

Hülsenfrüchte in der Humanernährung – gesundheitliche Aspekte

Autoren

Maria Pfeuffer, Helmut F. Erbersdobler, Gerhard Jahreis

Hülsenfrüchte in der Humanernährung - gesundheitliche Aspekte

Einleitung

Unter Hülsenfrüchten (Leguminosen, *legumes*) versteht man die trockenen Samen von Schmetterlingsblütlern. Am weitesten verbreitet sind Sojabohnen, Garten- und andere Erbsenarten, Ackerbohnen und andere Bohnenarten, Linsen, Lupinen und Kichererbsen. Für Europa haben insbesondere Erbsen, Ackerbohnen (Faba-Bohnen), Süß-Lupinen und Sojabohnen wirtschaftliche Bedeutung. Die *Food and Agriculture Organization* (FAO) bezeichnet nur getrocknete Samen (Bohnen, Erbsen, Linsen und Kichererbsen) als *pulses*. Sojabohnen und Erdnüsse werden üblicherweise zu den Ölsaaten gezählt [1].

Die meisten Hülsenfrüchte kann man nicht in roher Form verzehren. Sie enthalten z. T. größere Mengen an Protease-Inhibitoren und Lektinen (Phytohämagglutininen). Ein gängiger Weg, diese Inhaltsstoffe zu reduzieren ist Erhitzen, wie das „Toasten“ (von Sojaschrot), Extrudieren, Backen, Dämpfen und Kochen. Eine ausreichende Erhitzung inaktiviert nicht nur störende Inhaltsstoffe, sondern erhöht durch Denaturierung auch die Verdaulichkeit insbesondere des Proteins.

Alle Inhaltsstoffe (Proteine, Kohlenhydrate, resistente Stärke und Ballaststoffe, Mineralstoffe und Vitamine, sekundäre Pflanzenstoffe) können zur Wirkung der Hülsenfrüchte auf den Stoffwechsel beitragen, isoliert oder im Zusammenwirken mit anderen [2]. Insbesondere mit Blick auf die Sojabohnen wird darüber diskutiert, ob ein möglicher Nutzen auch von genetischen Faktoren bei den Verbrauchern abhängt (Asiaten versus Kaukasier), oder von der Art der Zufuhr (Lebensmittel versus isolierte Inhaltsstoffe als Supplemente) (zitiert in [2]).

Physiologische Effekte und mögliche gesundheitliche Wirkungen können auf der (a) Ebene spezifischer Inhaltsstoffe (z.B. Proteine), (b) der Lebensmittel und ihrer Zubereitungen, oder (c) spezifischer Ernährungsmuster (z.B. mediterran) untersucht werden. Die vorliegende Übersicht stützt sich auf die Befunde von Humanstudien, und zwar weitgehend auf aktuelle Metaanalysen und systematische Übersichtsarbeiten zu randomisierten, kontrollierten Interventionsstudien und Kohortenstudien (Beobachtungsstudien). Daneben werden zusätzlich einige Einzelstudien aufgeführt. Interventionsstudien untersuchen oft die Wirkung einzelner isolierter Inhaltsstoffe, z.B. der Proteine oder sekundärer Inhaltsstoffe (z. B. Sojaisoflavone) auf Stoffwechselfparameter. Befunde zum Einfluss auf das Risiko für verschiedene Krankheiten bzw. Stoffwechselstörungen stammen aus Beobachtungsstudien. Diese können nur die Wirkung eines Lebensmittels insgesamt erfassen, dann aber auch auf darin enthaltene spezifische Inhaltsstoffe umrechnen.

1 Inhaltsstoffe:

Makro(nähr)stoffe

Hülsenfrüchte sind reich an Protein, komplexen Kohlenhydraten und Ballaststoffen (in unterschiedlichen Relationen) sowie Mineralstoffen. Bei Erbsen und Ackerbohnen ist Stärke die Hauptkomponente [3, 4]. Kohlenhydrate der Leguminosen werden jedoch langsam resorbiert und haben somit einen günstigen niedrigen glykämischen Index [5]. Sojabohnen sind arm an verwertbaren Kohlenhydraten, haben jedoch einen beachtlichen Fettgehalt. Lupinen sind proteinreich und haben einen moderat hohen Fettgehalt [4]. Hülsenfrüchte sind reich an entweder einfach oder mehrfach ungesättigten Fettsäuren. Lupinen haben auch ein günstiges Verhältnis von ω 3- zu ω 6-Fettsäuren [3].

Der Fokus der Bewertung liegt üblicherweise auf dem Protein. Dieses ist reich an unentbehrlichen (essentiellen) Aminosäuren. Besonders hervorzuheben ist der relativ hohe Anteil an Lysin. Dadurch eignen sich Hülsenfrüchte, insbesondere Erbsen, Acker- und Sojabohnen sowie Linsen zur Ergänzung der relativ Lysin-armen Getreideproteine. Auch wenn ihre Aminosäuremuster weniger ideal sind als die der tierischen Fleisch- und Milchproteine, so kann durch die Kombination ein ausgewogenes Muster essentieller Aminosäuren erreicht werden [6]. Das Protein der Hülsenfrüchte könnte auch eine Quelle von bioaktiven Peptiden sein. In vitro-Studien haben Peptide mit antioxidativen, blutdrucksenkenden und Krebs-präventiven Wirkungen nachgewiesen [7].

Hülsenfrüchte sind generell ballaststoffreich [1, 3, 4]. Einen besonders hohen Gehalt haben Lupinen [3, 4]. Der Ballaststoffgehalt ist mehr als doppelt so hoch wie in Getreide. Zudem werden sie bei der Zubereitung der Lebensmittel im geringeren Maß „verdünnt“ bzw. „verfeinert“ im Vergleich zu Getreide (z. B. bei der Herstellung von Backwaren). Daher sind Hülsenfrüchte ideal um, zusammen mit Vollkorngetreide, eine ausreichende Versorgung mit Ballaststoffen zu sichern [1].

Mikronährstoffe und sekundäre Pflanzenstoffe

Unter den Mineralstoffen und Vitaminen sind insbesondere Kalium und Kalzium (Lupinen und Soja), Magnesium, Eisen und Zink sowie Vitamin B1 und Folsäure zu erwähnen [4]. Hülsenfrüchte enthalten zudem eine Vielzahl sogenannter sekundärer Pflanzenstoffe. Die wichtigsten Gruppen sind Polyphenole, Tannine, Lignane, Saponine, Alkaloide, Lektine (z. B. Phytohämagglutinin, Phasin), Phytosterole, Enzyminhibitoren (Trypsin- und Chymotrypsin-Inhibitoren, alpha-Amylase-Inhibitoren), Phytinsäuren und Oxalsäure. Zu den Polyphenolen gehören u.a. die Flavonoide und Phenolsäuren [8]. Zu den Untergruppen der Flavonoide gehören wiederum u. a. die Isoflavone (z. B. Genistein und Daidzein), Anthocyanidine, Flavonole (z.B. Quercetin und Kämpferol) und Flavan-3-ole (z.B. Katechine) (Tabelle 1). Viele dieser sekundären Pflanzenstoffe der Hülsenfrüchte haben einen gesundheitlichen Nutzen. Enzyminhibitoren, Lektine und einige andere Stoffe wirken aber auch antinutritiv [9, 10]. Der Puringehalt von Hülsenfrüchten ist moderat hoch (Erbsen, Kichererbsen) bis hoch (Sojabohnen) [11] (Tabelle 1). Zumindest in einer ausgewogenen vegetarischen Ernährung stellen Purine aber kein Problem dar [12]. In einer nationalen Datenerhebung in Taiwan ging ein Mehrverzehr von Sojaprodukten, ebenso wie von Milch, mit niedrigeren Harnsäurespiegeln einher [13].

Der Mineralstoffgehalt der Hülsenfrüchte ist hoch, die Bioverfügbarkeit ist aber eher gering. Phytinsäure hemmt die Absorption von Eisen und Zink und ist somit ebenfalls als antinutritiv zu bewerten. Auch Eisen-bindende Polyphenole, im Besonderen die Tannine, können stören. Deshalb muss ggf. Phytinsäure entfernt, oder Ascorbinsäure zur Verbesserung der Resorption zugegeben werden. Durch verschiedene Verarbeitungsverfahren kann auch die Aktivität von Hülsenfrucht-eigenen Phytasen aktiviert werden [14].

Die Lebensmittelindustrie hat großes Interesse an pflanzlichen Proteinpräparaten (in der Form von Mehlen, Konzentraten oder Isolaten) als Ersatz für die üblicherweise verwendeten, aber knappen und teuren tierischen Proteine. Durch verschiedene Windsichtungsverfahren können Proteine und Ballaststoffe auch an- und abgereichert werden [15]. Bei der Fraktionierung und Isolierung der Proteine aus pflanzlichen Quellen werden jedoch sensorisch aktive sekundäre Pflanzenstoffe mit extrahiert und verbleiben zum Teil bei der anschließenden Präzipitation in der Proteinfraction. Verschiedenste Naturstoffklassen wie z.B. Alkaloide, Saponine, Glucosinolate, Fettsäureabbauprodukte und Polyphenole wurden als mögliche Fehlgeschmackskomponenten (bitter, adstringierend) diskutiert (zitiert in [16]). In einem Forschungsprojekt wurden optimierte

Verfahren zur Gewinnung von Erbsenproteinisolaten entwickelt. Der ursprüngliche Fehlgeschmack war zumindest zum Teil auf Fettsäurederivate zurückzuführen [16].

2 Wirkung auf metabolische Parameter

Entzündungsparameter

Dass Lebensmittel auf Basis von Sojabohnen bzw. Sojaprotein anti-entzündliche Eigenschaften haben wurde mehrfach gezeigt, meist anhand der Wirkung auf die Konzentration des C-reaktiven Proteins (CRP) im Blut [2]. Gemäß einer Metaanalyse senkten Sojaprotein-Supplemente das CRP bei Diabetikern und Personen mit Metabolischem Syndrom. In einer Subgruppen-Analyse zeigte sich der Effekt aber nur bei einer Interventionsdauer von mehr als 6 Monaten [17]. Hülsenfrüchte, Sojabohnen nicht einbezogen, führten nur tendenziell zu niedrigeren Werten [18] (Tabelle 2). In einer Langzeit-Interventionsstudie veränderte weder eine mit Lupinenmehl protein- und ballaststoffangereicherte Reduktionsdiät noch die kohlenhydratreiche Kontrolldiät das CRP [19].

Entzündungsphänomene und Stoffwechselstörungen des Metabolischen Syndroms gehen häufig mit einer verschlechterten Endothelfunktion einher. In einem Belastungstest verhinderte eine Mahlzeit mit gemahlenden Erdnüssen im Vergleich zu einer Kontrollmahlzeit mit Ei-Protein die postprandiale Verschlechterung der Endothelfunktion [20].

Blutlipide

Mehrere zwischen 2003 und 2011 erstellte Metaanalysen fanden, dass Sojaprotein in kontrollierten Interventionsstudien das LDL-Cholesterin relativ zu den jeweiligen Vergleichsproteinen um etwa 4% senkte (zitiert in [21]).

Metaanalysen zeigten, dass Sojaprotein [17, 22, 23] und auch Sojaprodukte [23] das Gesamtcholesterin und LDL-Cholesterin senken, in gemischten Populationen aus Gesunden und solchen mit verschiedenen Stoffwechselstörungen [23] als auch Personen mit Typ 2 Diabetes [17, 22]. Eine Metaanalyse zeigte eine signifikante Verbesserung des HDL-Cholesterins [22], andere beobachteten keinen Effekt [17] oder nur einen günstigen Trend [23]. Darüber hinaus wurden die Triglyzeride teils gesenkt [22, 23], aber nicht immer [17]. Eine Subanalyse fand den Effekt auf das LDL-Cholesterin erst bei einer Interventionsdauer > 6 Monaten, die Wirkung auf das Gesamtcholesterin zeigte sich schon früher [17] (Tabelle 2). Isoflavone hatten keinen Effekt auf die Blutlipide [23].

Auch andere Hülsenfrüchte (Bohnen, Linsen, Erbsen und Kichererbsen), als Lebensmittel verzehrt, senkten in gesunden Populationen und solchen mit verschiedenen Stoffwechselstörungen das LDL-Cholesterin. Die Heterogenität zwischen den Studien war hoch. Der Effekt war ausgeprägter in Studien mit einem höheren Anteil an Männern [24] (Tabelle 2).

In einer 3-monatigen Einzelstudie senkten Hülsenfrüchte (Bohnen, Linsen, Kichererbsen) als Teil einer Diät mit niedrigem glykämischen Index, bei Typ-2-Diabetikern die Triglyzeride signifikant stärker als eine Diät reich an Weizen-Ballaststoffen [25]. Isoliertes Lupinenprotein, in Lebensmittel integriert, senkte in einer Studie das LDL-Cholesterin. Im Vergleich zu Milchprotein war der Effekt jedoch nicht signifikant [26]. In einer weiteren Interventionsstudie wurde die Wirkung von Ballaststoffen aus Lupinen mit denen aus Zitrusfrüchten verglichen. Erstere senkten das LDL-Cholesterin, das Verhältnis LDL-/HDL-Cholesterin und die Triglyzeride signifikant stärker [27].

Glukosestoffwechsel

Eine Metaanalyse zeigte, dass eine Supplementierung mit Sojaprotein bei Diabetikern und Personen mit Metabolischem Syndrom die Nüchtern glukose und die Nüchtern-Insulinkonzentration senkt sowie die Insulinsensitivität (*homeostasis model of assessment for insulin resistance index*, HOMA) verbessert [17]. Eine längere Interventionsdauer > 6 Monate verstärkte den Effekt auf die Blutglukose, aber nicht auf Insulin und HOMA [17]. Gemäß weiterer Metaanalysen senkte der Verzehr von Sojaprodukten die Nüchtern glukose von Diabetikern tendenziell [22] bzw. von Nicht-Diabetikern signifikant [28]. Nüchterninsulin [22, 28] und glykiertes Hämoglobin (HbA1c) [22] wurden nicht verändert, der HOMA-Wert jedoch verbessert [28]. Eine Metaanalyse, Typ 2 Diabetiker betreffend, bei denen tierische Lebensmittel als Proteinquelle durch pflanzliche ersetzt wurden, zeigte eine signifikante Senkung der Nüchtern glukose, des Nüchterninsulins und des HbA1c [29]. Die Effekte waren ausgeprägter bei höhergradigem Austausch, und bei schon länger existierendem Diabetes mellitus Typ 2. Etwa die Hälfte der ausgewerteten Studien verwendete Sojaprodukte als Quelle der pflanzlichen Proteine. Weitere Studien verwendeten andere Hülsenfrüchte allein oder in Kombination, bzw. einmal Nüsse [29] (Tabelle 2).

Eine Metaanalyse wertete Interventionsstudien bei Gesunden, Diabetikern und Hypercholesterinämikern aus, in denen verschiedene Hülsenfrüchte (keine Sojaprodukte) eingesetzt wurden. Die Hülsenfrüchte senkten Nüchtern glukose und Nüchterninsulin signifikant, jedoch nicht Insulinsensitivität (HOMA) und HbA1c. Hülsenfrüchte als Teil einer Diät mit niedrigem glykämischen Index senkten nur das HbA1c. Hülsenfrüchte als Teil einer ballaststoffreichen Diät senkten die Nüchtern glukose und das HbA1c [5]. Viele Faktoren beeinflussten die Höhe des Effekts, u. a. das Vorliegen eines Diabetes, die Menge der verzehrten Hülsenfrüchte, Typ und Zubereitung, Hintergrunddiät sowie die Interventionsdauer [5] (Tabelle 2).

In einer schon erwähnten Einzelstudie senkten Hülsenfrüchte die Nüchtern glukose und das HbA1c signifikant stärker als eine Diät reich an Weizen-Ballaststoffen [25]. Eine mit Lupinenmehlprotein und Ballaststoffen angereicherte Reduktionsdiät senkte in einer 12-monatigen Interventionsstudie das Nüchterninsulin und verbesserte die Insulinsensitivität (HOMA) im Vergleich zu einer kohlenhydratreichen Kontrolldiät [19].

Sättigung

Der Verzehr von Sojaprotein änderte in einzelnen Interventionsstudien die Wahrnehmung von Sättigung nicht stärker als tierische Lebensmittel (zitiert in [2]). Eine Metaanalyse von neun Interventionsstudien zeigte aber, dass nach einer Mahlzeit mit anderen Hülsenfrüchten (Bohnen, Erbsen, Linsen und Lupinen), überwiegend gegen Weißbrot getestet, das Sättigungsgefühl signifikant höher und die Energieaufnahme bei der darauffolgenden Mahlzeit tendenziell geringer war. Darunter waren vier Studien, die Lupinen allein oder zusammen mit Bohnen testeten [30]. Vermutlich fördern der hohe Gehalt an Protein, an Ballaststoffen und, aufgrund einer langsamen Verdauung und Resorption, der niedrige glykämische Index der Hülsenfrüchte diese günstige Wirkung [9]. In einer Interventionsstudie verbesserten Ballaststoffe aus Lupinen das Sättigungsgefühl im Vergleich mit der ballaststoffarmen Kontrolldiät, jeweils am Ende der 4-wöchigen Intervention per Fragebogen erfasst. Ballaststoffe aus Zitrusfrüchten führten zu einer vergleichbaren Verbesserung [27].

Darmgesundheit und Mikrobiota

In den vergangenen Jahren wuchs das Interesse an der Rolle des Darms und der Darmmikroorganismen (Mikrobiota) für die Gesundheit. Die Zusammensetzung der Nahrung beeinflusst die Zusammensetzung und Funktion der Darm-Mikroorganismen [31]. Eine Reihe von Inhaltsstoffen der Hülsenfrüchte werden von den Mikroorganismen im Darm verstoffwechselt. Das

sind Proteine, komplexe, schwer verdauliche Kohlenhydrate (resistente Stärke) und Ballaststoffe sowie Polyphenole, einschließlich der Isoflavone. Die Mikroorganismen gewinnen Energie aus den Inhaltsstoffen selbst bzw. aus den Zwischenprodukten, insbesondere aus den kurzkettigen Fettsäuren (*short chain fatty acids*, SCFA), die beim Abbau der Ballaststoffe entstehen [32].

Besonderes Augenmerk gilt den schwer verdaulichen Kohlenhydraten und Ballaststoffen. Ihr Abbau erhöht das Stuhlvolumen, verkürzt die Darmpassagezeit und senkt, SCFA-bedingt den pH-Wert. Mikrobielle Metabolite (SCFA, sekundäre Gallensäuren und andere) wirken zunächst im Darm selbst. SCFA können, nach Übertritt in die Blutbahn, auch den endogenen Lipid- und Glukosestoffwechsel beeinflussen [9]. Mikrobielle Metabolite können also den Darm und gesamten Wirtsorganismus beeinflussen, hin zu entweder Schutz vor oder Förderung einer Vielzahl von Stoffwechselstörungen und Krankheiten. Dazu gehören auch Entzündungsgeschehen und Immundefunktion [32].

In einer Kurz-Interventionsstudie, in der die Basisdiät mit Ballaststoffen aus blauer Lupine bzw. Zitrusfrüchten supplementiert wurde, erhöhten beide die Stuhlmasse und die Konzentration an SCFA, und senkten die der Gallensäuren im Stuhl. Die Effekte waren signifikant oder zeigten zumindest eine solche Tendenz [33]. Eine Beobachtungsstudie zeigte, dass eine ballaststoffreiche vegetarische Ernährung, die den Verzehr von Hülsenfrüchten mit einschließt (Kinder in Burkina Faso), zu einer größeren Diversität und einem anderen (günstigeren) Muster der Mikrobiota führt als eine typische westliche Ernährung, in der tierische Lebensmittel dominieren (Kinder in Italien). Auch war die Konzentration der SCFA im Stuhl im ersten Fall höher [32].

3 Stoffwechselstörungen und Krankheitsrisiken

3.1 Metabolisches Syndrom (MetS) und assoziierte Störungen

Vom MetS spricht man, wenn drei oder mehr der folgenden Stoffwechselstörungen nebeneinander vorliegen: gestörter Lipidstoffwechsel (niedriges HDL-Cholesterin, hohe Nüchterntriglyzeride), Bluthochdruck, (bauchbetontes) Übergewicht, und Diabetes mellitus Typ 2. Übergewicht steht meist am Beginn der Entwicklung. Insulinresistenz/ gestörte Insulinsensitivität ist ein zentrales Phänomen. Die Ausbildung eines MetS resultiert in einem überproportional höheren Risiko für Herz-Kreislauf-Erkrankungen (HKE) [34].

Übergewicht/Adipositas

Weltweit hat sich die Zahl der Adipösen seit 1980 nahezu verdoppelt. Adipositas ist inzwischen auch in vielen Entwicklungsländern ein ernsthaftes Problem. In Deutschland sind 59% der Männer und 37% der Frauen übergewichtig oder gar adipös [35].

Ein möglicher Nutzen der Hülsenfrüchte ergibt sich aus deren Sättigungswirkung. Zwei Metaanalysen, die Interventionsstudien mit Sojaprotein [17] bzw. mit Sojaprotein oder Sojaprodukten erfassten [36], fanden keinen Einfluss auf das Körpergewicht. Bei schwer Adipösen (*body mass index*, BMI > 30) und bei Verzehrsmengen über 40 g/Tag war das Gewicht sogar erhöht. Die Ethnie (Kaukasier oder Asiaten) hatte keinen Einfluss auf das Ergebnis [36].

Der Verzehr anderer Hülsenfrüchte (überwiegend Bohnen bzw. ein Mix verschiedener Hülsenfrüchte, kein Soja) führte gemäß einer Metaanalyse zu einem signifikant niedrigeren Körpergewicht. Der Effekt war deutlicher ausgeprägt in Reduktionsdiäten (i.e. bei negativer Energiebilanz) [37]. Eine Metaanalyse nur für Kidneybohnen (*Phaseolus vulgaris*, drei Studien) zeigte zwar keine Reduktion des Körpergewichts, aber eine Reduzierung des Körperfetts [38] (Tabelle 2). Eine mit Lupinenmehl

protein- und ballaststoffangereicherte Reduktionsdiät senkte in einer 12-monatigen Interventionsstudie das Körpergewicht von Übergewichtigen nicht signifikant stärker als eine kohlenhydratreiche Kontrolldiät [19]. In einer anderen schon erwähnten Einzelstudie senkten jedoch Hülsenfrüchte das Körpergewicht signifikant stärker als eine Diät reich an Weizen-Ballaststoffen [25].

Eine Auswertung dreier großer Kohortenstudien in den USA, der *Nurses' Health Study* (NHS) I und II sowie der *Health Professionals Follow-Up Study* (HPFS) zeigte, dass Mehrverzehr an Gemüse insgesamt, an Gemüse mit niedrigem glykämischen Index (Hülsenfrüchte eingeschlossen) als auch an Soja/Tofu, im Beobachtungszeitraum von 4 Jahren, mit einem geringeren Körpergewicht einherging. Für die Lebensmittelgruppe Hülsenfrüchte (*Legumes*) allein gab es keinen Effekt [39]. In einer weiteren US-Kohorte von zu Beginn normalgewichtigen Frauen, über 16 Jahre beobachtet, ging ein höherer Verzehr von Hülsenfrüchten (Soja mit erfasst) mit einer geringeren Wahrscheinlichkeit einher, übergewichtig oder adipös zu werden [40]. Diese Studie ist Teil einer Metaanalyse [41] (Tabelle 3).

Bluthochdruck

Etwa ein Drittel der erwachsenen Bevölkerung in westlichen Industriegesellschaften hat einen zu hohen Blutdruck [42]. Gemäß einer Metaanalyse senkte der Verzehr von Sojaprotein, verglichen mit verschiedenen Kontrolldiäten, den systolischen und diastolischen Blutdruck. Der Effekt war stärker ausgeprägt bei Hypertonikern als bei Personen mit normalem Blutdruck [43]. Gemäß einer anderen Metaanalyse senkte Sojaprotein bei Diabetikern und Personen mit Metabolischem Syndrom den diastolischen, aber nicht den systolischen Blutdruck [17] (Tabelle 2).

Eine weitere Metaanalyse fand eine signifikante Senkung des systolischen und eine schwächere, nicht signifikante Senkung des diastolischen Blutdrucks durch Verzehr von Hülsenfrüchten (keine Sojaprodukte) [44] (Tabelle 2). Eine mit Lupinenmehl protein- und ballaststoffangereicherte Reduktionsdiät senkte in einer Langzeit-Intervention den systolischen und diastolischen Blutdruck signifikant stärker als eine kohlenhydratreiche Kontrolldiät [19], ebenso wie Hülsenfrüchte in einer anderen schon erwähnten Einzelstudie [25].

Eine Metaanalyse fand, dass ein Mehrverzehr von Hülsenfrüchten das Risiko von Bluthochdruck senkt. Bei 75 g Hülsenfrüchte/Tag ergab sich eine Risikoreduktion um 5% [45] (Tabelle 3). Die Auswertung der drei US-Kohorten NHS I, NHS II und HPFS über 20 Jahre zeigte, dass zwar ein Mehrverzehr von Soja/Tofu das Risiko von Bluthochdruck senkt, höherer Verzehr von Erbsen und Limabohnen oder Bohnen/Linsen jedoch nicht [46].

Diabetes mellitus Typ 2

Die Prävalenz von Diabetes mellitus Typ 2 steigt in verschiedenen Regionen der Welt stark an, in industrialisierten wie auch in Schwellenländern. Zwei Metaanalysen über Kohortenstudien zeigten ein signifikant geringeres Diabetesrisiko bei Mehrverzehr von Sojaprodukten bei Männern und Frauen [47] bzw. nur bei Frauen [48] (Tabelle 3).

Eine weitere Metaanalyse fand eine moderat inverse Beziehung zwischen höherem Verzehr von Hülsenfrüchten (*Legumes*, Sojaprodukte eingeschlossen) und Diabetesrisiko [49]. Gemäß einer anderen Metaanalyse ging ein höherer Verzehr von Hülsenfrüchten (keine Sojaprodukte) nicht mit einem signifikant niedrigeren Diabetesrisiko einher. Allerdings basiert sie auf nur zwei Einzelstudien [50] (Tabelle 3). In der PREDIMED-Kohorte in Spanien jedoch zeigte sich eine signifikant inverse Beziehung zwischen dem Verzehr von Hülsenfrüchten insgesamt ($p < 0,05$) als auch Linsen allein ($p = 0,05$) und dem Diabetesrisiko [51].

Fettleber

Eine nichtalkoholische Fettleber, beginnend mit einer Steatose (i.e. vermehrte Einlagerung von Triglyzeriden in die Leberzellen) ist oft die Folge von Übergewicht und geht mit weiteren Komponenten des MetS einher [52]. In einer Humanstudie (LeguAN) bei Typ-2-Diabetikern verbesserte eine Hochproteindiät, über 6 Wochen gegeben, nicht nur Marker des Glukosestoffwechsels, sondern senkte auch den Fettgehalt der Leber. Das galt aber gleichermaßen für die Diät mit überwiegend pflanzlichen Proteinen (Erbsenprotein) als auch die Kontrolldiät mit überwiegend tierischen Proteinen [53].

3.2 Schlaganfall, Koronare Herzerkrankung (KHK), Herz-Kreislauf-Erkrankungen (HKE)

Schlaganfall

Zwei aktuelle Metaanalysen zur Wirkung des Soja-Verzehrs auf das Schlaganfallrisiko fanden nur auf Basis von Fall-Kontrollstudien eine inverse Beziehung zwischen Sojaverzehr und Schlaganfallrisiko. In Kohortenstudien zeigte sich hingegen kein Effekt [54, 55] (Tabelle 3).

Für Hülsenfrüchte allgemein fanden vier Metaanalysen keinen Einfluss auf das Schlaganfallrisiko, unabhängig davon ob Sojaprodukte mit berücksichtigt wurden [56-58] oder nicht [50] (Tabelle 3). Das wurde in einer großen Einzel-Kohortenstudie (PURE) bestätigt, die über 135.000 Personen in 18 Ländern über im Mittel 7,4 Jahre lang beobachtet hatte [59].

Koronare Herzerkrankung

Eine mögliche günstige Wirkung von Sojabohnen auf das Risiko von KHK und HKE wird zuallererst erklärt durch die Wirkung auf die Blutlipide. So hatte die *US Food and Drug Administration* (FDA) 1999 einen Health Claim von Soja als Lebensmitteln für KHK aufgrund ihrer Cholesterin-senkenden Wirkung zugelassen (zitiert in [21]). Aber auch die Wirkung auf Entzündungsgeschehen, Blutdruck, Körpergewicht und Glukosestoffwechsel wird als Erklärung in Betracht gezogen [2]. Diese Einschätzung gilt ebenso für andere Hülsenfrüchte [60].

Zwei Metaanalysen zur Wirkung des Sojaverzehrs auf das KHK-Risiko fanden, wie schon für das Schlaganfallrisiko, nur auf Basis von Fall-Kontrollstudien eine inverse Beziehung zwischen Verzehr und KHK-Risiko. In Kohortenstudien zeigte sich kein Effekt [54, 55] (Tabelle 3).

Für Hülsenfrüchte allgemein, Sojaprodukte eingeschlossen, fanden zwei Metaanalysen [57, 58] eine signifikant inverse Beziehung zwischen Verzehr und KHK-Risiko. Das galt auch für Hülsenfrüchte ohne Sojaprodukte [50] (Tabelle 3). Die Einzel-Kohortenstudie PURE in 18 Ländern fand für Herzinfarkte keine Assoziation [59].

Herz-Kreislaufferkrankungen

Eine Metaanalyse zur Wirkung des Sojaverzehrs auf das HKE-Risiko fand, wie schon für Schlaganfall- und KHK-Risiko, nur auf Basis von Fall-Kontrollstudien eine Risikoreduktion, aber nicht auf Basis von Kohortenstudien. Für Fall-Kontroll- und Kohortenstudien zusammengenommen blieb die Risikoreduktion signifikant (RR 0,83 (95% CI 0,75 – 0,93)) [54] (Tabelle 3).

Für Hülsenfrüchte allgemein fand eine Metaanalyse [57] eine signifikant inverse Beziehung zwischen Verzehr und HKE-Risiko. Eine andere fand keine Assoziation zwischen Verzehr und HKE-Todesfällen,

jedoch eine inverse Assoziation zwischen Verzehr und Todesfällen insgesamt [61] (Tabelle 3). Die Einzel-Kohortenstudie PURE fand für HKE-Erkrankungen als auch HKE-Todesfälle nur ein tendenziell geringeres Risiko [59].

3.3 Krebs

Die Entstehung von Krebs ist ein komplexer, multifaktorieller und meistens langsam fortschreitender Prozess. Dies macht das Erkennen kausaler Zusammenhänge besonders schwierig. Für Krebs, wie auch für die Gesamtheit der kardiovaskulären Erkrankungen, werden Übergewicht und metabolische Entgleisungen als wichtige Ursachen diskutiert [35]. Die häufigsten sind Brustkrebs bei Frauen, Prostatakrebs bei Männern sowie Darmkrebs. Die Deutsche Gesellschaft für Ernährung (DGE) und die *World Cancer Research Foundation* (WCRF) aktualisieren kontinuierlich die Literatur zum Zusammenhang zwischen Ernährung und dem Risiko für verschiedene Krebsarten.

Hülsenfrüchte haben einen niedrigen glykämischen Index und sind generell ballaststoffreich. Eine durch Verzehr von Ballaststoffen bedingte höhere Stuhlmasse und die damit verbundene Verdünnung von Karzinogenen im Darm ist ein Mechanismus, über den diese wahrscheinlich das Risiko für **Darmkrebs** reduzieren [33, 62]. Eine Metaanalyse fand ein niedrigeres Darmkrebsrisiko bei höherem Verzehr von Sojaprodukten [63], eine andere nur einen entsprechenden Trend [64]. Die inverse Assoziation war in einer Subanalyse auf Kohorten aus asiatischen Ländern beschränkt [63]. Für Hülsenfrüchte insgesamt, Sojaprodukte ggf. eingeschlossen, zeigte sich teils keine Assoziation [65, 66]. Nur eine Auswertung, die mehr Einzelstudien einbezog, fand eine signifikant inverse Assoziation [63] (Tabelle 3). Basierend auf der Studie von Vieira et al., die die gesamte Breite von Lebensmitteln abdeckt [65], folgert die *World Cancer Research Foundation*, dass der Verzehr von Hülsenfrüchten das Darmkrebsrisiko nicht beeinflusst.

Andere Metaanalysen zeigten ein signifikant niedrigeres Risiko von Darmkrebs bei höherem Verzehr von Ballaststoffen aus allen Quellen (RR 0,90 (95% CI 0,86 – 0,94), n = 16) [62]. Für Ballaststoffe aus Hülsenfrüchten deutete sich eine inverse Assoziation an [62] bzw. war marginal signifikant [63] (Tabelle 3).

Gemäß einer Metaanalyse ging ein höherer Verzehr von Soja mit einem geringeren Risiko von **Prostatakrebs** einher, und zwar in Kohorten- als auch in Fall-Kontroll-Studien [67]. Auch höherer Verzehr von Hülsenfrüchten insgesamt (Sojaprodukte eingeschlossen) ging mit einem signifikant niedrigeren Risiko einher [68]. Weitere Metaanalysen fanden jedoch keine Assoziation zwischen Sojaverzehr und Prostatakrebsrisiko auf der Basis von fünf Kohortenstudien sowie zwischen dem Verzehr von Nicht-Soja-Hülsenfrüchten und Prostatakrebsrisiko auf der Basis von nur zwei Einzelstudien [68] (Tabelle 3). In einer Kohorte in Frankreich zeigte sich aber eine inverse Assoziation, gleich ob Sojaprodukte mit eingeschlossen waren oder nicht [69].

Gemäß einer Metaanalyse zu Kohortenstudien ging ein höherer Verzehr von Sojaprodukten zumindest tendenziell mit einem geringeren Risiko für **Brustkrebs** einher [70]. Eine andere Metaanalyse, überwiegend auf Fall-Kontrollstudien basierend, untersuchte die Assoziation zwischen Krebsrisiko und dem Verzehr von Sojaisoflavonen (teils mittels Serumspiegeln und Ausscheidung im Harn kalkuliert) und in einer Subanalyse auch mit dem von Soja-Lebensmitteln bei prä- und postmenopausalen Frauen [71] (Tabelle 3). Es zeigte sich, sowohl für Isoflavone insgesamt als auch für Sojalebensmittel, in beiden Gruppen eine signifikant inverse Assoziation zwischen Verzehr und

Krebsrisiko. Diese inverse Assoziation zwischen Isoflavonzufuhr und Krebsrisiko bestätigte sich in einer Subanalyse aber nur für asiatische Frauen, nicht aber für Frauen aus westlichen Ländern [71]. Der Verzehr von Sojaprodukten ging auch mit einem geringeren Risiko für **Magenkrebs** einher [64] (Tabelle 3).

3.4 Hülsenfrüchte als Komponente gesunder Ernährungsmuster

Der wissenschaftliche Bericht 2015 des *Dietary Guidelines Advisory Committee* (DGAC) [72] für die USA bestätigte erstmals den gesundheitlichen Nutzen sogenannter gesunder Ernährungsmuster (*healthy diets*). Beispiele sind der *Healthy Eating Index* (HEI) und *Alternative Healthy Eating Index* (AHEI), das *Dietary Approaches to Stop Hypertension* (DASH) Muster, und die Mediterrane Diät. Ernährungsmuster mit gesundheitlichen Nutzen sind reich an Gemüse, Obst, Vollkornprodukten, Fisch, Hülsenfrüchten und Nüssen, moderat reich an Milchprodukten, ärmer an rotem Fleisch und Fleischprodukten; und arm an Zucker-gesüßten Lebensmitteln, Getränken und Weißmehl [72]. Auch den vielfältigen Varianten vegetarischer Ernährungsmuster ist gemeinsam, dass sie alle die Betonung auf pflanzliche Lebensmittel legen, insbesondere Obst und Gemüse, Hülsenfrüchte, Nüsse und Vollkornprodukte.

Eine Metaanalyse zu Interventionsstudien zeigte, dass gesunde Ernährungsmuster (DASH, Nordic Diet, Mediterrane Diät) den Blutdruck senken [73] (Tabelle 2). Eine Metaanalyse zu Kohortenstudien zeigte, dass gesunde Diäten (DASH, AHEI, Mediterrane Diät) das Diabetesrisiko senken [74], und eine weitere zeigte, dass höhere Adhärenz zur mediterranen Diät das Risiko von HKE senkt, und zwar sowohl KHE, Herzinfarkt als auch Schlaganfall [75] (Tabelle 3). Der protektive Effekt ließ sich insbesondere durch die Komponenten Olivenöl, Gemüse, und Hülsenfrüchte erklären [75]. Möglicherweise ist der Schutzeffekt vor KHE und HKE bei höherem Verzehr von Hülsenfrüchten auch darauf zurückzuführen, dass diese z. B. rotes Fleisch als Proteinquelle ersetzen [57].

Für Deutschland haben die Nationalen Verzehrstudien I und II den Verzehr von Hülsenfrüchten nicht separat erfasst. Der Ernährungsbericht 2016 nennt einen durchschnittlichen Verbrauch von 600 g pro Kopf und Jahr [35]. In Frankreich lag der mittlere Verzehr von (trockenen) Hülsenfrüchten bei 35-54-jährigen Männern im Mittel bei 11,6 g/Tag [76], in Italien bei den 18-65-jährigen Männern bei 11,7 g/Tag [77]. Der Verzehr von Gemüse (ohne Kartoffeln) und Früchten lag parallel dazu in Frankreich bei 137,8 g/Tag bzw. 191,5 g/Tag [76] und in Italien bei 232,6 g/Tag bzw. 200 g/Tag [77]. Der Verzehr bei Frauen unterschied sich geringfügig. In den für eine Metaanalyse erfassten 21 Kohorten in den USA, Europa und Asien lag der Verzehr von Ballaststoffen insgesamt zwischen 6,3 und 21,4 g/Tag, der von Hülsenfrucht-Ballaststoffen zwischen 1,3 und 3,8 g/Tag [62].

Abschließende Bewertung

Die Auswertung der verfügbaren Metanalysen zum Einfluss von Hülsenfrüchten auf Stoffwechselstörungen und Erkrankungsrisiko in Kohortenstudien und Fall-Kontrollstudien ergab ein mittleres relatives Risiko (95% CI) von ≤ 1.0 (außer einer Studie mit 1,01). Dieses Ergebnis unterstreicht die Richtigkeit des von vielen Ernährungsgesellschaften empfohlenen Verzehrs oder Mehrverzehrs von Hülsenfrüchten als Bestandteil eines gesundheitsfördernden Ernährungsmusters.

Unabhängig von ihrem gesundheitlichen Nutzen sind Leguminosen ein wichtiger Baustein der nachhaltigen Landwirtschaft. Leguminosen haben eine besonders positive Wirkung auf die

Bodenfruchtbarkeit, nicht zuletzt, weil sie mithilfe der symbiontischen Knöllchenbakterien in ihren Wurzeln Luft-Stickstoff fixieren und somit auch für andere Pflanzen verfügbar machen. Dies verbessert die Bodenfruchtbarkeit und reduziert den Bedarf an Düngemitteln. In seinem Bericht 2015 thematisierte das *Dietary Guidelines Advisory Committee* zum ersten Mal den Begriff nachhaltige Ernährung (*sustainable diets*) [72]. Im Jahr 2019 veröffentlichte die *Eat-Lancet*-Kommission den Bericht „*Planetary Health Diet*“, mit einem Konzept eines gesunden, nachhaltigen und gleichzeitig umwelt- und klimaschonenden Ernährungsmusters (*healthy reference diet*). Dieses ist, bei großer Variationsbreite, immer pflanzenbetont, und Hülsenfrüchte sind eine Kernkomponente darin [78].

Referenzen

1. Thompson HJ, Brick MA (2016) Perspective: closing the dietary fiber gap: an ancient solution for a 21st century problem. *Adv Nutr* 7(4): 623-626
2. Ramdath DD, Padhi EM, Sarfaraz S, et al. (2017) Beyond the cholesterol-lowering effect of soy protein: a review of the effects of dietary soy and its constituents on risk factors for cardiovascular disease. *Nutrients* 9(4): E324
3. Jahreis G, Brese M, Leiterer M, et al. (2016) Legume flours: nutritionally important sources of protein and dietary fiber. *Ernahrungs Umschau* 63(02): 36-42
4. Erbersdobler HF, Barth CA, Jahreis G (2017) Legumes in human nutrition. Nutrient content and protein quality of pulses. *Ernahrungs Umschau* 64(9): 134-139
5. Sievenpiper JL, Kendall CW, Esfahani A, et al. (2009) Effect of non-oil-seed pulses on glycaemic control: a systematic review and meta-analysis of randomised controlled experimental trials in people with and without diabetes. *Diabetologia* 52(8): 1479-1495
6. Erbersdobler HF, Barth CA, Jahreis G (2017) Legumes in human nutrition. Nutrient content and protein quality of pulses. *Ernahrungs Umschau* 64(10): 140-144
7. Lopez-Barrios L, Gutierrez-Urbe JA, Serna-Saldivar SO (2014) Bioactive peptides and hydrolysates from pulses and their potential use as functional ingredients. *J Food Sci* 79(3): R273-283
8. Neugart S, Rohn S, Schreiner M (2015) Identification of complex, naturally occurring flavonoid glycosides in *Vicia faba* and *Pisum sativum* leaves by HPLC-DAD-ESI-MSn and the genotypic effect on their flavonoid profile. *Food Res Int* 76: 114-121
9. Kouris-Blazos A, Belski R (2016) Health benefits of legumes and pulses with a focus on Australian sweet lupins. *Asia Pac J Clin Nutr* 25(1): 1-17
10. Champ MM (2002) Non-nutrient bioactive substances of pulses. *Br J Nutr* 88 Suppl 3: S307-319
11. Souci SW, Fachmann W, Kraut H. Die Zusammensetzung der Lebensmittel. Nährwert Tabellen. Wissenschaftliche Verlagsgesellschaft mbH, Stuttgart (2016).
12. Jakse B, Jakse B, Pajek M, et al. (2019) Uric acid and plant-based nutrition. *Nutrients* 11(8): 1736
13. Chuang SY, Lee SC, Hsieh YT, et al. (2011) Trends in hyperuricemia and gout prevalence: Nutrition and Health Survey in Taiwan from 1993-1996 to 2005-2008. *Asia Pac J Clin Nutr* 20(2): 301-308
14. Sandberg AS (2002) Bioavailability of minerals in legumes. *Br J Nutr* 88 Suppl 3: S281-285
15. Reinkensmeier A, Bußler S, Schlüter O, et al. (2015) Characterization of individual proteins in pea protein isolates and air classified samples. *Food Res Int* 76: 160-167
16. Gläser P, Dawid C, Meister S, et al. (2019) Molecularization of bitter off-taste compounds in pea protein isolates (*Pisum sativum* L.). *J Agric Food Chem*: submitted

17. Zhang XM, Zhang YB, Chi MH (2016) Soy protein supplementation reduces clinical indices in type 2 diabetes and metabolic syndrome. *Yonsei Med J* 57(3): 681-689
18. Salehi-Abargouei A, Saraf-Bank S, Bellissimo N, et al. (2015) Effects of non-soy legume consumption on C-reactive protein: a systematic review and meta-analysis. *Nutrition* 31(5): 631-639
19. Belski R, Mori TA, Puddey IB, et al. (2011) Effects of lupin-enriched foods on body composition and cardiovascular disease risk factors: a 12-month randomized controlled weight loss trial. *Int J Obes (Lond)* 35(6): 810-819
20. Liu X, Hill AM, West SG, et al. (2017) Acute peanut consumption alters postprandial lipids and vascular responses in healthy overweight or obese men. *J Nutr* 147(5): 835-840
21. Messina M, Messina V, Jenkins DJ (2012) Can breast cancer patients use soyfoods to help reduce risk of CHD? *Br J Nutr* 108(5): 810-819
22. Yang B, Chen Y, Xu T, et al. (2011) Systematic review and meta-analysis of soy products consumption in patients with type 2 diabetes mellitus. *Asia Pac J Clin Nutr* 20(4): 593-602
23. Tokede OA, Onabanjo TA, Yansane A, et al. (2015) Soya products and serum lipids: a meta-analysis of randomised controlled trials. *Br J Nutr* 114(6): 831-843
24. Ha V, Sievenpiper JL, De Souza RJ, et al. (2014) Effect of dietary pulse intake on established therapeutic lipid targets for cardiovascular risk reduction: a systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials. *Cmaj* 186(8): E252-262
25. Jenkins DJ, Kendall CW, Augustin LS, et al. (2012) Effect of legumes as part of a low glycemic index diet on glycemic control and cardiovascular risk factors in type 2 diabetes mellitus: a randomized controlled trial. *Arch Intern Med* 172(21): 1653-1660
26. Bähr M, Fechner A, Kiehntopf M, et al. (2015) Consuming a mixed diet enriched with lupin protein beneficially affects plasma lipids in hypercholesterolemic subjects: a randomized controlled trial. *Clin Nutr* 34(1): 7-14
27. Fechner A, Kiehntopf M, Jahreis G (2014) The formation of short-chain fatty acids is positively associated with the blood lipid-lowering effect of lupin kernel fiber in moderately hypercholesterolemic adults. *J Nutr* 144(5): 599-607
28. Liu ZM, Chen YM, Ho SC (2011) Effects of soy intake on glycemic control: a meta-analysis of randomized controlled trials. *Am J Clin Nutr* 93(5): 1092-1101
29. Vigiouliou E, Stewart SE, Jayalath VH, et al. (2015) Effect of replacing animal protein with plant protein on glycemic control in diabetes: a systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials. *Nutrients* 7(12): 9804-9824
30. Li SS, Kendall CW, De Souza RJ, et al. (2014) Dietary pulses, satiety and food intake: a systematic review and meta-analysis of acute feeding trials. *Obesity (Silver Spring)* 22(8): 1773-1780
31. Marchesi JR, Adams DH, Fava F, et al. (2016) The gut microbiota and host health: a new clinical frontier. *Gut* 65(2): 330-339
32. Simpson HL, Campbell BJ (2015) Review article: dietary fibre-microbiota interactions. *Aliment Pharmacol Ther* 42(2): 158-179
33. Fechner A, Fenske K, Jahreis G (2013) Effects of legume kernel fibres and citrus fibre on putative risk factors for colorectal cancer: a randomised, double-blind, crossover human intervention trial. *Nutr J* 12: 101
34. Paoletti R, Bolego C, Poli A, et al. (2006) Metabolic syndrome, inflammation and atherosclerosis. *Vasc Health Risk Manag* 2(2): 145-152
35. Deutsche Gesellschaft für Ernährung (Hg.) *Ernährungsbericht 2016*. Köllen Druck + Verlag GmbH, Bonn.
36. Akhlaghi M, Zare M, Nouripour F (2017) Effect of soy and soy isoflavones on obesity-related anthropometric measures: a systematic review and meta-analysis of randomized controlled clinical trials. *Adv Nutr* 8(5): 705-717
37. Kim SJ, De Souza RJ, Choo VL, et al. (2016) Effects of dietary pulse consumption on body weight: a systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials. *Am J Clin Nutr* 103(5): 1213-1223

38. Onakpoya I,Aldaas S,Terry R, et al. (2011) The efficacy of Phaseolus vulgaris as a weight-loss supplement: a systematic review and meta-analysis of randomised clinical trials. *Br J Nutr* 106(2): 196-202
39. Bertioia ML,Mukamal KJ,Cahill LE, et al. (2015) Changes in intake of fruits and vegetables and weight change in United States men and women followed for up to 24 years: analysis from three prospective cohort studies. *tPLoS Med* 12(9): e1001878
40. Rautiainen S,Wang L,Lee IM, et al. (2015) Higher intake of fruit, but not vegetables or fiber, at baseline is associated with lower risk of becoming overweight or obese in middle-aged and older women of normal BMI at baseline. *J Nutr* 145(5): 960-968
41. Schlesinger S,Neuenschwander M,Schwedhelm C, et al. (2019) Food groups and risk of overweight, obesity, and weight gain: a systematic review and dose-response meta-analysis of prospective studies. *Adv Nutr* 10(2): 205-218
42. Ralston RA,Lee JH,Truby H, et al. (2012) A systematic review and meta-analysis of elevated blood pressure and consumption of dairy foods. *J Hum Hypertens* 26(1): 3-13
43. Dong JY,Tong X,Wu ZW, et al. (2011) Effect of soya protein on blood pressure: a meta-analysis of randomised controlled trials. *Br J Nutr* 106(3): 317-326
44. Jayalath VH,De Souza RJ,Sievenpiper JL, et al. (2014) Effect of dietary pulses on blood pressure: a systematic review and meta-analysis of controlled feeding trials. *Am J Hypertens* 27(1): 56-64
45. Schwingshackl L,Schwedhelm C,Hoffmann G, et al. (2017) Food groups and risk of hypertension: a systematic review and dose-response meta-analysis of prospective studies. *Adv Nutr* 8(6): 793-803
46. Borgi L,Muraki I,Satija A, et al. (2016) Fruit and vegetable consumption and the incidence of hypertension in three prospective cohort studies. *Hypertension* 67(2): 288-293
47. Li W,Ruan W,Peng Y, et al. (2018) Soy and the risk of type 2 diabetes mellitus: A systematic review and meta-analysis of observational studies. *Diabetes Res Clin Pract* 137: 190-199
48. Tian S,Xu Q,Jiang R, et al. (2017) Dietary protein consumption and the risk of type 2 diabetes: a systematic review and meta-analysis of cohort studies. *Nutrients* 9(9): 982
49. Schwingshackl L,Hoffmann G,Lampousi AM, et al. (2017) Food groups and risk of type 2 diabetes mellitus: a systematic review and meta-analysis of prospective studies. *Eur J Epidemiol* 32(5): 363-375
50. Afshin A,Micha R,Khatibzadeh S, et al. (2014) Consumption of nuts and legumes and risk of incident ischemic heart disease, stroke, and diabetes: a systematic review and meta-analysis. *Am J Clin Nutr* 100(1): 278-288
51. Becerra-Tomas N,Diaz-Lopez A,Rosique-Esteban N, et al. (2018) Legume consumption is inversely associated with type 2 diabetes incidence in adults: A prospective assessment from the PREDIMED study. *Clin Nutr* 37(3): 906-913
52. Pacifico L,Nobili V,Anania C, et al. (2011) Pediatric nonalcoholic fatty liver disease, metabolic syndrome and cardiovascular risk. *World J Gastroenterol* 17(26): 3082-3091
53. Markova M,Pivovarova O,Hornemann S, et al. (2017) Isocaloric diets high in animal or plant protein reduce liver fat and inflammation in individuals with type 2 diabetes. *Gastroenterology* 152(3): 571-585.e578
54. Yan Z,Zhang X,Li C, et al. (2017) Association between consumption of soy and risk of cardiovascular disease: A meta-analysis of observational studies. *Eur J Prev Cardiol* 24(7): 735-747
55. Lou D,Li Y,Yan G, et al. (2016) Soy consumption with risk of coronary heart disease and stroke: a meta-analysis of observational studies. *Neuroepidemiology* 46(4): 242-252
56. Shi ZQ,Tang JJ,Wu H, et al. (2014) Consumption of nuts and legumes and risk of stroke: a meta-analysis of prospective cohort studies. *Nutr Metab Cardiovasc Dis* 24(12): 1262-1271
57. Marventano S,Izquierdo Pulido M,Sanchez-Gonzalez C, et al. (2017) Legume consumption and CVD risk: a systematic review and meta-analysis. *Public Health Nutr* 20(2): 245-254

58. Bechthold A,Boeing H,Schwedhelm C, et al. (2019) Food groups and risk of coronary heart disease, stroke and heart failure: A systematic review and dose-response meta-analysis of prospective studies. *Crit Rev Food Sci Nutr* 59(7): 1071-1090
59. Miller V,Mente A,Dehghan M, et al. (2017) Fruit, vegetable, and legume intake, and cardiovascular disease and deaths in 18 countries (PURE): a prospective cohort study. *Lancet* 390(10107): 2037-2049
60. Messina V (2014) Nutritional and health benefits of dried beans. *Am J Clin Nutr* 100 Suppl 1: 437s-442s
61. Li H,Li J,Shen Y, et al. (2017) Legume consumption and all-cause and cardiovascular disease mortality. *Biomed Res Int* 2017: 8450618
62. Aune D,Chan DS,Lau R, et al. (2011) Dietary fibre, whole grains, and risk of colorectal cancer: systematic review and dose-response meta-analysis of prospective studies. *Bmj* 343: d6617
63. Zhu B,Sun Y,Qi L, et al. (2015) Dietary legume consumption reduces risk of colorectal cancer: evidence from a meta-analysis of cohort studies. *Sci Rep* 5: 8797
64. Lu D,Pan C,Ye C, et al. (2017) Meta-analysis of soy consumption and gastrointestinal cancer risk. *Sci Rep* 7(1): 4048
65. Vieira AR,Abar L,Chan DSM, et al. (2017) Foods and beverages and colorectal cancer risk: a systematic review and meta-analysis of cohort studies, an update of the evidence of the WCRF-AICR Continuous Update Project. *Ann Oncol* 28(8): 1788-1802
66. Schwingshackl L,Schwedhelm C,Hoffmann G, et al. (2018) Food groups and risk of colorectal cancer. *Int J Cancer* 142(9): 1748-1758
67. Applegate CC,Rowles JL,Ranard KM, et al. (2018) Soy consumption and the risk of prostate cancer: an updated systematic review and meta-analysis. *Nutrients* 10(1): 40
68. Li J,Mao QQ (2017) Legume intake and risk of prostate cancer: a meta-analysis of prospective cohort studies. *Oncotarget* 8(27): 44776-44784
69. Diallo A,Deschasaux M,Galan P, et al. (2016) Associations between fruit, vegetable and legume intakes and prostate cancer risk: results from the prospective Supplémentation en Vitamines et Minéraux Antioxydants (SU.VI.MAX) cohort. *Br J Nutr* 115(9): 1579-1585
70. Wu J,Zeng R,Huang J, et al. (2016) Dietary protein sources and incidence of breast cancer: a dose-response meta-analysis of prospective studies. *Nutrients* 8(11): 730
71. Chen M,Rao Y,Zheng Y, et al. (2014) Association between soy isoflavone intake and breast cancer risk for pre- and post-menopausal women: a meta-analysis of epidemiological studies. *PLoS One* 9(2): e89288
72. Scientific Report of the 2015 Dietary Guidelines Advisory Committee. Washington, DC: US Departments of Agriculture and Health and Human Services, 2015. https://ods.od.nih.gov/pubs/2015_DGAC_Scientific_Report.pdf.
73. Ndanuko RN,Tapsell LC,Charlton KE, et al. (2016) Dietary patterns and blood pressure in adults: a systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials. *Adv Nutr* 7(1): 76-89
74. Jannasch F, Kroger J,Schulze MB (2017) Dietary patterns and type 2 diabetes: a systematic literature review and meta-analysis of prospective studies. *J Nutr* 147(6): 1174-1182
75. Grosso G,Marventano S,Yang J, et al. (2017) A comprehensive meta-analysis on evidence of Mediterranean diet and cardiovascular disease: Are individual components equal? *Crit Rev Food Sci Nutr* 57(15): 3218-3232
76. Dubuisson C,Lioret S,Touvier M, et al. (2010) Trends in food and nutritional intakes of French adults from 1999 to 2007: results from the INCA surveys. *Br J Nutr* 103(7): 1035-1048
77. Leclercq C,Arcella D,Piccinelli R, et al. (2009) The Italian National Food Consumption Survey INRAN-SCAI 2005-06: main results in terms of food consumption. *Public Health Nutr* 12(12): 2504-2532
78. Willett W,Rockstrom J,Loken B, et al. (2019) Food in the Anthropocene: the EAT-Lancet Commission on healthy diets from sustainable food systems. *Lancet* 393(10170): 447-492
79. Horner HT,Cervantes-Martinez T,Healy R, et al. (2005) Oxalate and phytate concentrations in seeds of soybean cultivars [*Glycine max* (L.) Merr.]. *J Agric Food Chem* 53(20): 7870-7877

80. Malencic D, Cvejic J, Miladinovic J (2012) Polyphenol content and antioxidant properties of colored soybean seeds from central Europe. *J Med Food* 15(1): 89-95
81. Bulatova K, Mazkirat S, Didorenko S, et al. (2019) Trypsin Inhibitor assessment with biochemical and molecular markers in a soybean germplasm collection and hybrid populations for seed quality Improvement. *Agronomy* 9(2): 76

Tabelle 1: Ausgewählte sekundäre Pflanzenstoffe in Hülsenfrüchten

Inhaltsstoffe		Garten- bohnen	Erbsen	Kicher- erbsen	Linsen	Soja- bohnen
Purine	mg/100g ¹	128 ^a	95 ^a	109 ^a	126 ^a	190 ^a
Phytate	g/100g ²	0,2-1,9	0,2-1,3	0,4-1,1	0,4-0,7	0,2-2,2 ^b
Oxalate	g/100g ²	0,1-0,5	(0,7)	0,07	0,16	0,08-0,29 ^b
Polyphenole ³	g/100g ²	0-0,4	0,25	0,1-0,6	1	4,2 ^c
Saponine	g/100g ²	k.A.	0,1-0,3	0,4	0,4-0,5	0,6
Trypsininhibitor Aktivität	TUI ⁴ /mg ²	9,6	5,4-7,8	1-15	8,4	26-74 ^d

aus ^a Souci et al. 2016 [11], ^b Horner et al. 2005 [79], ^c Malencic et al. 2012 [80], ^d Bulatova et al. 2019 [81],
andere aus Champ 2009 [10]. ¹ getrocknete Samen; ² Trockensubstanz; ³ Gesamtwert; ⁴ Units of trypsin inhibited

Tabelle 2: Metanalysen zum Einfluss von Hülsenfrüchten auf Stoffwechselfparameter in Interventionsstudien

Autoren	Probanden ¹	Lebensmittel bzw. Ernährungsmuster	Studien/ Vergleiche	n	Effekt	p-Wert
Entzündungsparameter CRP						
Zhang et al. 2016 [17]	T2D, MetS	Soja	P	7	↓	<0,001
Salehi-Abargoue et al. 2015 [18]	G, HC, ÜG, u.a.	HF o. Soja	LM	8	(↓)	0,07
Blutlipide						
Gesamt-Cholesterin						
Zhang et al. 2016 [17]	T2D, MetS	Soja	P	11	↓	<0,001
Yang et al. 2011 [22]	T2D	Soja	P+LM ²	7	↓	n.a.
Tokede et al. 2015 [23]	G, HC, PM, u.a.	Soja	LM	12	↓	n.a.
LDL-Cholesterin						
Zhang et al. 2016 [17]	T2D, MetS	Soja	P	11	↓	<0,001
Yang et al. 2011 [22]	T2D	Soja	P+LM ²	6	↓	n.a.
Tokede et al. 2015 [23]	G, HC, PM, u.a.	Soja	LM	12	↓	n.a.
Ha et al. 2014 [24]	G, HC, T2D, ÜG, u.a.	HF o. Soja	LM	26	↓	n.a.
HDL-Cholesterin						
Zhang et al. 2016 [17]	T2D, MetS	Soja	P	11	↔	0,55
Yang et al. 2011 [22]	T2D	Soja	P+LM ²	6	↑	n.a.
Tokede et al. 2015 [23]	G, HC, PM	Soja	LM	12	(↑)	n.a.
Triglyzeride						
Zhang et al. 2016 [17]	T2D, MetS	Soja	P	12	↔	0,23
Yang et al. 2011 [22]	T2D	Soja	P+LM ²	7	↓	n.a.
Tokede et al. 2015 [23]	G, HC, PM, u.a.	Soja	LM	12	↓	n.a.
Glukose-Stoffwechsel						
Nüchtern-Glukose						
Zhang et al. 2016 [17]	T2D, MetS	Soja	P	9	↓	0,015
Yang et al. 2011 [22]	T2D	Soja	P+LM ²	4	↔	n.a.
Liu et al. 2011 [28]	T2D, ÜG, u.a.	Soja	LM	9	↓	<0,001
Vigiliouk et al. 2015 [29]	T2D	PF inkl. HF inkl. Soja	LM	8	↓	0,02
Sievenpiper et al. 2009 [5]	G, HC, T2D	HF o. Soja	LM	11	↓	0,003
	G, HC, T2D	HF in niedrig-GI Diät	LM	18	↔	0,57
	G, HC, T2D	HF in hoch-BS Diät	LM	11	↓	<0,001
Nüchtern-Insulin						
Zhang et al. 2016 [17]	T2D, MetS	Soja	P	5	↓	0,005
Yang et al. 2011 [22]	T2D	Soja	P+LM ²	3	↔	n.a.
Liu et al. 2011 [28]	T2D, ÜG, u.a.	Soja	LM	5	↔	0,49
Vigiliouk et al. 2015 [29]	T2D	PF inkl. HF inkl. Soja	LM	5	↓	0,006
Sievenpiper et al. 2009 [5]	G, HC, T2D	HF o. Soja	LM	9	↓	0,03
	G, HC, T2D	HF in niedrig-GI Diät	LM	7	↔	0,61
	G, HC, T2D	HF in hoch-BS Diät	LM	2	↔	0,75
HOMA						
Zhang et al. 2016 [17]	T2D, MetS	Soja	P	3	↓	0,001
Liu et al. 2011 [28]	T2D, ÜG, u.a.	Soja	LM	6	↓	n.a.
Sievenpiper et al. 2009 [5]	G, HC, T2D	HF o. Soja	LM	9	↔	0,12
	G, HC, T2D	HF in niedrig-GI Diät	LM	6	↔	0,70
	G, HC, T2D	HF in hoch-BS Diät	LM	2	↔	0,58
Glykiertes Hämoglobin (HBA1c) bzw. glykiertes Protein³						
Yang et al. 2011 [22]	T2D	Soja	P+LM ²	5	↔	n.a.
Vigiliouk et al. 2015 [29]	T2D	PF inkl. HF inkl. Soja	LM	7	↓	0,009
Sievenpiper et al. 2009 [5]	G, HC, T2D	HF o. Soja	LM	2	↔	0,59
	G, HC, T2D	HF in niedrig-GI Diät	LM	15	↓	0,70
	G, HC, T2D	HF in hoch-BS Diät	LM	7	↓	0,003

Körpergewicht						
Zhang et al. 2016 [17]	T2D, MetS	Soja	P	7	↔	0,47
Akhlaghi et al. 2017 [36]	ÜG, u.a.	Soja	P+LM	21	↔	n.a.
Kim et al. 2016 [37]	ÜG	HF o. Soja	LM	21	↓	0,03
Onakpoya et al. 2011 [38]	ÜG	Kidneybohnen	LM	3	↔	0,10
Blutdruck (sys / dias)						
Dong et al. 2011 [43]	G, HT	Soja	P	27	↓ / ↓	0,02 / 0,01
Zhang et al. 2016 [17]	T2D, MetS	Soja	P	8	↔ / ↓	0,80 / 0,03
Jayalath et al. 2014 [44]	G, HT	HF o. Soja	LM	8	↓ / (↓)	0,03 / 0,17
Ndanuko et al. 2016 [73]	HT, z.T. m T2D, MetS	Mediterr. Diät	LM	3	↓ / ↓	je <0,001
		DASH-Diät	LM	11	↓ / ↓	je <0,001
		Nordic Diet	LM	3	↓ / ↓	je <0,001

Die Testsubstanzen bzw. -lebensmittel wurden gegen jeweils geeignete Kontrollsubstanzen bzw. -diäten getestet.

Abkürzungen: BS, Ballaststoffe; CRP, C-reaktives Protein; DASH, Dietary Approaches to Stop Hypertension; HF, Hülsenfrüchte; inkl., inklusive; GI, glykämischer Index; LM, Lebensmittel; Mediterr., mediterran; P, Protein als Supplement; PF, pflanzliche Lebensmittel; n.a., nicht angegeben; o., ohne.

¹ Abkürzungen Probanden-Charakteristika: G, gesund; HC, Hypercholesterinämie; HT, Bluthochdruck; MetS, Metabolisches Syndrom; PM, postmenopausale Frauen; T2D, Typ 2 Diabetes; ÜG, Übergewicht/Adipositas; u.a., teils auch Probanden mit weiteren Stoffwechselstörungen;

² Tofu oder Miso als Lebensmittel

³ in den Studien von Sievenpieper et al. ist der Parameter Glykiertes Protein angegeben, als HbA1c oder Fructosamin gemessen

Effekt: ↔ kein Effekt; ↓ signifikante Senkung; ↑ signifikante Erhöhung; (↓), (↑) nur Trends

Tabelle 3: Metanalysen zum Einfluss von Hülsenfrüchten auf das Risiko von Stoffwechselstörungen bzw. das Erkrankungsrisiko (einmal Mortalitätsrisiko) in Kohortenstudien und Fall-Kontrollstudien

Autoren	Lebensmittel bzw. Ernährungsmuster		Studien/ Vergleiche Typ n		Relatives Risiko RR (95% CI)	Signifikanz
Übergewicht						
Schlesinger et al. 2019 ⁴ [41]	HF inkl. Soja	LM	K	2	0,88 (0,86 - 0,93) ¹	*
Bluthochdruck						
Schwingshackl et al. 2017 [45]	HF inkl. Soja	LM	K	6	0,92 (0,86 - 0,98) ¹	*
Diabetes Typ 2						
Li et al. 2018 [47]	Soja	LM	K	8	0,77 (0,66 - 0,91) ¹	*
Tian et al. 2017 [48]	Soja	LM	K	8	M+F 0,87 (0,74 - 1,01) ¹	n.s.
	Soja	LM	K	5	nur F 0,74 (0,59 - 0,93) ¹	*
Schwingshackl et al. 2017 [49]	HF inkl. Soja	LM	K	12	0,96 (0,87 - 1,05) ¹	n.s.
Afshin et al. 2014 [50]	HF o. Soja	LM	K	2	0,78 (0,50 - 1,24) ²	n.s.
Jannasch et al. 2017 [74]	Mediterr. Diät	LM	K	6	0,87 (0,82 - 0,93) ¹	*
	DASH-Diät	LM	K	5	0,81 (0,72 - 0,92) ¹	*
	AHEI-Diät	LM	K	6	0,79 (0,69 - 0,90) ¹	*
Schlaganfall						
Yan et al. 2017 [54]	Soja	LM	K	7	1,00 (0,88 - 1,14) ¹	n.s.
	Soja	LM	FK	4	0,54 (0,34 - 0,87) ¹	*
Lou et al. 2016 [55]	Soja	LM	K	3	0,92 (0,77 - 1,10) ¹	n.s.
	Soja	LM	FK	4	0,54 (0,34 - 0,87) ¹	*
Shi et al. 2014 [56]	HF inkl. Soja	LM	K	8	0,95 (0,84 - 1,08) ¹	n.s.
Marventano et al. 2017 [57]	HF inkl. Soja	LM	K	6	1,01 (0,89 - 1,14) ¹	n.s.
Bechthold et al. 2019 [58]	HF inkl. Soja	LM	K	6	0,98 (0,88 - 1,10) ¹	n.s.
Afshin et al. 2014 [50]	HF o. Soja	LM	K	6	0,98 (0,84 - 1,14) ²	n.s.
Grosso et al. 2017 ⁵ [75]	Mediterr. Diät	LM	K	5	0,76 (0,60 - 0,96) ¹	*
Koronare Herzerkrankung (KHK)						
Yan et al. 2017 [54]	Soja	LM	K	8	0,95 (0,82 - 1,10) ¹	n.s.
	Soja	LM	FK	4	0,68 (0,58 - 0,80) ¹	*
Lou et al. 2016 [55]	Soja	LM	K	5	0,97 (0,74 - 1,27) ¹	n.s.
	Soja	LM	FK	3	0,66 (0,56 - 0,77) ¹	*
Marventano et al. 2017 [57]	HF inkl. Soja	LM	K	9	0,90 (0,84 - 0,97) ¹	*
Bechthold et al. 2019 [58]	HF inkl. Soja	LM	K	10	0,91 (0,84 - 0,99) ¹	*
Afshin et al. 2014 [50]	HF o. Soja	LM	K	5	0,86 (0,78 - 0,94) ²	*
Grosso et al. 2017 ⁵ [75]	Mediterr. Diät	LM	K	4	0,72 (0,60 - 0,86) ¹	*
Herz-Kreislauf-Erkrankungen (HKE)						
Yan et al. 2017 [54]	Soja	LM	K	10	0,98 (0,89 - 1,08) ¹	n.s.
	Soja	LM	FK	7	0,63 (0,51 - 0,77) ¹	*
Marventano et al. 2017 [57]	HF inkl. Soja	LM	K	14	0,94 (0,89 - 1,00) ¹	*
Li et al. 2017 [61]	HF inkl. Soja	LM	K	6	Tod: 0,96 (0,86 - 1,06) ¹	n.s.
Grosso et al. 2017 ⁵ [75]	Mediterr. Diät	LM	K	14	0,73 (0,66 - 0,80) ¹	*
Krebs						
Darmkrebs (kolorektal)						
Lu et al. 2017 [64]	Soja	LM	K	5	0,86 (0,72 - 1,03) ¹	n.s.
Zhu et al. 2015 [63]	Soja	LM	K	3	0,85 (0,73 - 0,99) ¹	*
	HF inkl. Soja	LM	K	14	0,91 (0,84 - 0,98) ¹	*
	HF inkl. Soja	Ballastst.	K	4	0,85 (0,72 - 1,00) ¹	0,05
Schwingshackl et al. 2018 [66]	HF inkl. Soja	LM	K	11	0,99 (0,92 - 1,06) ¹	n.s.
Aune et al. 2011 [62]	HF inkl. Soja(?)	Ballastst.	K	4	0,89 (0,78 - 1,02) ¹	n.s.
Vieira et al. 2017 [65]	HF inkl. Soja(?)	LM	K	4	1,00 (0,95 - 1,06) ³	n.s.
Prostatakrebs						
Applegate et al. 2018 [67]	Soja	LM	K	7	0,90 (0,82 - 0,99) ¹	*

	Soja	LM	FK	9	0,61 (0,45 - 0,82) ¹	*
Li & Mao 2017 [68]	Soja	LM	K	5	0,89 (0,78 - 1,01) ¹	n.s.
	HF inkl. Soja	LM	K	5	0,85 (0,72 - 0,99) ¹	*
	HF o. Soja	LM	K	2	0,93 (0,84 - 1,03) ¹	n.s.
Brustkrebs						
Wu et al. 2016 [70]	Soja	LM	K	10	0,92 (0,84 - 1,00) ¹	n.a.
Chen et al. 2014 ⁶ [71]	Soja	LM	K+FK	11	0,64 (0,49 - 0,80) ¹	*
		Isoflavone	K+FK	30	0,74 (0,64 - 0,85) ¹	*
Magenkrebs						
Lu et al. 2017 [64]	Soja	LM	K	5	0,85 (0,72 - 0,99) ¹	*

Abkürzungen: AHEI, Alternative Healthy Eating Index; DASH, Dietary Approaches to Stop Hypertension; F, Frauen; FK, Fall-Kontrollstudie; HF, Hülsenfrüchte; inkl., inklusive; K, Kohorten; LM, Lebensmittel; Mediterr., mediterran; P, Protein; n.a., nicht angegeben; n.s. nicht signifikant; M, Männer; o, ohne;

¹ höchste/niedrigste Verzehrgruppe

² pro 100 g/Woche zusätzlicher Verzehr

³ pro 50 g/Tag zusätzlicher Verzehr

⁴ basiert auf einer Studie, Rautiainen et al. 2015

⁵ Kohorten- und Interventionsstudien

⁶ angegeben sind die Zahlen für prämenopausale Frauen. Die für postmenopausale Frauen sind geringfügig anders

* Angabe der Signifikanz unabhängig vom Niveau