März 2024, von <https://www.ebm-netzwerk.de/de/service-ressourcen/ebm-basics/methodik>
- Müller, Dr. C. (2022, Dezember 13). *Sekundäre Pflanzenstoffe*. <https://www.bzfe.de/ernaehrung/ernaehrungswissen/essen-und-wissen/sekundaere-pflanzenstoffe/>
- Naghshi, S., Sadeghi, O., Willett, W. C., & Esmailzadeh, A. (2020). Dietary intake of total, animal, and plant proteins and risk of all cause, cardiovascular, and cancer mortality: Systematic review and dose-response meta-analysis of prospective cohort studies. *BMJ*, m2412. <https://doi.org/10.1136/bmj.m2412>
- Neugebauer, R. (Hrsg.). (2019). *Biologische Transformation*. Springer Berlin Heidelberg. <https://doi.org/10.1007/978-3-662-58243-5>
- Nierenstiftung. (o. J.). Bluthochdruck & Niere. *Deutsche Nierenstiftung*. Abgerufen 22. März 2024, von <https://www.nierenstiftung.de/fuer-betroffene/niere-a-bis-z/bluthochdruck-und-niere/>
- Oberoi, A., Giezenaar, C., Jensen, C., Lange, K., Hausken, T., Jones, K. L., Horowitz, M., Chapman, I., & Soenen, S. (2020). Acute effects of whey protein on energy intake, appetite and gastric emptying in younger and older, obese men. *Nutrition & Diabetes*, 10(1), 37. <https://doi.org/10.1038/s41387-020-00139-8>
- Ortiz, C., & Manta, B. (2024). Advances in equol production: Sustainable strategies for unlocking soy isoflavone benefits. *Results in Chemistry*, 7, 101288. <https://doi.org/10.1016/j.rechem.2023.101288>
- Page, M. J., McKenzie, J. E., Bossuyt, P. M., Boutron, I., Hoffmann, T. C., Mulrow, C. D., Shamseer, L., Tetzlaff, J. M., Akl, E. A., Brennan, S. E., Chou, R., Glanville, J., Grimshaw, J. M., Hróbjartsson, A., Lalu, M. M., Li, T., Loder, E. W., Mayo-Wilson, E., McDonald, S., ... Moher, D. (2021). The PRISMA 2020 statement: An updated guideline for reporting systematic reviews. *International Journal of Surgery*, 88, 105906. <https://doi.org/10.1016/j.ijisu.2021.105906>
- Papadaki, A., Nolen-Doerr, E., & Mantzoros, C. S. (2020). The Effect of the Mediterranean Diet on Metabolic Health: A Systematic Review and Meta-Analysis of Controlled Trials in Adults. *Nutrients*, 12(11), 3342. <https://doi.org/10.3390/nu12113342>
- PubMed. (o. J.). [Seite]. Justus-Liebig-Universität Gießen. Abgerufen 25. Februar 2024, von <https://www.uni-giessen.de/ub/de/rech/db/auswahl/pubmed>
- Püschel, Prof. Dr. G. P. (2023, Oktober 12). *Harnstoffzyklus: Der Weg des Stickstoffs - via medici*. via medici: leichter lernen - mehr verstehen. <https://viamedici.thieme.de/lernmodul/548835/539488/harnstoffzyklus+der+weg+des+stickstoffs>
- Quek, J., Lim, G., Lim, W. H., Ng, C. H., So, W. Z., Toh, J., Pan, X. H., Chin, Y. H., Muthiah, M. D., Chan, S. P., Foo, R. S. Y., Yip, J., Neelakantan, N., Chong, M. F. F., Loh, P. H., & Chew, N. W. S. (2021). The Association of Plant-Based Diet With Cardiovascular Disease and Mortality: A Meta-Analysis and Systematic Review of Prospect Cohort Studies. *Frontiers in*

- Cardiovascular Medicine*, 8, 756810. <https://doi.org/10.3389/fcvm.2021.756810>
- Rebholz, C. M., Friedman, E. E., Powers, L. J., Arroyave, W. D., He, J., & Kelly, T. N. (2012). Dietary Protein Intake and Blood Pressure: A Meta-Analysis of Randomized Controlled Trials. *American Journal of Epidemiology*, 176(suppl_7), S27–S43. <https://doi.org/10.1093/aje/kws245>
- Referenzwerte für die Nährstoffzufuhr (2. Auflage, 7. aktualisierte Ausgabe (2021)). (2021). Deutsche Gesellschaft für Ernährung, Österreichische Gesellschaft für Ernährung, Schweizerische Gesellschaft für Ernährungsforschung, Schweizerische Vereinigung für Ernährung (Hrsg.).
- Reimers, C.-D., Straube, A., & Völker, K. (Hrsg.). (2018). *Patienteninformationen Sport in der Neurologie - Empfehlungen für Ärzte: Mit den häufigsten Begleiterkrankungen*. Springer.
- Remer, T., Kalotai, N., Amini, A. M., Lehmann, A., Schmidt, A., Bischoff-Ferrari, H. A., Egert, S., Ellinger, S., Kroke, A., Kühn, T., Lorkowski, S., Nimptsch, K., Schwingshackl, L., Zittermann, A., Watzl, B., Siener, R., & the German Nutrition Society. (2023). Protein intake and risk of urolithiasis and kidney diseases: An umbrella review of systematic reviews for the evidence-based guideline of the German Nutrition Society. *European Journal of Nutrition*, 62(5), 1957–1975. <https://doi.org/10.1007/s00394-023-03143-7>
- Robenek, H., & Poeggeler, B. (2013). L-Arginin: Essenziell für die Gefäßgesundheit. *Zeitschrift für Orthomolekulare Medizin*, 11(03), 16–20. <https://doi.org/10.1055/s-0033-1350779>
- Robert Koch-Institut. (2017). *12-Monats-Prävalenz von Bluthochdruck in Deutschland*. <https://doi.org/10.17886/RKI-GBE-2017-007>
- Roussel, M. A., Hill, A. M., Gaugler, T. L., West, S. G., Ulbrecht, J. S., Vanden Heuvel, J. P., Gillies, P. J., & Kris-Etherton, P. M. (2014). Effects of a DASH-like diet containing lean beef on vascular health. *Journal of Human Hypertension*, 28(10), 600–605. <https://doi.org/10.1038/jhh.2014.34>
- Roussel, M. A., Hill, A. M., Gaugler, T. L., West, S. G., Vanden Heuvel, J. P., Alaupovic, P., Gillies, P. J., & Kris-Etherton, P. M. (2012). Beef in an Optimal Lean Diet study: Effects on lipids, lipoproteins, and apolipoproteins. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 95(1), 9–16. <https://doi.org/10.3945/ajcn.111.016261>
- Schneider, H. J., Jacobi, N., & Thyen, J. (2020). Mein Blutdruck stimmt nicht. In *Hormone – ihr Einfluss auf mein Leben: Wie kleine Moleküle Liebe, Gewicht, Stimmung und vieles mehr steuern* (S. 251–255). Springer Berlin Heidelberg. https://doi.org/10.1007/978-3-662-58978-6_44
- Sekundäre Pflanzenstoffe und Gesundheit. (o. J.). DGE. Abgerufen 29. März 2024, von <http://www.dge.de/wissenschaft/fachinformationen/sekundaere-pflanzenstoffe-und-die-gesundheit/>
- Thanassoulis, G., & Aziz, H. (2022, April). *Atherosklerose—Herz-Kreislauf-Krankheiten*. MSD Manual Profi-Ausgabe. <https://www.msmanuals.com/de-de/profi/herz-kreislauf-krankheiten/arteriosklerose/atherosklerose>
- Tiemann, M., Mohokum, M., & Kickbusch, I. (Hrsg.). (2021). *Prävention und Gesundheitsförderung*.

- Band 2. Springer. <https://doi.org/10.1007/978-3-662-62426-5>
- Tischmann, L., Adam, T. C., Mensink, R. P., & Joris, P. J. (2022). Longer-term soy nut consumption improves vascular function and cardiometabolic risk markers in older adults: Results of a randomized, controlled cross-over trial. *Clinical Nutrition*, 41(5), 1052–1058. <https://doi.org/10.1016/j.clnu.2022.03.014>
- Trahair, L. G., Vanis, L., Gentilcore, D., Lange, K., Rayner, C. K., Horowitz, M., & Jones, K. L. (2012). Effects of variations in duodenal glucose load on blood pressure, heart rate, superior mesenteric artery blood flow and plasma noradrenaline in healthy young and older subjects. *Clinical Science*, 122(6), 271–279. <https://doi.org/10.1042/CS20110270>
- Transplantationszentrum Heidelberg. (o. J.). *Universitätsklinikum Heidelberg: Organ: Niere*. Abgerufen 22. März 2024, von <https://www.klinikum.uni-heidelberg.de/chirurgische-klinik-zentrum/transplantationszentrum-heidelberg/behandlungsspektrum/organ-niere>
- Tufanaru C, Munn Z, Aromataris E, Campbell J, & Hopp L. (2020). *Chapter 3: Systematic reviews of effectiveness*. In: Aromataris E, Munn Z (Editors). *JBIC Manual for Evidence Synthesis*. JBI, 2020 (JBI, 2020). Available from <https://synthesismanual.jbi.global>
- Unbekannt. (2019, März 27). *Die Bedeutung von Omega-3- und Omega-6-Fettsäuren*. <https://www.eufic.org/de/in-unserem-essen/artikel/die-bedeutung-von-omega-3-und-omega-6-fettsauren>
- Unbekannt. (2023, November 29). *Blutdruckregulation: Wie funktioniert das?* <https://www.stiftung-gesundheitswissen.de/gesund-leben/koerper-wissen/blutdruckregulation>
- Vajdi, M., Musazadeh, V., Zareei, M., Adeli, S., Karimi, A., Hojjati, A., Darzi, M., Shoorei, H., & Abbasalizad Farhangi, M. (2023). The effects of whey protein on blood pressure: A systematic review and dose-response meta-analysis of randomized controlled trials. *Nutrition, Metabolism and Cardiovascular Diseases*, 33(9), 1633–1646. <https://doi.org/10.1016/j.nu-meecd.2023.05.025>
- Walter, U., Gerlich, M. G., & Schwarz, F. W. (2020). Gesundheitsindikatoren. *Leitbegriffe der Gesundheitsförderung und Prävention. Glossar zu Konzepten, Strategien und Methoden*. <https://doi.org/10.17623/BZGA:Q4-I055-2.0>
- Wätjen, W. (2021). *Ernährung: Physiologische und praktische Grundlagen* (M. Föller & G. I. Stangl, Hrsg.). Springer Spektrum.
- Weber, Dr. T. (2018, März 1). *Wie messen wir den Blutdruck 2018?* Universimed. <https://www.universimed.com/ch/article/kardiologie-gefaessmedizin/wie-messen-wir-den-blutdruck-2104320>
- Zeinstra, G. G., Somhorst, D., Oosterink, E., Fick, H., Klopping-Ketelaars, I., Van Der Meer, I. M., & Mes, J. J. (2019). Postprandial amino acid, glucose and insulin responses among healthy adults after a single intake of Lemna minor in comparison with green peas: A randomised trial. *Journal of Nutritional Science*, 8, e28. <https://doi.org/10.1017/jns.2019.26>
- Zhou, C., Wu, Q., Ye, Z., Liu, M., Zhang, Z., Zhang, Y., Li, H., He, P., Li, Q., Liu, C., & Qin, X. (2022).

Inverse Association Between Variety of Proteins With Appropriate Quantity From Different Food Sources and New-Onset Hypertension. *Hypertension*, 79(5), 1017–1027.
<https://doi.org/10.1161/HYPERTENSIONAHA.121.18222>

Anhang

Tabelle 13: Übersicht über die randomisierten, kontrollierten Studien mit Hilfe des PICO(S)-Schema

Studie	Population	Intervention	Comparison Group	Outcome	Studiendesign & Interventionszeitraum
(Tischmann et al., 2022) Longer-term soy nut consumption improves vascular function and cardiometabolic risk markers in older adults: Results of a randomized, controlled crossover trial	60-70 Jahre mit einem BMI zwischen 20 und 30 kg/m ² Office-Blutdruck < 160/100 mmHg n (total) = 23 (11 männlich, 12 weiblich) n (Intervention) = 23 n (Kontrolle) = 23	16 Wochen lang eigenständige tägliche Einnahme von 67g ungesalzene Sojanüssen Auswaschungsphase von 6-12 Wochen zwischen Intervention und Vergleich (Durchschnitt 8 Wochen) Orientierung der Sonstigen Ernährungsform an niederländischen Empfehlungen	16 Wochen lang keine Einnahme von Sojanüssen oder andersrum, je nach randomisierter Einteilung in die Gruppe	Bei Ernährung mit Sojanüssen - nicht signifikante Senkung des Office-Blutdrucks (Systolisch und Diastolisch) um 4 mmHg (SBP) (p = 0.071) und 2 mmHg (DBP) (p = 0.070) - 24h ambulante Blutdruckmessung zeigte dagegen keine Veränderungen zwischen Vergleichs- und Interventionsgruppe des Blutdrucks (sowohl SBP als auch DBP, p = 0,948 SBP und p = 0,843 DBP) - MAP-Werte gingen runter	randomisierte kontrollierte Studie 2x 16 Wochen und 6-12 Wochen Auswaschungsphase dazwischen, zwischen 38 – 44 Wochen, mean: 41 Wochen
(Giezenaar et al., 2021) Effects of age on blood pressure and	Zwei Populationsgruppen aus Männern	Interventionsgetränk mit 70g Molkenproteinpulver auf 280 kcal in einem verdeckten Getränkebecher	Kontrollgetränk mit ca. 2 kcal und ähnlichen Geschmack wie	- ältere Männer verzeichneten einen größeren maximalen Abfall des SBPs als die jüngeren Männer bei der Einnahme des Interventionsgetränks	Gepoolte Analyse von zwei randomisierten

heart rate responses to whey protein in younger and older men	<p>unterschiedlichen Alters</p> <p>n (total) = 32 n¹ (älter) = 19 n² (jünger) = 13 n¹ = durchschnittlich 74 ± 1 Jahre n² = durchschnittlich 23 ± 1 Jahre BMI</p>	<p>Interventionsgetränk und Kontrollgetränk hatten ähnlichen Geschmack</p> <p>Beide Getränke wurden optisch identisch verteilt</p>	das Interventionsgetränk	<p>-23 ± 2 mmHg vs. -15 ± 2 mmHg (p = 0,001)</p> <p>Protein vs. Control bei älteren Männern, -13 ± 2 mmHg vs. -13 ± 2 mmHg (p = 0,96), Protein vs. Control bei jüngeren Männern</p> <ul style="list-style-type: none"> - Einfluss des Alters beim Getränk p = 0,033 - bei den älteren kam es zu einem Abfall des DBP im Gegensatz zu den jüngeren nach der Einnahme des Whey-Getränks (71 ± 1 mmHg vs. 67 ± 2 mmHg, p = 0,09) - Die durchschnittlichen Ausgangswerte von SBP und DBP von n¹ waren größer verglichen zu denen von n² - In beiden Gruppen der jüngeren Männer kam es zu keinen Veränderungen des Blutdrucks (p > 0,05) - Der Nadir des SBPs ist bei n¹ zu einem späteren Zeitpunkt als bei n² aufgetreten → 114 ± 11 vs. 62 ± 14 min (p < 0,001) - Die dritte Stunde der Überwachung verzeichnete den größten Fall des SBPs bei n¹ - 58% von n¹ und 23% von n² verzeichneten nach der Einnahme des Molkengetränks einen 	<p>doppeltverblindeten crossover Studien</p> <p>180 Minuten nach Einnahme des Getränks</p>
---	--	--	--------------------------	---	--

		Abfall von mehr als ≥ 20 mmHg des SBPs in dem Zeitraum der drei Stunden			
(Zeinstra et al., 2019)	18-50 Jahre	Insgesamt 12 der Probanden absolvierten die Studie	Das jeweils andere Protein (1. Wasserlinsen,	- kein signifikanter Einfluss auf den Blutdruck nach 3h sowohl zwischen den Zeitpunkten als auch zwischen den beiden Mahlzeiten auf den Blutdruck, die Herzfrequenz sowie auf die gemessene Temperatur (p = 0.90; p = 0,28)	Randomisierte kontrollierte Studie
Postprandial amino acid, glucose and insulin responses among healthy adults after a single intake of Lemna minor in comparison with green peas: a randomized trial	Normale Gesundheitsparameter BMI 19 – 25 kg/m ² n (total) = 15 (7 M, 8 W) n (Intervention) = 8; 7 n (Kontrolle) = 7; 8 n = 3 ausgestiegen Fasten über Nacht	jeweils eine der zwei Proteinquellen (Lemna minor; Duckweed (Wasserlinse)) oder grüne Erbsen in randomisierter Reihenfolge und verzehrten die Portion innerhalb von 20 Minuten (Portionsgröße äquivalent = 20g Protein/Portion) Drei Stunden nach der Interventionsmahlzeit wurden die Parameter (Blutdruck) erneut aufgezeichnet	2. grüne Erbsen) oder (1. grüne Erbsen, 2. Wasserlinsen) in gleicher Zubereitung Eine Woche Auswaschungsphase zwischen beiden Proteinmahlzeiten	- Erste identifizierte limitierende Aminosäure bei beiden Methionin	Insgesamt 2 x 20 Minuten mit einer Woche Auswaschungsphase dazwischen

(Roussel et al., 2014) Effects of a DASH-like diet containing lean beef on vascular health	39-97 Jahre BMI zwischen 19,4 – 35,5 kg/m ² SBP 94 – 150 mmHg DBP 45 – 97 mmHg n (total) = 36 (15 M, 21 W) n (Intervention) = 23 n (Kontrolle) = 23	Einnahme von vier isokalorischen Diäten für jeweils fünf Wochen HAD (33% total fat, 12% SFA, 17% proteins, 20g beef per day) DASH (27% total fat, 6% SFA, 18% protein, 28g beef per day) BOLD (28% total fat, 6% SFA; 19% protein, 113g beef per day) BOLD + (28% total fat, 6% SFA, 27% protein, 153g beef per day) Eine Woche Pause zwischen den Diätenwechseln Tägliches Wiegen, um Kalorienanpassung vorzunehmen, falls Ab- oder Zunahmen erfolgten	Eine der jeweils anderen Diäten, die Reihenfolge der Diäten erfolgte randomisiert	- Systolischer Blutdruck konnte im Vergleich zu der BOLD+ und der HAD-Diät um 4,2 mmHg signifikant reduziert werden (p < 0,01) - Keine signifikanten Unterschiede beim Diastolischen Blutdruck zwischen der DASH, BOLD oder BOLD+ Diät - bei einer weiteren Untersuchung der Ergebnisse nach Einteilung der Probanden nach Alter (Frauen >55 Jahren, Männer >45 Jahren) wurde deutlich, dass sich der AI signifikant bei jüngeren aber nicht bei älteren Individuen verringerte - mageres Fleisch (113g pro Tag) als Hauptproteinquelle reduzierte SBP von Probanden mit normalem Blutdruck, verglichen zu den Diäten mit geringerem Proteinanteil und größerem Kohlenhydrat- und Fettanteil - Ergebnisse lassen vermuten, dass Diäten für die Herzgesundheit, welche Makronährstoffe enthalten, die in magerem Fleisch enthalten sind, sich positiv auf die Vaskuläre Gesundheit auswirken	Randomisierte kontrollierte Studie 4 x fünf Wochen = 20 Wochen Intervention mit jeweils einer Woche Pause zwischen den Diätwechseln, also insgesamt 24 Wochen
---	--	---	---	---	---

Eidesstattliche Erklärung

„Ich versichere, dass ich die vorliegende Arbeit ohne fremde Hilfe selbstständig verfasst und nur die angegebenen Hilfsmittel benutzt habe. Wörtlich oder dem Sinn nach aus anderen Werken entnommene Stellen sind unter Angabe der Quelle kenntlich gemacht.“

Hamburg, den 30.03.2024



Ort, Datum

Frederike Todt