

Hochschule für Angewandte Wissenschaften Hamburg

Fachbereich Ökotrophologie

Einfluss auf die Gewichtsabnahme und Körperzusammensetzung bei Reduktionsdiäten mit unterschiedlichen Kohlenhydrat- und Proteingehalten

- Diplomarbeit -

vorgelegt am: 24.06.2010
von

Julia Martens

Betreuung:
Prof. Dr. Hamm

Korreferat:
Prof. Dr. Behr-Völtzer

Inhaltsverzeichnis

1	EINLEITUNG	5
2	DIÄTFORMEN	6
2.1	Stufen der Adipositas-Leitlinien	6
2.1.1	Stufe 1:	7
2.1.2	Stufe 2:	7
2.1.3	Fettarme, kohlenhydratreiche Diäten („klassische Empfehlungen“)	7
2.1.4	Formuladiäten (Stufe 3 + 4)	7
2.2	Kohlenhydratarme, proteinreiche Diäten	8
2.2.1	Nicht ketogene Diät (HP-Diät)	8
2.2.2	Ketogene Diät (LC-Diät)	8
3	ENERGIEZUFUHR	9
3.1	Beschränkte Energieaufnahme	9
3.2	Ad-libitum Energieaufnahme	10
4	EFFEKTE DES NAHRUNGSPROTEINS	11
4.1	Sättigung	11
4.1.1	Definition, Begriff	11
4.1.2	Prozesse bei der Sättigung	11
4.1.3	Sättigung und Protein	12
4.1.4	Ergebnisse einiger Studien	13
4.1.5	Protein, Sättigung und Hormone	16
4.1.6	Protein und Energieumsatz	16
4.1.7	Protein und Aminosäuren	17
4.1.8	Protein und Gluconeogenese	17
4.2	Thermogenese	18
4.2.1	Definition, Begriff	18
4.2.2	Prozesse bei der nahrungsinduzierten Thermogenese	20
4.2.3	Thermogenese und Protein	20
4.2.4	Ergebnisse einiger Studien	21
5	EVIDENZKLASSEN	23
6	METHODOLOGIE	24
7	KETOGENE DIÄTEN	27
7.1	Hession et al. (2009): Systematic review of randomized controlled trials of low-carbohydrate vs. low-fat/low-calorie diets in the management of obesity and its comorbidities	27
7.2	Brehm et al. (2003): A Randomized Trial Comparing a Very Low Carbohydrate Diet and a Calorie-Restricted Low Fat Diet on Body Weight and Cardiovascular Risk Factors in Healthy Women	29

7.3	Foster et al. (2003): A Randomized Trial of a Low-Carbohydrate Diet for Obesity	31
7.4	Abschließende Diskussion	34
8	NICHT KETOGENE HP- DIÄTEN	36
8.1	„Short term“ Studien	36
8.1.1	Skov et al. (1999): Randomized trial on protein vs carbohydrate in ad libitum fat reduced diet for the treatment of obesity	38
8.1.2	Claessens et al. (2009): The effect of a low-fat, high-protein or high-carbohydrate ad libitum diet on weight loss maintenance and metabolic risk factors	40
8.1.3	Baba et al. (1999): High protein vs high carbohydrate hypoenergetic diet for the treatment of obese hyperinsulinemic subjects	45
8.1.4	Layman et al. (2003): A Reduced Ratio of Dietary Carbohydrate to Protein Improves Body Composition and Blood Lipid Profiles during Weight Loss in Adult Women	47
8.1.5	Farnsworth et al. (2003): Effect of a high-protein, energy-restricted diet on body composition, glycemic control, and lipid concentrations in overweight and obese hyperinsulinemic men and women	50
8.1.6	Johnston et al. (2004): High-Protein, Low-Fat Diets Are Effective for Weight Loss and Favorably Alter Biomarkers in Healthy Adults	53
8.2	Abschießende Diskussion:	55
8.3	“Long-Term” Studien	57
8.3.1	Due A. et al. (2004): Effect of normal-fat diets, either medium or high in protein, on body weight in overweight subjects: a randomised 1-year trial	57
8.3.2	Layman et al. (2009): A Moderate-Protein Diet Produces Sustained Weight Loss and Long-Term Changes in Body Composition and Blood-Lipids in Obese Adults.	67
8.3.3	Clifton et al. (2008): Long-term effects of a high-protein weight-loss diet	74
8.3.4	Delbridge et al. (2009): One-year weight maintenance after significant weight loss in healthy overweight and obese subjects: does diet composition matter	80
8.4	Abschließende Diskussion	87
9	PROTEIN UND NIERENFUNKTION	89
10	FAZIT	90
11	ZUSAMMENFASSUNG	91
12	ABSTRACT	93
	ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS	94
	ABBILDUNGSVERZEICHNIS	95
	TABELLENVERZEICHNIS	96
	LITERATURVERZEICHNIS	96
	EIDESSTATTLICHE ERKLÄRUNG	100

Danksagung

Ich möchte meinem Mann danken, dass er mich beim Schreiben meiner Diplomarbeit unterstützt hat und immer Verständnis dafür hatte, wenn ich daran arbeiten musste. Und ich möchte meinen Eltern für die jahrelange Unterstützung während meines Studiums danken, ohne die vieles schwerer gewesen wäre.

Entstehung dieser Diplomarbeit

Der Ursprung zum Thema dieser Diplomarbeit entstand, als ich bei einem Seminar von Herrn Patric Heizmann teilgenommen hatte. Die Basis bildet eine Ernährung nach LOGI mit hohem Eiweißanteil und einem Sportprogramm mit Hauptaugenmerk auf den Muskelaufbau. Er stellte seine Theorie sehr anschaulich und unterhaltsam dar. U.a. wurden Kohlenhydrate als Papier und Fett als Briketts dargestellt. Zudem sollten Sportprogramm und Ernährung nach einem festen Tagesplan erfolgen. Die Mahlzeit vor dem Training sollte eher kohlenhydratarm und eiweißreich sein. Ich fragte mich, inwiefern seine Theorie auch wissenschaftlich begründbar sei. Daraufhin sprach ich Herrn Prof. Dr. Hamm an. Er nahm sich ausführlich Zeit für mich und bei diesem Gespräch ist der Gedanke geboren, als Thema meiner Diplomarbeit proteinreiche und kohlenhydratarme Diäten zu nehmen. Nach meinen ersten Recherchen entstand dann der Titel der vorliegenden Diplomarbeit.

1 Einleitung

Laut Angaben der Deutschen Adipositasgesellschaft leidet etwa jeder dritte erwachsene Bundesbürger an Übergewicht oder Adipositas. Neben den gesundheitlichen Einschränkungen für die Betroffenen entstehen auch hohe Kosten für das Gesundheitssystem. Fast 5 % aller Gesundheitsausgaben werden in den Industrieländern für die Behandlung der Adipositas und ihrer Folgen aufgewendet. Grund genug, um auf der Suche nach geeigneten Maßnahmen zur Prävention und Therapie der Adipositas zu sein (<http://www.adipositas-gesellschaft.de/index.php>).

Eine derzeit populäre Form zur Gewichtreduzierung sind kohlenhydratarme, proteinreiche Diäten (engl.: „low-carb diets“). Diese sind in den letzten Jahren nach einer Zeit, in der sie in Vergessenheit geraten sind, wieder in Erscheinung getreten.

"[...] kann es nur von Vorteil sein, wenn man [...] üppige, fette Speisen ist."

Es handelt sich hierbei um ein Zitat von Atkins, dem wohl bekanntesten Vertreter der Low-Carb-Diäten (Atkins RC 1992, S. 156). Was zunächst im Widerspruch zum Ziel der Gewichtsabnahme steht, ist einer der Eckpfeiler dieser Diätform. Zudem ist sie extrem kohlenhydratarm, so dass es zur Ketose kommt - ein weiterer wichtiger Eckpfeiler, wenn nicht sogar der Wichtigste. Als drittes Merkmal ist der hohe Eiweißanteil dieser Diät zu nennen. Der hohe Fettanteil der Atkins-Diät, wurde zum Diskussionspunkt vieler Kritiker, zumal die Fette zu einem Großteil aus gesättigten Fettsäuren bestehen. Daher entwickelten sich weitere Varianten, die weniger Fett und einen moderateren Anteil an Kohlenhydraten haben. Sowohl die ketogenen, als auch die nicht ketogenen Formen werden im Rahmen dieser Diplomarbeit näher betrachtet und diskutiert.

In der Literatur gibt es derzeit keine eindeutige Definition für kohlenhydratarme Diäten. Daher findet man diverse Diäten mit unterschiedlichen Makronährstoffzusammensetzungen. Diese Tatsache erschwert den Vergleich der einzelnen Studien zu diesem Themenfeld und damit die Auswertung und Bestimmung der Effektivität dieser Diätformen. Die deutlichsten Unterschiede liegen zwischen der ketogenen und nicht-ketogenen Variante. Im Rahmen dieser Arbeit werden beide Varianten getrennt voneinander dargestellt. Der besondere Fokus liegt dabei auf den proteinreichen, fettarmen Diäten (HP-Diäten).

Bei der Recherche stellte sich heraus, dass es kurzfristige (engl.: „short term“) und längerfristige („long term“) Studien gibt. Während die kurzfristigen Studien einen Zeit-

raum bis zu 6 Monaten haben, sind die längerfristigen über die Dauer von einem Jahr und darüber hinaus gestaltet. Um diesem Umstand Rechnung zu tragen erfolgte auch in dieser Diplomarbeit bei den HP-Diäten eine Unterteilung in „short term“ und „long term“.

Zielsetzung

Im ersten Teil der vorliegenden Arbeit sind die verschiedenen Wirkungsweisen, die dem Nahrungsprotein zugeschrieben werden, dargestellt.

Im zweiten Teil sollen anhand von Studien die Einflüsse und Effektivität von kohlenhydratarmen Diätformen auf Gewichtsverlust und Körperzusammensetzung analysiert werden. Hierbei erfolgt eine Unterteilung in sehr kohlenhydratarme (ketogene) Diäten und proteinreiche, kohlenhydratarme (nicht-ketogene) Diäten.

Zum Ende der Arbeit wird auf den Zusammenhang von proteinreichen Diäten und Nierenerkrankungen eingegangen, da mögliche negative Auswirkungen auf die Nierenfunktion das am häufigsten diskutierte Risiko von HP-Diäten sind.

Formale Hinweise:

In der vorliegenden Arbeit handelt es sich bei der Angabe von Makronährstoffen in Prozent um den prozentualen Anteil an der Energiebereitstellung. Beispiel: „30 % Protein“ anstelle von „30 Prozent Protein der täglichen Energieaufnahme“.

Bei der Angabe der Gewichts- und Fettmassenverluste, sowie der FFM und dem Taillenumfang handelt es sich um Mittelwerte. Die Angabe erfolgt, soweit bekannt, in „Mittelwert +/- SEM¹“, „Mittelwert +/- SD²“ oder Mittelwert und 95 % Konfidenzintervall.

2 Diätformen

2.1 Stufen der Adipositas-Leitlinien

Entsprechend der Adipositas Leitlinie von 2007 gibt es vier Stufen bzw. Strategien, um eine Gewichtsreduzierung zu erreichen. Es ist nicht notwendig, die Stufen der Reihe nach „abzuarbeiten“, sondern die Stufe wird entsprechend des individuellen Risikoprofils und Gegebenheiten ausgewählt.

¹ Standardfehler des Mittelwerts (engl. „standard error of the mean“)

² Standardabweichung

2.1.1 Stufe 1:

In der ersten Stufe wird nur der Fettverzehr reduziert und zwar auf 60 g Fett pro Tag. Hierdurch sollte ein Energiedefizit von etwa 2100 kJ täglich erreicht werden. Mit dieser Strategie ist eine Gewichtsabnahme von durchschnittlich 3,2 - 4,3 kg innerhalb von 6 Monaten möglich.

2.1.2 Stufe 2:

Es handelt sich hierbei um die sogenannte „mäßig reduzierte Mischkost“, wobei neben der Beschränkung des Fettverzehrs auch der Kohlenhydrat- und Proteinkonsum reduziert werden. Das tägliche Energiedefizit sollte zwischen 2100 und 3360 kJ betragen. Der vermehrte Verzehr von pflanzlichen Produkten soll zu einer Senkung der Energiedichte bei guter Sättigung führen. Im Schnitt lässt sich mit dieser Methode 5,1 kg innerhalb von 12 Monaten abnehmen.

2.1.3 Fettarme, kohlenhydratreiche Diäten („klassische Empfehlungen“)

Diese beiden Diätformen entsprechen im Kern der energiereduzierten fettarmen, kohlenhydratreichen Kost. In Ergänzung zu den oben beschriebenen Vorgaben werden bei dieser Diät Richtlinien für die MNZ gemacht. Die tägliche Kost sollte aus mindestens 55 g Kohlenhydrate, etwa 12-15 % Protein und unter 30 % Fett zusammengesetzt sein. Die Deutsche Gesellschaft für Ernährung sagt zudem, dass Vollkornprodukte und fettarme Milchprodukte zu bevorzugen sind. Täglich sollten drei Portionen Gemüse und zwei Portionen Obst verzehrt werden. Pflanzliche Öle sind den tierischen Fetten vorzuziehen, der Alkohol- Fast-Food und Süßigkeitenverzehr sollte stark eingeschränkt werden (<http://www.dge.de/pdf/10-Regeln-der-DGE.pdf>).

2.1.4 Formuladiäten (Stufe 3 + 4)

In der dritten Stufe werden 1-2 Hauptmahlzeiten durch eine Formulanahrung ersetzt. Die Energiezufuhr liegt i.d.R. zwischen 5040 kJ und 6720 kJ. Hiermit ist ein Gewichtsverlust von etwa 6,5 kg innerhalb von 3 Monaten zu erreichen.

Bei dem vollständigen Mahlzeitenersatz durch Formulaprodukte (Stufe 4) liegt die Energieaufnahme unter 3360 kJ. Da der Energiegehalt sehr niedrig ist, wird diese Diät nur bis zu 12 Wochen Dauer empfohlen. Wöchentlich ist ein Gewichtsverlust zwischen 0,5 und 2 kg zu erwarten.

Quelle: (Hauner 2007)

2.2 Kohlenhydratarme, proteinreiche Diäten

Wie in der Einleitung erwähnt, ist diese Diätform in der Literatur nicht genau definiert. Allen gemein ist, dass der Kohlenhydratanteil reduziert und der Proteingehalt erhöht ist. Je stärker die Reduzierung der Kohlenhydrate ausfällt, desto höher steigt in den meisten Fällen der Fettanteil. Die Proteinmenge gilt ab einem Energieanteil von 20 % als erhöht, gängig ist ein Proteinanteil von 30 %. Vereinzelt findet man auch Proteingehalte von bis zu 45 %.

Es gibt zwei populäre Typen; zum einen sehr kohlenhydratarme, proteinreiche Diäten (LC-Diät), die in aller Regel fettreich sind und zum anderen proteinreiche, kohlenhydratarme Diäten, die einen Fettgehalt unter 30 % haben (HP-Diät) (Clifton, Keogh 2007). Bei der ersten Variante kommt es aufgrund des extrem niedrigen Kohlenhydratgehaltes zu einer ketogenen Stoffwechsellage im Organismus, bei der zweiten ist noch ein moderater Kohlenhydratgehalt vorhanden. Nachfolgend sind beide Varianten genauer dargestellt.

2.2.1 Nicht ketogene Diät (HP-Diät)

Bei dieser Variante der kohlenhydratarmen, proteinreichen Diäten handelt es sich um fettarme Diäten, bei denen ein Teil der Kohlenhydrate durch Protein ersetzt wurde. Die „herkömmliche“ fettarme, kohlenhydratreiche Diät hat bekannter Weise eine MNZ von etwa 15 % Protein, 55 % KH und 30 % Fett. Erhöht man nun den Proteinanteil um beispielsweise 15 % auf 30 % im Austausch für einen Teil Kohlenhydrate, so ergibt sich eine MNZ von 30 % Protein, 40 % KH und 30 % Fett. Aufgrund der nicht vorhandenen einheitlichen Definition von proteinreichen Diäten sind in der Literatur Schwankungen zwischen 25 und 45 % Proteingehalt zu finden. Demzufolge liegt der Kohlenhydratgehalt bei dieser Diätform ebenfalls zwischen 25 und 45%.

2.2.2 Ketogene Diät (LC-Diät)

Der Begriff „ketogen“ leitet sich von dem Begriff Ketose ab. Hierbei handelt es sich um einen Zustand, den der Körper bei Kohlenhydratmangel einnimmt. Die notwendige Energie wird nun nicht mehr aus Kohlenhydraten beziehungsweise Glukose, sondern aus Fetten gewonnen. Über die stattfindenden Stoffwechselprozesse werden aus den Fetten sogenannte „Ketonkörper“ gebildet. Es entstehen drei verschiedene Verbindungen, das Acetoacetat (auch Acetacetat genannt bzw. Acetessigsäure), das Aceton und die β -Hydroxybutyrat (Hahn et al. 2006, S. 36). Die Ketonkörper sind im

Urin zu messen und dienen als Nachweis der bestehenden Ketose und damit der Einhaltung der Diätvorgaben.

Bei den Stoffwechselprozessen, die durch die ketogene Diät eingeleitet werden, handelt es sich dem Grunde nach um den Hungerstoffwechsel, der auch beim Fasten einsetzt. Es ist ein „Notprogramm“ des Körpers, um das Nervengewebe (Gehirn), das Nierenmark und die Erythrocyten, welche obligat auf Glukose angewiesen sind, zu versorgen. Das Gehirn benötigt am Tag circa 140 g Glukose. Ketonkörper können im Gegensatz zu Fetten und Proteinen durch ihre hohe Wasserlöslichkeit die Blut-Hirnschranke überwinden und vom Gehirn zur Energiegewinnung genutzt werden (Hahn et al. 2006, S. 17).

Bei ketogenen Diäten gibt es verschiedene Richtlinien für die Beschränkung beziehungsweise Aufnahme von Kohlenhydraten. Zum einen gibt es die ketogene Ratio (3-4,5:1) dies bedeutet Fett: KH + Protein (VEÖ, 2004).

Eine weitere Möglichkeit ist die Angabe in absoluten Größen, wobei die Aufnahme dann < 20 g/d betragen sollte (Westman et al. 2008, S. 2).

Auch die Angabe in Prozent findet man in der Literatur. Die prozentuale Aufnahme an Kohlenhydraten bezogen auf die gesamte aufgenommene Energie beträgt bei einer ketogenen Diät etwa 4 % (Johnstone et. al 2008, S. 45).

Bei dieser Diät ist die Fettaufnahme in der Regel hoch und kann sogar über 65 % betragen.

3 Energiezufuhr

3.1 Beschränkte Energieaufnahme

Hierbei wird die Nahrungsaufnahme in Form einer festgesetzten Energiemenge begrenzt. Zusätzlich zu dieser Vorgabe ist häufig auch die Makronährstoffverteilung vorgegeben. Entweder in Prozent der aufgenommenen Gesamtenergie (Angabe in Energieprozent pro Tag) oder als tägliche Gesamtaufnahme (Angabe in g/Tag). Es kommen auch Mischformen vor, wie es beispielsweise bei den Vorgaben der DGE der Fall ist: 55% Kohlenhydrate, 30% Fett und 0,8 g Eiweiß pro kg Körpergewicht (DGE 2009).

Zur Festsetzung der maximalen Energiemenge sind verschiedene Methoden im Einsatz. Zum einen kann die Menge in Relation zu dem Energiebedarf gesetzt werden

oder es werden festgesetzte Größen genommen, die inzwischen als „gängig“ anzusehen sind (z.B. 3360 kJ, 5040 kJ, oder 6300 kJ). Natürlich kann hier auch eine frei gewählte Kilojoulemenge genommen werden, dies ist allerdings weniger üblich.

Wenn die Kilojoulemenge in Bezug zum Energiebedarf der jeweiligen Person gesetzt wird, muss zunächst der Kilojoulebedarf ermittelt werden, also die Menge, bei der die Probanden weder zu- noch abnehmen. Man kann diesen Bedarf entweder pauschal, d.h. durch bereits vorhandene Tabellen und Formeln ermitteln, oder aber durch individuelle Ermittlung des Energiebedarfs. Eine Methode ist die Messung des Ruheenergieumsatzes (z.B. in einer respiratorischen Kammer) ergänzt um die Aktivitätsenergie, die häufig durch den sogenannten PAL-Wert ermittelt wird (Biesalski 2004, S. 31 ff.).

3.2 Ad-libitum Energieaufnahme

Bei dem Begriff „ad libitum“ handelt es sich der Herkunft nach um die Bedeutung „nach Belieben“. Hierbei besteht keine Beschränkung der Kilojoulemenge, aber es gibt feste Muster der Makronährstoffaufnahme. Das bedeutet, die Probanden können „nach Belieben“, d.h. nach Sättigung essen. Kohlenhydrate, Eiweiße und Fett müssen zu einem festen Prozentsatz der Energie aufgenommen werden, z.B. 30 % von Fetten, 50 % von Kohlenhydraten und 20 % von Eiweiß.

Bei der „ad libitum“-Aufnahme ist die Sättigung ein wichtiger Faktor, denn dieser entscheidet mitunter über die aufgenommene Nahrungsmenge. Ist ein Lebensmittel oder ein Makronährstoff besonders sättigend, dann wird von den Probanden bei normalem Ernährungsverhalten weniger Nahrung aufgenommen als bei Lebensmitteln bzw. Makronährstoffen die weniger sättigend sind. Ausnahmen bilden hier Probanden, die über den normalen Sättigungseffekt hinaus essen und/oder diesen nicht mehr richtig wahrnehmen können. Weitere Komponenten sind das Nahrungsangebot, das - wenn es ausreichend und großzügig ist - zu einer höheren Nahrungsaufnahme führen kann. In diesem Fall ist die Verlockung, über die eigentliche Sättigung hinaus zu essen in der Regel größer. Umgekehrt kann ein beschränktes Nahrungsangebot zu einer niedrigeren Nahrungsaufnahme führen. Ähnliches ist im Bezug auf den Geschmack zu sagen. Wird der Geschmack eines Produktes von den Probanden positiv bewertet kann die Nahrungsaufnahme höher ausfallen, ist der Geschmack negativ bewertet, kann dies zu einer geringeren Nahrungsaufnahme führen (Stubbs 1996).

4 Effekte des Nahrungsproteins

4.1 Sättigung

4.1.1 Definition, Begriff

Bei der Sättigung handelt es sich um ein Signal des Körpers, das von dem menschlichen Individuum wahrgenommen wird und zum Beenden einer Mahlzeit führen soll. Das Signal wird in erster Linie durch die Magendehnung ausgelöst und entsteht durch Reizübermittlung im Gehirn. Sättigung ist der Gegenspieler zum Hunger, welcher zur Nahrungsaufnahme veranlasst (Biesalski 2004, S. 43).

Der Mechanismus, der der Sättigung zugrunde liegt, ist sehr komplex und bis heute sind noch nicht alle mitwirkenden Faktoren erforscht. Man weiß, dass der Hypothalamus, der im Zwischenhirn liegt, wesentlich an dem Sättigungssystem beteiligt ist, insbesondere dem Gefühl der Sättigung. Der Hypothalamus ist sozusagen die Zentrale, in der alle eingehenden Signale verarbeitet werden. Zudem veranlasst er die Produktion von Neurotransmittern, die letztendlich zu dem wahrgenommenen Gefühl der Sättigung führen (Klaus 2001, S. 176-179).

4.1.2 Prozesse bei der Sättigung

Die Sättigung ist Teil eines Regulationsmechanismus, der das Essverhalten steuert. Hierbei lassen sich drei Ebenen unterscheiden: die kognitiv/sensorische, die autonome (bewusstseinsabhängig) und die metabolische/hormonale Ebene (Boschmann M. 1999, S. 19).

Von der Nahrung gehen Signale aus, z.B. der Geruch oder Geschmack, die vom Organismus wahrgenommen und interpretiert werden. Sie können u.a. als angenehm, unangenehm oder fremd empfunden werden. Je nach Empfindung beeinflussen sie das Hunger bzw. Sättigungsgefühl unterschiedlich.

Neben der Sättigung, die zur Beendigung einer Mahlzeit führt, und damit kurzfristig wirkt, gibt es auch noch die Satttheit, die dafür sorgt, dass eine Pause bis zur nächsten Nahrungsaufnahme stattfindet. Diese Wirkung ist längerfristig. Die Dauer der Pause bis zum nächsten Essen ist u.a. von dem Grad der Satttheit abhängig. Innere Reize, wie Hunger und/oder äußere Reize, wie der Anblick einer leckeren Mahlzeit, führen zu einer erneuten Nahrungsaufnahme (Boschmann M. 1999, S. 20, Pudal et al. 2003, S. 85).

Während die Sättigung in erster Linie durch die Magendehnung hervorgerufen wird, spielen bei der Sättigkeit die Verdauungsvorgänge mit den dabei entstehenden Stoffwechselprodukten die wesentliche Rolle. Die Stoffwechselprodukte werden absorbiert und gelangen somit in den Kreislauf. Hier können sie entweder direkt oder über hormonelle Vermittlung die Sättigkeit induzieren. Diese Wirkung setzt etwa 10-15 Minuten nach Beginn der Nahrungsaufnahme ein. Zu diesem Zeitpunkt beeinflusst sie auch die Sättigung. Eine zu schnelle Nahrungsaufnahme kann somit diese Wirkung übergehen (Boschmann M. 1999, S. 20).

Die Prozesse, die entweder zum Beenden der Mahlzeit (Sättigung) oder zur Verhinderung einer erneuten Nahrungsaufnahme (Sättigkeit) führen, werden auch als intra-meal satiety bzw. inter-meal satiety bezeichnet (Pudel et al. 2003, S. 85).

4.1.3 Sättigung und Protein

Die Sättigung bzw. die Sättigungswirkung einer Mahlzeit bzw. eines Lebensmittels hat einen bedeutenden Einfluss auf die Menge der aufgenommenen Nahrung. Je sättigender eine Mahlzeit ist, desto eher wird die Nahrungsaufnahme beendet. Dies hat wiederum Auswirkungen auf die aufgenommene Kilojoulemenge. Da bei einer Reduktionsdiät die Kilojouleaufnahme unter dem eigentlichen Bedarf liegen sollte, ist es sehr unterstützend, wenn Nahrungsmittel mit hoher Sättigungswirkung aufgenommen werden. Es ist inzwischen wissenschaftlich gesichert, dass es eine Rangfolge bei den Makronährstoffen bezüglich ihrer Sättigungswirkung gibt. An erster Stelle steht hierbei das Protein, gefolgt von den Kohlenhydraten und am Ende stehen die Fette. Eben diese Sättigungswirkung wird derzeit als eine der Hauptgründe für die Erfolge bei proteinreichen Diäten angesehen. Damit sich diese Wirkung allerdings voll entfalten kann, sind ad libitum Bedingungen notwendig.

Mechanismen der proteininduzierten Sättigung

Wenn man von einer Sättigungswirkung des Proteins spricht, stellt sich einem die Frage, warum diese überhaupt vorhanden ist. In der Literatur werden derzeit vier Mechanismen beschrieben. Dies sind im Einzelnen eine gesteigerte Konzentration sogenannter „Sättigungshormone“, ein Anstieg des Energieumsatzes, eine Konzentrationssteigerung an Metaboliten (insbes. Aminosäuren) und eine gesteigerte Gluconeogenese (Veldhorst 2008).

Messmethoden

In verschiedenen Studien wurde die Sättigungswirkung von Protein untersucht. Die subjektive Sättigung wird durch Messskalen (visuelle 100 mm analog Skalen), auf denen die Probanden ihr Sättigungsgefühl eintragen, ermittelt. Durch Messung der verzehrten Nahrungsmenge der Testmahlzeit kann die tatsächliche Sättigung bestimmt werden.

In den Studien werden verschiedene Vorgehensweisen eingesetzt. Zum einen erhalten Probanden Nahrungsmittel/Mahlzeiten, die proteinreich oder proteinarm sind und einen festen Energiegehalt haben (sogen. Preloads). Die Sättigungswirkung wird anschließend bei einer späteren Mahlzeit festgestellt, indem die zu diesem Zeitpunkt verzehrte Nahrungsmenge gemessen wird. Typischerweise wird die Studie als „cross-over design“ durchgeführt, was bedeutet die Probanden bekommen zu verschiedenen Zeitpunkten jeweils den proteinreichen und den proteinarmen Preload.

Eine weitere Methode ist es, den Probanden proteinreiche oder proteinarme Mahlzeiten vorzusetzen, die ad libitum verzehrt werden können. Anschließend wird die gesamte Nahrungsaufnahme, die während der Mahlzeit aufgenommen wurde, ermittelt. Bei einigen Studien wird den Probanden als erster Gang eine proteinreiche oder proteinarme Mahlzeit gegeben und nachfolgend wird die verzehrte Menge der restlichen Mahlzeit gemessen (Anderson, Moore 2004, S. 974/975).

4.1.4 Ergebnisse einiger Studien

In einem Review von Halton et al. im Jahr 2004 wurden 14 Studien, in denen die Sättigungswirkung von Protein untersucht worden ist, einbezogen. Von diesen 14 Studien fanden 11 eine signifikant höhere subjektive Sättigung bei den proteinreichen Mahlzeiten/Preloads. So fanden Poppit et al. in einem Crossover-Design eine signifikant höhere Sättigung nach einem eiweißreichen Preload, im Vergleich zu Preloads mit einem erhöhten Anteil an Fett, Kohlenhydraten oder Alkohol. Die Probanden waren 12 schlanke Frauen mit einem BMI unter 25. Die Sättigung wurde zum einen durch Analogskalen, die vor und jeweils in 30 Minuten Intervallen nach dem Preload von den Probanden ausgefüllt worden sind, und durch eine nachfolgende ad libitum Testmahlzeit (90 Minuten später) festgestellt. Sowohl bei der subjektiven Sättigung als auch bei der Testmahlzeit ergab sich bei dem proteinreichen Preload eine deutlich bessere Sättigungswirkung. Poppit et al. folgerten, dass nur Eiweiß eine unterschiedliche kurzfristige Sättigungswirkung hat, wenn es iso-energetisch und mit einer

ähnlichen Energiedichte in die Ernährung eingebaut wird (*Poppitt et al. 1998, S. 279*).

Barkeling, DeGraaf und Geliebter fanden hingegen keine signifikant höhere Sättigung bei ihren Studien. Barkeling et al. untersuchten 20 Frauen, indem er isokalorische Mahlzeiten, entweder mit 43 oder 10% Proteingehalt vorgab. Es ergaben sich keine Unterschiede in der Sättigungswirkung (Barkeling et al. 1990). Einen Einfluss auf dieses Ergebnis könnte die Angabe der Probanden, dass die proteinreiche Mahlzeit als schmackhafter beurteilt worden ist, gehabt haben (Halton, Hu 2004, S. 376).

Als Fazit ihres Reviews schlossen Halton et al., die Beweislage unterstütze die These, dass Mahlzeiten mit höherem Proteingehalt im Vergleich zu Mahlzeiten mit geringem Proteingehalt die Sättigung insbesondere kurzfristig zu steigern scheinen (Halton, Hu 2004, S. 377/378).

Diese Studien untersuchten die Sättigungswirkung von Protein in Zusammenhang mit einzelnen Mahlzeiten. Der Unterschied zu Versuchen, die einen bis hin zu mehreren Tagen dauern, liegt darin, dass erst nach einem gewissen Zeitraum alle metabolischen Reaktionen stattgefunden haben. In diesem Fall ist der respiratorische Quotient (RQ) gleich dem Food Quotienten (FQ). Der FQ entspricht dem RQ, wenn alle Nahrungsmittel oxidiert worden sind (Veldhorst 2008, S. 302).

Eine solche Untersuchung fand durch Lejeune et al. statt. Sie untersuchten 12 gesunde Frauen über 4 Tage in einer respiratorischen Kammer. Die Frauen bekamen so viel Nahrung, dass sie sich in einer Energiebalance befanden. Sie wurden entweder einer proteinreichen (30 % Protein, 40 % KH, 30 % Fett) oder eine proteinmoderate Diät (10 % Protein, 60 % KH, 30 % Fett) zugeteilt. Es zeigte sich, dass die proteinreiche Diät im Vergleich zur proteinmoderaten Diät die Sättigung sowohl über 24 Stunden als auch über 4 Tage steigerte und im Umkehrschluss den Hunger senkte. Es gab durch die Nahrungszufuhr in Energiebalance keine Unterschiede in der Energieaufnahme zwischen den beiden Gruppen. Diese Ergebnisse unterstützen die These, dass Proteine die Sättigung stärker fördern als Kohlenhydrate oder Fette (Lejeune 2006).

Eine ähnliche Studie wurde von Westerterp-Plantenga bereits im Jahre 1999 veröffentlicht (Westerterp-Plantenga 1999b). Auch hier erhielten die Probanden eine Energiemenge die zu einer Energiebalance führte. Die eine Diät bestand aus 30 %

Eiweiß, 60 % KH und 10 % Fett, die andere hingegen aus 10 % Eiweiß, 30 % KH und 60 % Fett. Über den Tagesverlauf waren Sättigung und Satttheit bei der proteinreichen Diätgruppe größer, wohingegen Hunger und Appetit niedriger waren als bei der Gruppe mit niedrigerem Proteingehalt.

In der Studie von Westerterp-Plantenga et al. wurde eine proteinreiche, kohlenhydratreiche Diät mit einer fettreichen Diät verglichen. Lejeune et al. hingegen stellten eine proteinreiche Diät einer kohlenhydratreichen gegenüber. Diese Tatsache führt zu der Vermutung, dass die Wirkungen einer proteinreichen Diät nicht in Abhängigkeit zu den ausgetauschten Makronährstoffen stehen. Veldhorst stellt fest, dass es sinnvoll wäre bei konstanter Energiedichte, in weiteren Studien nicht die Kohlenhydrate, sondern die Fette gegen Protein auszutauschen, da die Kohlenhydrate den Proteinmetabolismus beeinflussen (Veldhorst 2008, S. 302).

Weigle et al. untersuchten in einer Studie die Hypothese, dass ein Anstieg des Proteingehaltes bei konstantem Kohlenhydratgehalt der Diät das Gewicht aufgrund einer Senkung des Appetits und der spontanen Kilojouleaufnahme reduziert. Neunzehn gesunde Erwachsene wurden der Reihe nach für jeweils zwei Wochen einer Diät zur Gewichtserhaltung (15 % Eiweiß, 50 % KH und 35 % Fett) und einer isokalorischen Diät (30 % Eiweiß, 50 % KH und 20 % Fett) zugeordnet. Im Anschluss gab es für 12 Wochen eine ad libitum Diät mit 30 % Eiweiß, 50 % KH und 20 % Fett. Die Mahlzeiten wurden in einer Küche an der Universität von Washington zubereitet und den Probanden bei regelmäßigen Treffen, bei denen sie auch gewogen und Kontakt zu einer Ernährungsberaterin hatten, mitgegeben. Zudem führten die Probanden tägliche Ernährungsprotokolle. Bei der ad libitum Diät wurden alle nicht verzehrten Lebensmittel an der Universität zurückgewogen.

Es wurden Appetit, Kilojouleaufnahme, Körpergewicht und Fettmasse ermittelt. Der Appetit bzw. die Sättigung wurde täglich mittels zweier Fragen, die mittels einer 100-mm visuellen Analogskala beantwortet wurden, festgestellt. Die erste Frage bezog sich auf die Satttheit zwischen den Mahlzeiten (inter-meal satiety) und die zweite bezog sich auf die Sättigung direkt nach den Mahlzeiten (intra-meal satiety).

Die Ergebnisse zeigten eine deutliche Steigerung der Sättigung bei der isokalorischen proteinreichen Diät und eine spontane Senkung der Energieaufnahme mit der proteinreichen ad libitum Diät. Es kam zu einer Gewichtsabnahme von 4,9 +/- 0,5 kg und die Fettmasse sank um 3,7 +/- 0,4 kg. Die Leptinkonzentration war bei der

isokalorischen Diät unverändert und bei der ad libitum Diät traten gesunkene Leptin- und gesteigerte Ghrelinwerte auf.

Weigle et al. folgerten, dass die Steigerung in der täglichen Proteinmenge von 15 auf 30 % bei einer konstanten Kohlenhydratzufuhr zu einer anhaltenden Senkung der ad libitum Kilojouleaufnahme führt. Dies sei möglicherweise durch eine gesteigerte Leptinsensitivität des zentralen Nervensystems vermittelt, die im Endergebnis in einem Gewichtsverlust resultiere. Dieser anorexie Effekt könne zu dem Gewichtsverlust, der bei kohlenhydratarmen Diäten erzielt wird, beitragen (Weigle 2005).

4.1.5 Protein, Sättigung und Hormone

Es wird in der Literatur vermutet, dass ein Zusammenhang in der proteininduzierten Sättigung und einem Anstieg von anorexigenen Hormonen, wie Glucagon-like peptide-1, Cholecystokinine und PPY oder einer Senkung der orexigenen Hormone, wie Ghrelin besteht. Dieser Frage gingen Veldhorst et al. in einem Review aus dem Jahre 2008 nach. Sie kamen zu dem Ergebnis, dass man gewisse Zusammenhänge sehen kann, diese aber nicht eindeutig dem Protein zugeschrieben werden können. Vielmehr scheint das Zusammenspiel mit Kohlenhydraten eine Rolle zu spielen, da „die Kohlenhydrate den Proteinmetabolismus stimulieren“. Veldhorst et al. vermuten daher weiter, dass „eine proteinreiche Diät in dem Beisein von Kohlenhydraten die GLP-1 Freisetzung stimuliert“ (Veldhorst 2008).

Zudem scheint die Beweislage zu zeigen, dass die Freisetzung von PYY durch proteinreiche Mahlzeiten gefördert wird (Batterham 2006), wohingegen das Ghrelin durch das Protein nicht beeinflusst zu werden scheint (Lejeune 2006).

Bezüglich des Cholecystokinine sei die Beweislage nur gering, wodurch darüber zurzeit noch keine klare Aussage getroffen werden kann (Veldhorst 2008).

4.1.6 Protein und Energieumsatz

Ein weiterer Ansatz, die proteininduzierte Sättigung zu erklären, ist ein Anstieg des Energieumsatzes. Dies könnte an einem durch den gesteigerten Energieumsatz hervorgerufenen erhöhten Sauerstoffverbrauch und einem Anstieg der Körpertemperatur liegen. Ein sich einstellendes Gefühl von Sauerstoffmangel würde dieser Theorie nach die Sättigung fördern (Westerterp-Plantenga 1999b).

Diese Theorie würde durch die Ergebnisse von Westerterp-Plantenga gestützt werden (Westerterp-Plantenga 1999). Es konnte gezeigt werden, dass Probanden bei limitierter Sauerstoffverfügbarkeit – in Höhenlagen oder bei Patienten mit chronischer

obstruktiver Lungenerkrankung – ebenso erhöhte Angaben der Sättigung auf entsprechenden Skalen machen; hervorgerufen durch die Empfindung von Sauerstoffmangel.

Zudem wird ein Zusammenhang mit der proteininduzierten Thermogenese gesehen. Auf diese wird in Kapitel 4.2 ausführlicher eingegangen. Ebenso scheint die Proteinoxidation eine wichtige Rolle zu spielen, wobei es auch auf die Proteinquelle ankommen scheint. Diesbezüglich scheint die Verdauungsrate von Bedeutung zu sein, da schnell verdauliches Protein wie Molke zu einer stärker ansteigenden postprandialen Synthese führt, als langsamer verdauliches Protein (z.B. Casein) (Veldhorst 2008). Zu diesem Thema, der unterschiedlichen Wirkung auf Sättigung und/oder Gewichtsabnahme, wurden bis dato verschiedene Studien durchgeführt. Bei der Studie von Claessens et al. (siehe Kapitel 8.1.2) wurde beispielsweise ein Vergleich von Molken- und Caseinprotein vorgenommen.

4.1.7 Protein und Aminosäuren

Die Wahrnehmung der postprandialen Sättigung wird durch Metabolite beeinflusst. Dazu gehören auch bestimmte Aminosäuren, die bei erhöhter Konzentration im Serum eine appetitsenkende Wirkung zu haben scheinen. Diese Theorie wird in der Literatur auch „aminostatische Hypothese“ genannt. Einer der ersten, der bereits im Jahre 1956 diese Theorie untersucht hat, war Mellinkoff. Er hat vermutet, dass eine erhöhte Konzentration von Aminosäuren im Blut oder Plasma, die nicht in der Proteinsynthese verstoffwechselt werden, ein Sättigungssignal abgeben, das in die Hunger- und Sättigungsregulation eingreift. Es bestehe eine Verbindung mit einem „Sättigungszentrum“ im Gehirn, dessen Zentrum das Level der Aminosäurenkonzentration im Serum wahrnehmen kann und ab einem bestimmten Punkt den Hunger unterdrückt (Mellinkoff 1997). Später konnte gezeigt werden, dass die proteininduzierte Sättigung im Zusammenhang mit einem vagalen Feedback zum *Nucleus tractus solitarius*³ und dem Hypothalamus steht (Veldhorst 2008).

4.1.8 Protein und Gluconeogenese

Es wird vermutet, dass die Mechanismen der Gluconeogenese auch Auswirkungen auf Hunger und Sättigung haben. Bisher konnte dies jedoch nur in Tierversuchen nachgewiesen werden. Die sättigende Wirkung einer erhöhten Proteinaufnahme

³ Im deutschen auch „Geschmackskern“ genannt. Über ihn laufen wichtige Funktionen der Nahrungsaufnahme. Z.B. Speichelfluss und Kau- und Schluckbewegung. In ihm treffen die Axone der Geschmacksnerven zusammen und die Impulse werden an das Gehirn zur Verarbeitung weitergeleitet.

könnte in Verbindung zu einer verbesserten Glucosehomöostase stehen, bedingt durch die Regulierung der hepatischen Gluconeogenese und dem darauffolgenden Glucosemetabolismus (Veldhorst 2008).

4.2 Thermogenese

4.2.1 Definition, Begriff

Als Thermogenese wird die Wärmebildung des Körpers durch seine Stoffwechselaktivität bezeichnet. Die Wärme entsteht als ein Nebenprodukt bei verschiedenen Stoffwechselprozessen, wie dem Energiestoffwechsel, der Muskelaktivität oder der Verdauung. Von besonderer Bedeutung im Zusammenhang mit Protein und seiner Rolle bei der Gewichtsreduzierung steht die postprandiale Thermogenese, auch nahrung induzierte Thermogenese (engl. „diet induced thermogenesis“ (DIT)) genannt. Diese „entspricht der Steigerung des Energieumsatzes nach der Nahrungsaufnahme“ (Biesalski 2004, S. 34) und kann definiert werden als „Anstieg des Energieverbrauchs über den basalen Nüchternspiegel geteilt durch den Energiegehalt der aufgenommenen Nahrung“. Sie wird im Allgemeinen als Prozentsatz angegeben“ (Biesalski 2004, S. 34).

Die DIT entsteht dadurch, dass für Verdauung, Resorption und Transport der Nährstoffe Energie benötigt wird. Dazu kommt, dass die Zellen eine kontinuierliche Energieversorgung benötigen, die Nahrungsaufnahme hingegen ist nur zeitweilig, daher müssen Nährstoffe zwischengespeichert werden (Biesalski 2004, S. 34).

Darüber hinaus wird die DIT in der Literatur in obligatorische und fakultative Thermogenese unterteilt. Während der Begriff der obligatorischen Thermogenese die für die Verstoffwechslung einzelner Substrate obligatorisch aufzuwendenden Energien beschreibt, wird die fakultative Thermogenese durch eine Aktivierung des sympathischen Nervensystems erklärt (Müller 2007, S. 79).

Der entscheidende Faktor für die DIT ist die Art und Menge der aufgenommenen Nahrung. Sie ist demzufolge ausschließlich nahrungsabhängig. Dies zeigen Experimente, bei denen die gleiche Testmahlzeit bei Männern und Frauen unterschiedlichen Alters und Gewichts im Mittel die gleiche postprandiale Umsatzsteigerung bewirkt (Biesalski 2004, S. 34).

Vieles deutet darauf hin, dass die nahrung induzierte Thermogenese in Beziehung mit der Stimulation der energieverbrauchenden Prozesse während der postprandialen Periode steht. Die intestinale Absorption der Nährstoffe, die initialen

Schritte ihrer Metabolisierung und die Speicherung der absorbierten aber nicht sofort oxidierten Nährstoffe erfordern eine ATP Hydrolyse - wofür vom Organismus Energie verbraucht werden muss (Tappy 1996).

Den Wissenschaftlern ist es gelungen die nährstoffspezifische Thermogenese zu ermitteln. Diese beträgt 0 bis 3% für Fett, 5 bis 10% für Kohlenhydrate und 20 bis 30 % für Protein. Bei gesunden Erwachsenen nimmt die DIT über 24 Stunden bei Aufnahme einer üblichen Mischkost etwa 10 % des gesamten Energieverbrauches ein (Tappy 1996).

Diese Werte schwanken jedoch in der Literatur. Nach Biesalski entspricht die DIT beispielsweise 2-4 % der mit Fett, 4-7% der mit Kohlenhydraten und 18-25% der mit Proteinen aufgenommenen Energiemenge. Ihr Anteil des täglichen Energieumsatzes unter üblichen Ernährungsbedingungen wird mit 8-15 % angegeben (Biesalski 2004, S. 34). Allen gleich ist die hierarchische Anordnung der Makronährstoffe, wobei Fett die geringste und Protein die höchste thermogentische Wirkung hat. Die postprandiale Thermogenese nach einer proteinreichen Mahlzeit hält etwa doppelt so lange an wie bei entsprechenden kohlenhydrat- oder fettreichen Mahlzeiten mit gleichem Energiegehalt (Biesalski 2004, S. 34).

Die nahrungsinduzierte Thermogenese ist, zusammen mit dem Grundumsatz und dem Energieverbrauch durch körperliche Aktivität, eine der drei Komponenten des täglichen Energieverbrauches. Obwohl die DIT die kleinste Komponente ist, könnte eine Rolle in der Entwicklung bzw. Vorbeugung von Übergewicht spielen (Westerterp 2004).

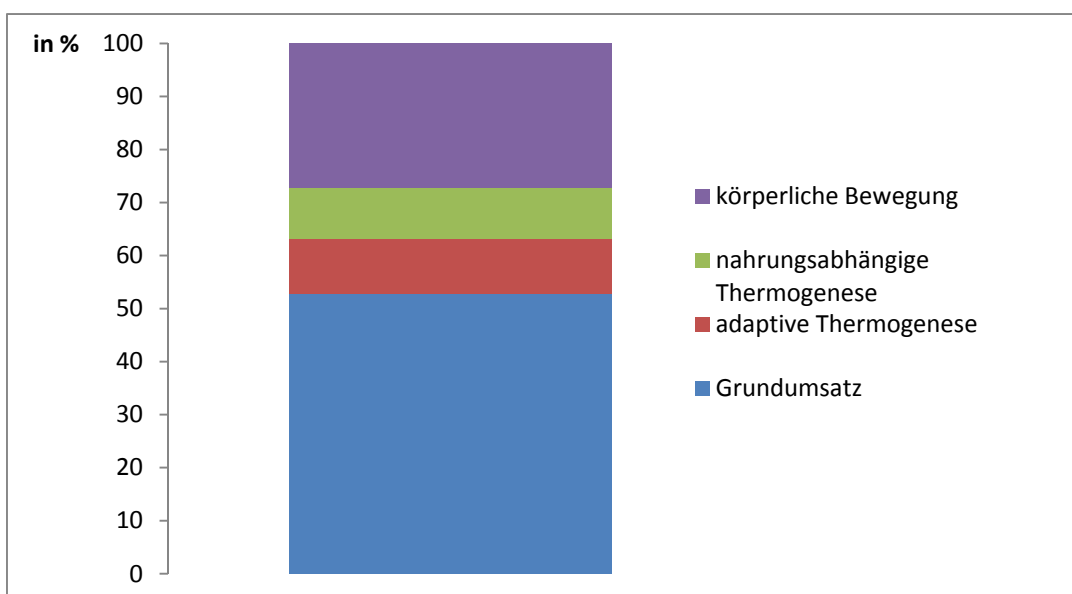


Abbildung 1: Komponenten des täglichen Energieumsatzes (Biesalski 2004, S. 252)

4.2.2 Prozesse bei der nahrungsinduzierten Thermogenese

Nährstoffe liefern dem Organismus Energie, damit er mechanische oder chemische Arbeit verrichten kann. Diese Energiemenge entspricht der gesamten Menge an ATP Molekülen, die bei der Oxidation der Nährstoffe erzeugt wird – abzüglich der ATP-Menge, die bei den initialen Schritten der Nährstoffmetabolisierung hydrolysiert worden ist. Hieraus lässt sich ein Index für den thermischen Effekt von Nährstoffen ableiten: es ist das Verhältnis der Menge an ATP, das bei den initialen metabolischen Schritten verbraucht wurde, zu der Menge ATP, das während der gesamten Nährstoffoxidation erzeugt wurde. In Abbildung 1 ist dieser Weg graphisch dargestellt.

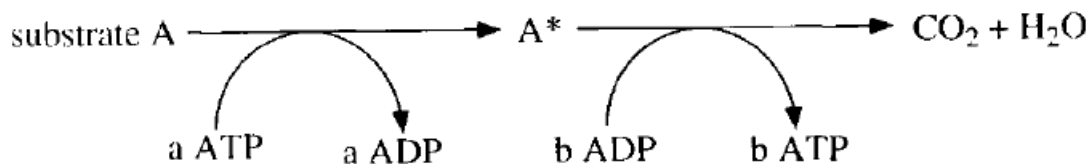


Abbildung 2: postprandialer ATP-Verbrauch (Tappy 1996, S. 393)

Entsprechend dem jeweiligen Nährstoff variiert die hydrolysierte Menge an ATP, da die Nährstoffe unterschiedliche metabolische Stoffwechselwege gehen (Tappy 1996).

4.2.3 Thermogenese und Protein

Es gibt überzeugende Hinweise, dass eine gesteigerte Proteinaufnahme die Thermogenese und Sättigung im Vergleich zu einer proteinärmeren Kost steigert (Halton, Hu 2004). Der physiologische Brennwert von Protein beträgt 17,2 kJ/g. Nach Abzug der durch den thermogenen Effekt verbrauchten Energie bleibt eine umsetzbare Nettoenergie von 13 kJ/g. Dieser Wert liegt unter dem von Kohlenhydraten und Fetten (Veldhorst 2008).

Häufig angeführte Gründe für den höheren thermogenen Effekt von Protein ist die Synthese von Protein, die hohen ATP-Kosten der Peptidbindungssynthese, der Ureaproduktion und der Gluconeogene (Halton, Hu 2004). Dies bedeutet zusammengefasst, dass die postprandiale Proteinsynthese im Vergleich zu der Synthese von Kohlenhydraten und Fetten einen höheren ATP-Verbrauch hat (Veldhorst 2008). Beispielsweise muss bei der Verstoffwechslung von Eiweiß etwa 25 Prozent mehr

Energie aufgewendet werden als bei der von Kohlenhydraten, um die gleiche Menge ATP zu bilden (Hamm 2008, S. 3).

Eine weitere mögliche Ursache für einen stärkeren thermogenetischen Effekt ist die Speichermöglichkeit des Organismus für Protein. Entgegen Kohlenhydraten und Fetten hat der menschliche Körper keine Speicher für Protein. Demzufolge muss zugeführtes Protein sofort metabolisch umgesetzt werden. Diese Synthese von Protein (Peptidbindungen, Ureaproduktion und Gluconeogenese) erfordert einen hohen Energieaufwand und wäre damit eine Begründung für den hohen thermogenetischen Effekt von Protein (Halton, Hu 2004, S. 374).

4.2.4 Ergebnisse einiger Studien

In einem Review von Halton et. al wurden 15 Studien zu diesem Thema verglichen. Die Messung des thermogenetischen Effektes erfolgte bei diesen Studien auf verschiedene Weisen. So wurde er bei sechs Studien als Prozentsatz der aufgenommenen Energie kalkuliert. Die Unterschiede zwischen der proteinreichen und der proteinarmen Diäten nahmen Werte zwischen 0,8 bis 22 % der Energie an, wobei das Protein jeweils den höheren thermogenetischen Effekt erzeugt hat. Zum anderen wurde die thermogenetische Wirkung in Kilojoule angegeben. Dies war bei drei der fünfzehn Studien der Fall. Der thermogenetische Effekt war auch hier bei der proteinreichen Kost am höchsten, ebenso wie bei den restlichen sechs Studien (Halton, Hu 2004).

Halton et al. schlussfolgerten, dass Diäten mit einem höheren Proteinanteil einen größeren Effekt auf den Energieverbrauch haben als Diäten mit niedrigerem Proteingehalt. Es ergebe sich letzten Endes die Frage, ob diese Unterschiede ausreichen, um das Körpergewicht zu beeinflussen (Halton, Hu 2004, S. 374).

Dieser Frage kann nachgegangen werden, indem die in Studien festgestellte durch den thermogenetischen Effekt zusätzlich aufgewendete Energie auf einen längeren Zeitraum hochgerechnet wird. Hierzu kann allerdings kein fester Wert sondern nur ein Schätzwert genommen werden, da in den verschiedenen Studien unterschiedliche Werte ermittelt worden sind. Alleine in dem Review von Halton et al. ergaben sich Werte zwischen 96 KJ und 251 KJ. Nimmt man als Mittelwert 170 KJ an und rechnet diesen auf 365 Tage hoch, so würde sich ein ungefährender Gewichtsverlust von 2 kg innerhalb eines Jahres durch die thermogenetische Wirkung von Protein ergeben.

De Jonge and Bray evaluierten 49 Studien, welche die DIT untersucht haben. In diesen Studien wurde die DIT von übergewichtigen mit der von schlanken Probanden verglichen. Bei 29 Studien hatten die Übergewichtigen gegenüber den Schlanken einen signifikant höheren Body Mass Index; zudem gab es keine großen Altersunterschiede. Von diesen 29 Studien berichteten 22 Studien eine signifikant niedrigere DIT bei den übergewichtigen verglichen mit den schlanken Probanden (de Jonge, Bray 1997).

Granata and Brandon vermuten, dass die Theorie, die DIT sei bei Adipösen reduziert, attraktiv und plausibel ist, obwohl abweichende Ergebnisse in der Literatur bestehen und die Forschung zahlreiche Mängel aufgedeckt und Bedenken hinsichtlich der Methoden zur Messung und Berechnung der DIT hat (Granata, Brandon 2002).

In einer Regressionsanalyse von Westerterp wurden 19 Diäten einbezogen (siehe Tabelle 1). Die Analyse ergab, dass Protein als Bestandteil der Nahrung als eine signifikante Größe der DIT angesehen werden kann. Ein Anstieg des Proteins um ein Prozent resultiert in einer gesteigerten DIT von $0.22 \pm 0.42 \%$ ($p < 0.05$). Die orange hinterlegten Zeilen zeigen eine DIT über 8 % bei einem Proteinanteil über 20 %.

Anmerkung: In der Tabelle 1 sind die Diätkomposition in Energieprozent der Nahrungsaufnahme und die nahrungsinduzierte Thermogenese (DIT), gemessen als Anstieg des Energieverbrauches über dem Nüchternwert über das Zeitintervall, und ausgedrückt als Prozentsatz des Energiegehaltes der aufgenommenen Nahrung (% Aufnahme) dargestellt (Westerterp 2004).

Fazit

Die Beweislage lässt vermuten, dass eine proteinreiche Kost einen größeren Effekt auf den Energieverbrauch hat als eine proteinärmere Kost (Halton, Hu 2004). Im Vergleich zu Kohlenhydraten und Fetten sind Proteine die unökonomischsten Energielieferanten im Stoffwechsel (Hamm 2008, S. 3)

Zudem gab es in einer Studie von Halton Hinweise darauf, dass Studien oftmals nicht lange genug andauern, um vollständige Thermogenese einzubeziehen. Dieser Ansicht ist auch Westerterp. Der postprandiale Anstieg des Energieverbrauchs dauere mehrere Stunden und wird oftmals etwa 10 Stunden nach der letzten Mahlzeit als vollständig angesehen, aber es gäbe noch eine Diskussion darüber, wann der postabsortive Status erreicht ist (Westerterp 2004) Der gesamte thermogene Effekt

von Protein könnte demzufolge größer sein, als bisher angenommen. Um dies zu bestätigen, wären zukünftig entsprechende Studien mit längerer Dauer notwendig.

Tabelle 1: Studien der Regressionsanalyse: Zusammenhang von DIT und Protein (modifiziert nach Westerterp, 2004, S. 4)

Probanden (n)	Diät (En% KH/P/F)	Energiezufuhr (MJ)	Zeit (Std.)	DIT (% Aufnahme)
10	57/10/33	1.9	4	7.1
12	45/10/45	2.5	4	7.2
471	50/20/30	9.4	24	18
6	73/11/16	2.8	4	4.2
6	65/10/25	2.5	5	6.5
18	80/18/2	2.2	4	4.0
18	15/18/67	2.2	4	5.0
12	45/15/40	3.1	5.5	8.3
8	30/10/60	8.9	24	10.5
8	60/30/10	8.9	24	14.6
12	45/15/40	3.6	5.5	7.1
24	62/27/11	3.8	5	8.1
12	40/12/48	2.5	5	4.3
12	68/12/20	2.5	5	6.5
14	42/15/43	2.5	5	5.8
13	80/17/3	3.2	4	5.2
19	37/32/31	2.8	5	8.3
19	65/12/24	2.8	5	7.1
19	24/12/65	2.8	5	7.1

5 Evidenzklassen

Die in dieser Diplomarbeit unter den Gliederungsabschnitten 7 und 8 aufgeführten Studien werden entsprechend ihrem Studiendesign und ihrer wissenschaftlichen Aussagekraft in Evidenzklassen (I bis IV) nach Tabelle 2 eingeteilt.

Tabelle 2: Evidenzklassen (Hauner 2007, modifiziert nach SIGN, 1999)

Evidenzklassen	
Ia	Evidenz aufgrund von Metaanalysen randomisierter, kontrollierter Studien
Ib	Evidenz aufgrund mindestens einer randomisierten, kontrollierten Studie
IIa	Evidenz aufgrund mindestens einer gut angelegten, kontrollierten Studie ohne Randomisierung
IIb	Evidenz aufgrund mindestens einer gut angelegten, nicht-randomisierten und nicht-kontrollierten klinischen Studie
III	Evidenz aufgrund gut angelegter, nicht-experimenteller, deskriptiver Studien, wie z.B. Vergleichsstudien, Korrelationsstudien und Fall-Kontroll-Studien
IV	Evidenz aufgrund von Berichten der Experten-Ausschüsse oder Experten Meinungen und/oder Klinischer Erfahrung anerkannter Autoritäten

6 Methodologie

In diesem Abschnitt wird dargestellt, welche Aspekte bei der Darstellung der Studien berücksichtigt worden sind. Bei beiden short term Studien wurde aufgrund der größeren Studienanzahl eine kompaktere Darstellungsform gewählt als bei den Long term Studien. Die nachfolgende Aufzählung orientiert sich an dem Schema der Long-term Studien.

Teilnehmer und Studiendauer

Es werden Angaben über Geschlecht, Alter und Body-Mass-Index der Probanden gemacht. Bei der Anzahl der Teilnehmer handelt es sich um diejenigen, die die Einschlusskriterien erfüllt haben und in die Studie aufgenommen wurden.

Die Teilnehmerzahl zu Beginn der Studie deckt sich oftmals nicht mit der Anzahl der Probanden, die die Studie auch wirklich abschließen. Der Grund liegt darin, dass im Laufe der Studie Probanden aus verschiedensten Ursachen ausscheiden können. Dies kann an privaten Beweggründe, die nicht im Zusammenhang mit der jeweiligen Studie stehen, aber auch aus studienbedingten Gründen, wie beispielsweise Probleme bei der Einhaltung der Diät, der Fall sein. Bei vielen Studien werden neben der

Anzahl der ausgeschiedenen Probanden auch die Hintergründe angegeben. Aus diesen Angaben können dann weitere Rückschlüsse, wie beispielsweise auf die Compliance der Probanden, abgeleitet werden.

Im Rahmen dieser Diplomarbeit werden sowohl kurzfristige als auch langfristige Studien betrachtet. Daher ist die Angabe der Studiendauer ein Hinweis auf die Art der Studie. Darüber hinaus ist die Dauer zur Beurteilung der Diäten wichtig, da beispielsweise eine zu kurze Dauer unzureichende Ergebnisse liefern würde. Nicht zuletzt ist die Angabe der Studiendauer für den Vergleich der einzelnen Studien notwendig.

Studiendesign

Dieser Punkt behandelt alle Aspekte bezüglich der Studienevidenz und der Diäten, die die Probanden über die Dauer der Studie einhalten sollen. Die Angabe der Evidenzklasse ist für die Bewertung der jeweiligen Studie wichtig. Ist die Evidenzklasse hoch, gelten die Ergebnisse als vertrauenswürdig. Die Ergebnisse einer Studie mit niedriger Evidenzklasse sollten als weniger beweiskräftig angesehen werden.

Zu der Beschreibung der Diäten gehören Angaben über die Kilojoulemenge bzw. ob ad libitum Bedingungen vorliegen, die Zusammensetzung der Diät(en) und in welcher Form die Probanden die Lebensmittel erhalten (Versorgung durch die Studienführer oder Selbstversorger und wo findet im Falle der eigenständigen Versorgung durch die Probanden der Einkauf statt. Gibt es einen speziellen (überwachten) Shop?

Untersuchungen, ~smethoden

Von elementarer Bedeutung sind die Untersuchungen und die angewendeten Methoden, da diese die Grundlage für die spätere Ergebnisauswertung liefern. Im Rahmen der Studien wurden zur Ermittlung von Körpergewicht, Körperzusammensetzung und Diätcompliance nachfolgende Werte ermittelt:

Körpergewicht, Körperfettanteil zur Bestimmung der Körperzusammensetzung, Taillen und Hüftumfang, Nahrungsaufnahme und die Nitrogenausscheidung im Urin.

Die Ermittlung des Körpergewichtes erfolgt anhand geeichter Waagen, die Messung des Taillen- und Hüftumfanges mit Hilfe eines Maßbandes. Der Körperfettanteil wird mit entsprechenden Geräten bestimmt. Im Wesentlichen gibt es drei Varianten: Eine Körperfettwaage (mit und ohne Handgriff zur Messung über Füße und Hände),

Handhaltegeräte und BIA-Messgeräte mit Elektroden, die an Händen und Füßen geklebt werden. Wegen der höchsten Präzision wird für wissenschaftliche Messungen in der Regel ein BIA Messgerät mit Elektroden verwendet.

Zur Kontrolle der Einhaltung der Diätvorschriften werden Art und Menge der Nahrungsaufnahme anhand von Ernährungsprotokollen (i.d.R. über jeweils drei Tage) und Lebensmittelwagen ermittelt. Zudem kann der Proteingehalt der verzehrten Nahrung anhand der Nitrogenausscheidung im Urin bestimmt werden.

Anmerkung:

Da sich die Untersuchungsmethoden in den einzelnen Studien ähneln, wurde auf die Angabe bei den jeweiligen Studien verzichtet. Die Angaben zur Kontrolle der Einhaltung der Diätvorschriften erfolgt unter dem Punkt Compliance.

Betreuung

Es hat sich im Laufe der Recherchen herausgestellt, dass die Betreuung neben der allgemeinen Gestaltung der Studie einen wichtigen Einfluss auf die Compliance der Studienteilnehmer und damit auf die Ergebnisse der Studie hat. Daher wird dieser Punkt, soweit dazu in der jeweiligen Studie Angaben gemacht worden sind, ein besonderes separat aufgeführt. Zu der Betreuung der Studienteilnehmer gehören der Kontakt und Schulungen durch Ernährungsberater. Neben der Tatsache, dass dies überhaupt angeboten wird, ist auch die Häufigkeit, Regelmäßigkeit und Dauer entscheidend. Es kommt durchaus vor, dass zwar zu Beginn der Studie während der aktiven Gewichtsverlustphase ein guter Kontakt zum Ernährungsberater besteht, aber dieser während der späteren Gewichtsstabilisierungsphase (betrifft längerfristige Studien) nicht entsprechend weitergeführt wird. Dies kann die Compliance der Teilnehmer deutlich verschlechtern und somit auch die Ergebnisse beeinflussen.

In diesen Bereich fällt auch das Führen von Ernährungsprotokollen und deren Auswertung. Werden diese regelmäßig geführt, kann zum einen schon während der Studiendauer eingegriffen werden, falls die Ernährungsvorgaben nicht korrekt befolgt werden. Zudem besteht bei der Auswertung der Studie die Möglichkeit, genau zu identifizieren, ob und welche Probanden die Richtlinien eingehalten haben. Ggf. kann dann entsprechend reagiert werden, indem beispielsweise eine neue Auswertungsgruppe gebildet wird. Zumindest kann bei der späteren Diskussion darauf hingewiesen werden, dass es Probleme mit der Compliance gegeben hat und die Ergebnisse unter diesem Hintergrund betrachtet werden sollten.

Ebenso der Betreuung zuzuordnen, wenn auch unter einem anderen Punkt dargestellt, sind Besuche an dem Ort, wo die Messungen (Gewicht, Blutwerte, etc.) durchgeführt werden. Diese sind in der Regel elementar, aber auch hier kommt es auf die Häufigkeit, Dauer und Regelmäßigkeit an. Neben den grundlegenden Daten, die dadurch gewonnen werden, haben diese Treffen auch einen Einfluss auf die Compliance, da die Probanden gewissermaßen „unter Beobachtung“ stehen.

Weitere Angaben

Darüber hinaus werden Angaben zur Compliance und den Studienergebnissen gemacht, gefolgt von einer Diskussion.

7 Ketogene Diäten

7.1 Hession et al. (2009): Systematic review of randomized controlled trials of low-carbohydrate vs. low-fat/low-calorie diets in the management of obesity and its comorbidities

Es handelt sich hierbei um ein systematisches Review mit einer statistischen Metaanalyse randomisierter, kontrollierter Studien, daher erfolgt die Einstufung in die Evidenzklasse Ia.

In diesem Review wurden insgesamt 13 LC-Diäten einbezogen. Eine Liste der Diäten einschließlich der Daten über den Kohlenhydratgehalt ist in Abbildung 2 zu sehen. Fünf Studien hatten eine Dauer von 6 Monaten und 8 dauerten 12 Monate oder länger.

In die Berechnung für die Unterschiede in der Gewichtsabnahme wurden 9 Studien für die Dauer von 6 Monaten einbezogen. Hiervon konnte bei 6 Studien eine größere Gewichtsabnahme in der LC-Diät beobachtet werden. In den Studien von Brinkworth, Dansinger und Truby konnten hingegen keine Unterschiede festgestellt werden.

Für die Dauer von 12 Monaten wurden 7 Studien analysiert, zwei davon konnten keine Vorteile für die LC-Diät feststellen. In den übrigen Studien konnte zwar eine stärkere Gewichtsabnahme festgestellt werden, diese war allerdings auffällig niedriger als im Zeitraum nach 6 Monaten.

Tabelle 3: Zusammenfassung der Diäten und Kohlenhydratgehalte (Hession 2009)

Study	Diets compared	Amount of CHO consumed per day for LC/HP	Were the diets energy controlled?
Brehm <i>et al.</i> , 2002 (10)	VLC/HP vs. LF/HC	20 g increased to 40–60 g after 2 weeks	LF – kcal restricted
Brinkworth <i>et al.</i> , 2004 (11)	MP vs. SP	40% CHO	Initial 12 weeks energy restriction, followed by 4 weeks energy balance
Cardillo <i>et al.</i> , 2006 (12)	LC/HP vs. LF/HC	30 g for 6 months followed by reintroduction of CHO	LF – reduced by 500 kcal d ⁻¹
Dansinger <i>et al.</i> , 2005 (13)	VLC/HP vs. LF/HC	30 g increased to 50 g gradually	LF – kcal restricted
Due <i>et al.</i> , 2004 (14)	MP (12% of energy) vs. HP (25% of energy), both 30% fat	40% CHO	No (<i>ad libitum</i>)
Foster <i>et al.</i> , 2003 (15)	VLC/HP vs. LF/HC	20 g then increased gradually	LF – women: 1200–1500 kcal d ⁻¹ ; men: 1500–1800 kcal d ⁻¹
Gardner <i>et al.</i> , 2007 (16)	VLC/HP vs. LF/HC	20 g increased to 50 g gradually	LF – kcal restricted
Samaha <i>et al.</i> , 2003 (17)	LC/HP vs. LF/HC	30 g	LF – reduced by 500 kcal d ⁻¹
Seshadri <i>et al.</i> , 2004 (18)	LC/HP vs. LF/HC	30 g	LF – reduced by 500 kcal d ⁻¹
Stern <i>et al.</i> , 2004 (19)	LC/HP vs. LF/HC	30 g	LF – kcal restricted
Truby <i>et al.</i> , 2006 (20)	Atkins vs. LF/HC	20 g increased to 5 g week ⁻¹ when 10 lb away from target weight	LF – kcal restricted
Tsai <i>et al.</i> , 2005 (21)	LC/HP vs. LF/HC	30 g increased to 50 g gradually	LF – kcal restricted
Yancy <i>et al.</i> , 2004 (22)	VLC/HP vs. LF/HC	<20 g increased by 5 g d ⁻¹ when reached half of target weight	LF – reduced by 500 kcal d ⁻¹

CHO, Carbohydrate; HC, high-carbohydrate; HP, high-protein; LC, low-carbohydrate; LF, low-fat; MP, moderate protein; SP, standard protein; VLC, very-low-carbohydrate.

Der sogenannte „gewichtete mittlere Differenz“⁴ (engl.: „weighted mean difference“) ergab nach sechs Monaten eine um 4,02 kg höhere Gewichtsabnahme und nach 12 Monaten eine um 1,05 kg höhere Gewichtsabnahme für die LC-Diäten.

In dem Zeitraum von 6 Monaten lagen die Ergebnisse der Studien zwischen -3,2 und -12 kg bei den LC-Diäten und zwischen -1,9 und -8,5 kg bei den Vergleichsdiäten.

Nach 12 Monaten lagen die Ergebnisse zwischen -2,1 und -9,0 kg (LC) und -2,2 und -9,1 kg (HC).

Nachfolgend ist eine der oben aufgeführten Studien mit einer Dauer von 6 Monaten exemplarisch dargestellt. Hierbei handelt es sich um die Studie von Brehm *et al.* aus dem Jahre 2003.

⁴ Effektmaß für kontinuierliche Endpunkte, die auf derselben Skala gemessen werden (hier Gewicht) zur Beschreibung des Gesamteffekts, wenn Studien in Meta-Analysen gepoolt werden. Dabei erhalten die Einzelstudien ein unterschiedliches Gewicht, um die Präzision des Effektschätzers zu berücksichtigen. Üblicherweise geht hier die Größe der Studie ein. (Quelle: <http://www.cochrane.de/de/glossary.htm>)

7.2 Brehm et al. (2003): A Randomized Trial Comparing a Very Low Carbohydrate Diet and a Calorie-Restricted Low Fat Diet on Body Weight and Cardiovascular Risk Factors in Healthy Women

Brehm et al. untersuchten in einer randomisierten, kontrollierten Studie 53 übergewichtige Frauen im Alter von 18 Jahren und älter und einem BMI zwischen 30 und 35 kg/m². Es sollten u.a. die Effekte einer kohlenhydratarmen, ketonischen Diät („low-carb“: LC) mit denen einer fettarmen kilojoulereduzierten Diät (HC) auf Gewicht und Körperzusammensetzung verglichen werden.

Über einen Zeitraum von 6 Monaten wurden die Probanden eine der beiden Diäten zugeordnet. Die Vorgaben in der LC-Gruppe (n = 26) waren eine Kohlenhydrataufnahme unter 20 g/d in den ersten zwei Wochen und anschließend sollte die Kohlenhydratmenge auf 40-60 g/d erhöht werden, wobei sie jedoch innerhalb des ketogenen Zustandes bleiben sollten. Der Verzehr war ad libitum. Die fettarme Diät (n = 27) hingegen war energiebeschränkt (Ermittlung mittels Harris-Benedict-Formel) mit einer MNZ von 55 % KH, 15 % Protein und 30 % Fett.

In den ersten drei Monaten gab es alle zwei Wochen Gruppentreffen, in denen u.a. Zubereitungstipps, Stressmanagement, Verhaltensmodifikationen und Rückfallprofilaxen besprochen wurden. In den Wochen dazwischen gab es individuelle Treffen mit einem Ernährungsberater, in denen auch 3-Tages-Ernährungsprotokolle ausgegeben und besprochen wurden. Die restlichen drei Monate sollten die Probanden die Diäten selbständig weiter durchführen.

Die Studie wurde von 20 Teilnehmern der HC-Gruppe und 22 Teilnehmern der LC-Diät beendet. In beiden Gruppen kam es zunächst zu einer Reduzierung der Kilojouleaufnahme um etwa 1890 kJ, auch wenn dies nur in der HC-Gruppe vorgegeben war. Ab dem dritten Monat blieb die Kilojouleaufnahme in der HC-Gruppe konstant, in der LC-Gruppe nahm sie um 630 kJ zu. Die Entwicklung der MNZ ist in Abbildung 3 und 4 dargestellt.

In der HC-Gruppe entsprach die MNZ sowohl im 3. als auch im 6. Monat den Vorgaben. Bei der LC-Gruppe lag die Kohlenhydratmenge im 3. Monat mit 43 g/d deutlich unter der Aufnahme der HC-Gruppe und in einem Bereich, der eine Ketose verursacht. Allerdings wurde die geforderte maximale Menge von 20 g/d deutlich überschritten. Am Ende der Intervention hatte sich die Kohlenhydratmenge verdoppelt (97 g), die Aufnahme von Protein ist um 5 % und die von Fett um 11 % gesunken.

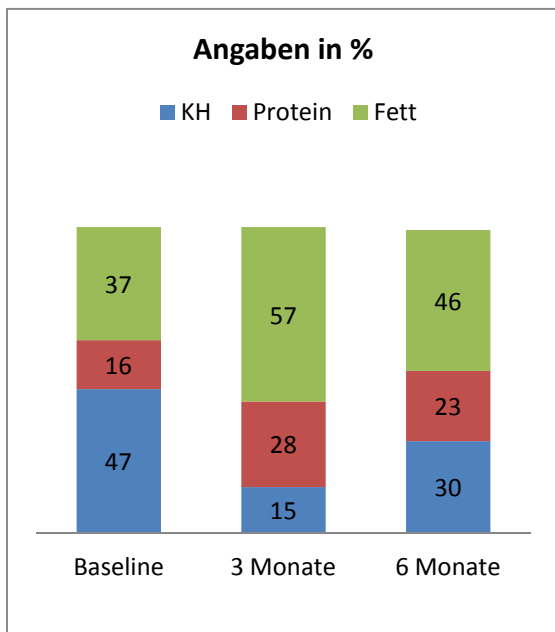


Abbildung 3: Entwicklung der MNZ der LC-Diät (nach Brehm 2003)

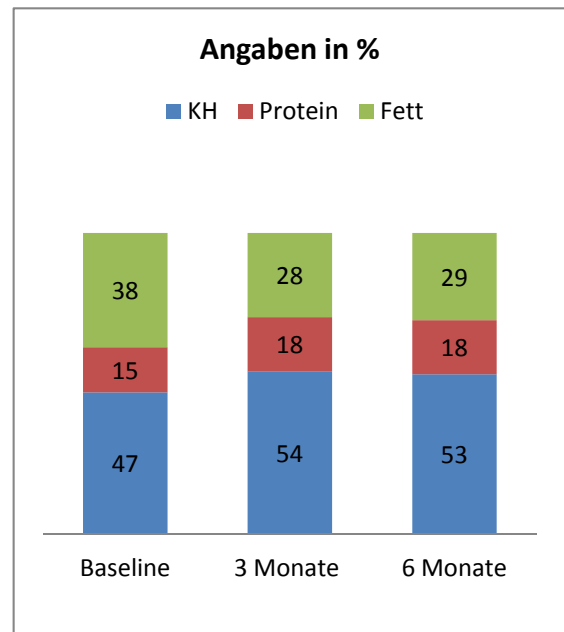


Abbildung 4: Entwicklung der MNZ der HP-Diät (nach Brehm 2003)

Es kam zu einer signifikant größeren Gewichts- und Fettmassenabnahme in der LC-Gruppe, als in der HC-Gruppe. Die Gewichtsverluste sind in Abbildung 5 für die Monate 3 und 6 dargestellt. Das Verhältnis Fettmassenverlust : FFM-Verlust ist in der LC-Gruppe günstiger als in der HC-Gruppe (2,4 : 1 vs. 1,9 : 1).

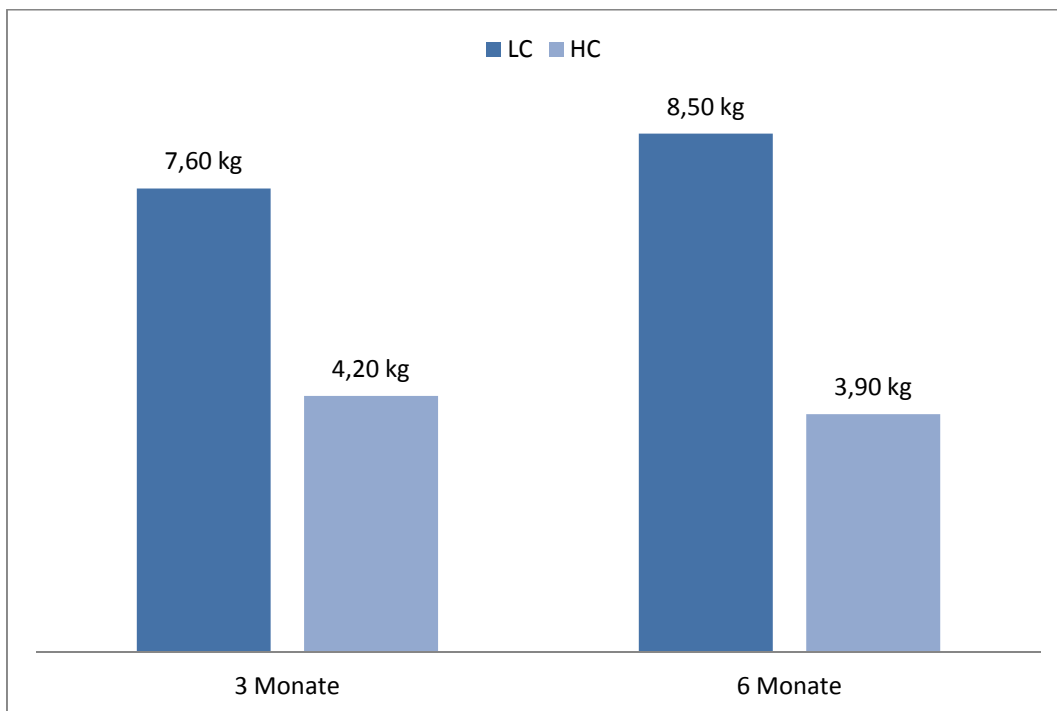


Abbildung 5: Gewichtsverlust der LC- und HC-Diät (nach Brehm 2003)

Diskussion:

Die Ergebnisse der Studie zeigen, dass eine ketogene Diät einer kohlenhydratreichen, fettarmen Diät über eine Dauer von 6 Monaten sowohl in der Gewichtsabnahme, als auch in der Verbesserung der Körperzusammensetzung überlegen ist. Laut Angaben der Autoren, zeigten sich Ketonkörper im Urin, ein Kennzeichen für die Ketose in der LC-Gruppe.

Es ist auffällig, dass die Probanden der LC-Gruppe eine spontane Senkung der Energieaufnahme, ähnlich der HC-Gruppe hatten, obwohl es keine Energiebeschränkungen gab. Dies könnte auf die bessere Sättigungswirkung des Proteins zurückzuführen sein. Zudem sind Sättigungseffekte durch die Ketose denkbar.

Beide Gruppen verloren bereits in den ersten zwei Wochen knapp 40 % der gesamten Gewichtsabnahme. Dies spricht gegen die Vermutung, dass die Gewichtsabnahme bei LC-Diäten vornehmlich aus Wasser durch den Abbau von Glykogen bestehe; ebenso wie die festgestellten Verluste an Fettmasse.

Die Entwicklung über sechs Monate hinaus wurde u.a. in der Studie von Foster et al. beobachtet.

7.3 Foster et al. (2003): A Randomized Trial of a Low-Carbohydrate Diet for Obesity

Foster et al. untersuchten 60 gesunde Frauen und Männer mit dem Ziel, die Wirkung von kohlenhydratarmen Diäten bei Adipositas zu ermitteln. Über einen Zeitraum von 12 Monaten wurden dazu zwei Gruppen gebildet, denen die Probanden randomisiert zugeordnet wurden. Die eine Gruppe erhielt eine kohlenhydratarme Diät (LC-Diät), die andere eine konventionelle fettarme, kohlenhydratreiche Diät (HC-Diät). Die Probanden der kohlenhydratarmen Diät durften in den ersten zwei Wochen maximal 20 g KH pro Tag verzehren. Im Anschluss wurde der Kohlenhydratgehalt langsam auf ein Maß angehoben, bis ein stabiles, erwünschtes Gewicht erreicht wurde. Weitere Vorgaben für die Protein- und Fettaufnahme wurden nicht gemacht, der Verzehr war ad libitum. Die Gruppe mit der fettarmen, kohlenhydratreichen Diät erhielt über den gesamten Interventionszeitraum eine Diät mit festem Kilojoulegehalt (je nach Geschlecht zwischen 5040 und 7560 kJ/d). Die Makronährstoffkomposition sollte bei 60 % Kohlenhydraten, 15 % Eiweiß und 25 % Fett liegen.

Die Probanden beider Gruppen hatten vor Beginn der Studie ein individuelles Treffen mit einem Ernährungsberater, der ihnen die Grundlagen der Diät erklärte. Zudem bekamen die Probanden der HC-Gruppe ein Manual eines Programmes für Gewichtsreduzierung („The LEARN Program for Weight Management“) und die der LC-Gruppe das Manual der Atkin-Diät („Dr. Atkins' New Diet Revolution“). Eine weitere intensive Betreuung durch Ernährungsberater gab es nicht, da die Studienbedingungen nahe der Alltagssituation der meisten Menschen, die eine Diät machen, sein sollte.

Die Gewichtsabnahme war in Monat 3 und 6 signifikant höher in der Gruppe mit der kohlenhydratarmen Diät als bei der Kontrollgruppe. Eine Intention-to-treat- Analyse (ITT) ergab, dass die Probanden der LC-Gruppe $-7,0 \pm 6,55$ Prozent des Ausgangsgewichtes (%-AG) und die Probanden der HC-Gruppe $-3,2 \pm 5,6$ %-AG abnahmen. Im Monat 12 waren die Unterschiede mit $-4,4 \pm 6,7$ %-AG (LC) zu $-2,5 \pm 6,3$ %-AG (HC) nicht länger signifikant. Insgesamt bestand eine hohe Abbruchrate, die sich jedoch zwischen den Gruppen nicht signifikant unterschied. Dennoch ergibt sich auch bei Betrachtung der Ergebnisse von den „Completern“ eine im Verhältnis zwischen beiden Gruppen vergleichbare Datenlage, so dass der Kurvenverlauf nahezu identisch ist. In nachfolgendem Diagramm ist der Kurvenverlauf nach ITT abgebildet. Dieser Verlauf kann für Low-Carb Studien mit ad libitum Verzehr, die mit einer konventionellen fettarmen, kohlenhydratreichen Diät verglichen werden, als „klassisch“ angesehen werden.

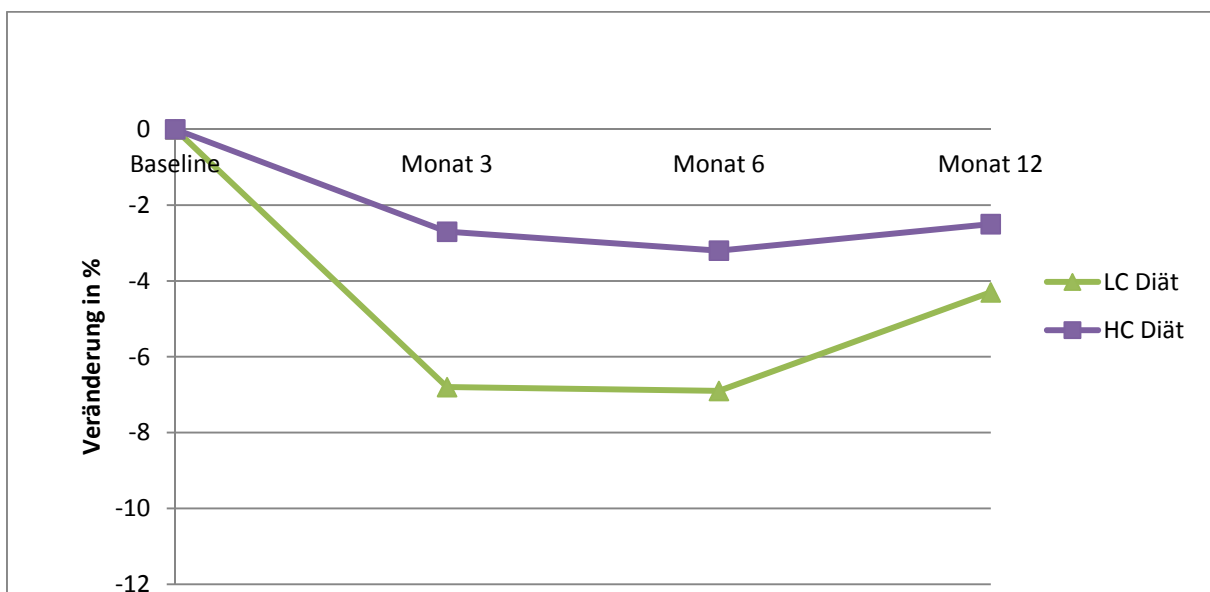


Abbildung 6: Gewichtsentwicklung der LC- und HC-Diät über 12 Monate (nach Foster et al. 2003)

⁵ Mittelwerte +/- SD

In den ersten zwei Monaten lag der Prozentsatz der Patienten in der LC-Gruppe, bei denen Ketonkörper im Urin nachgewiesen werden konnten, bei etwa 60 % und war damit signifikant höher als in der HC-Gruppe (siehe Abbildung 6). Ab dem dritten Monat nahm der Anteil der Patienten mit nachgewiesener Ketose jedoch ab und lag in der 20. Woche nur noch bei etwa 20 %. Zudem konnte keine signifikante Beziehung zwischen Gewichtsverlust und Ketose festgestellt werden.

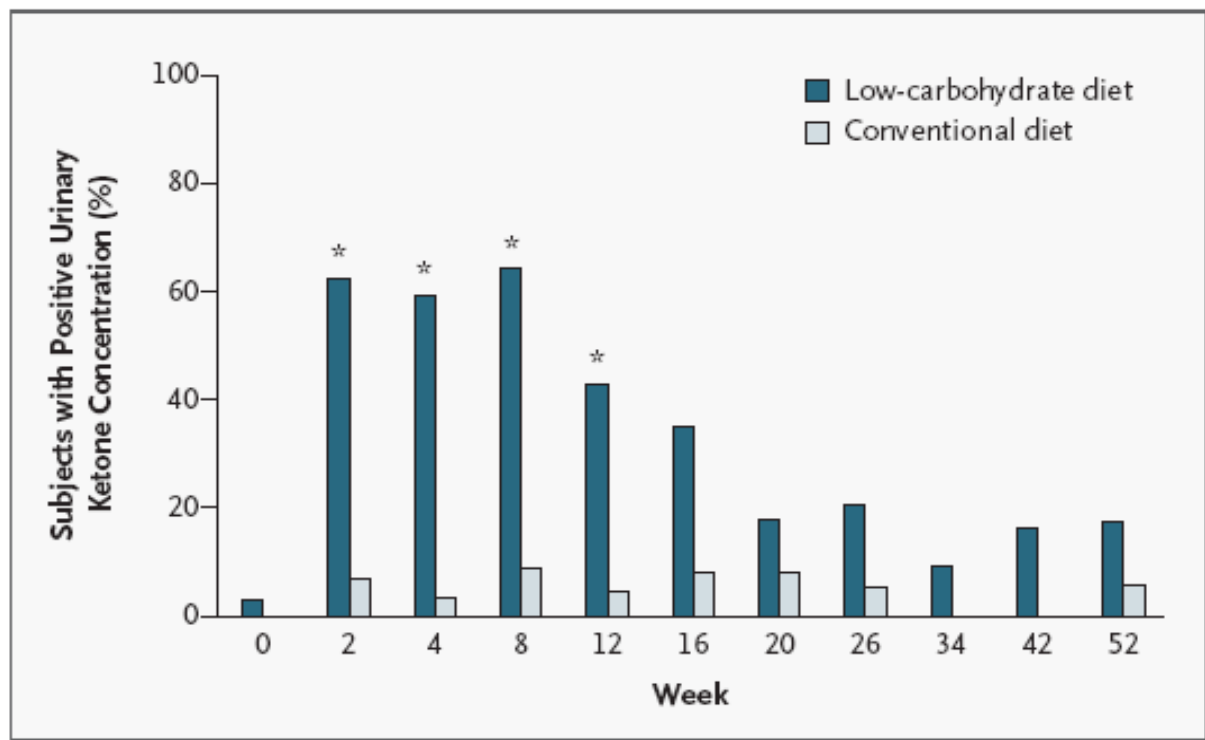


Abbildung 7: Prozentsatz der Probanden mit positivem Nachweis von Ketonkörper im Urin (Foster et al. 2003)

Diskussion:

Die höhere Gewichtsabnahme in der LC-Gruppe in den ersten sechs Monaten deutet auf eine insgesamt geringere Energieaufnahme der Probanden dieser Gruppe hin, obwohl es keine Beschränkungen – im Gegensatz zur HC-Gruppe – in der Protein und Fettaufnahme gegeben hat. Ursächlich für die spontane geringere Energieaufnahme, die bei LC-Diäten mit Verzehr ad libitum beobachtet wird, ist möglicherweise der sättigende Effekt von Protein. Zudem ist bei LC-Diäten das Nahrungsangebot durch die drastische Reduzierung der Kohlenhydrate eingeschränkt, was ebenfalls zu einer verringerten Nahrungsaufnahme führen kann. Es sind auch Effekte durch die ketogene Stoffwechsellage denkbar.

Nach einem Jahr konnten keine signifikanten Unterschiede mehr zwischen den beiden Gruppen festgestellt werden. Ursächlich hierfür war die Gewichtszunahme in der LC-Gruppe, die ab dem sechsten Monat zu beobachten war. Nachteilig für die Analyse der Studie ist, dass keine Angaben über die Energieaufnahme während der Intervention gemacht wurden. Aufgrund der Tatsache, dass etwa 2/3 der Probanden aus der LC-Diät ab der 20. Woche sich nicht mehr im Zustand der Ketose befanden, ist zumindest von einem Anstieg in der Kohlenhydrataufnahme auszugehen. Eine Steigerung der Energieaufnahme ist durchaus denkbar, insbesondere dann, wenn die man die Ursache der reduzierten Energieaufnahme in den ersten sechs Monaten in der erhöhten Proteinaufnahme und der ketogenen Stoffwechsellage sieht.

7.4 Abschließende Diskussion

Die stärkere initiale Gewichtsabnahme bei der kohlenhydratarmen Diät kann bei einem Großteil der Studien zu diesem Thema beobachtet werden (siehe Review von Hession et al.). Hierzu gibt es verschiedene Erklärungsansätze. Zum einen wird ein Zusammenhang mit der ketogenen Stoffwechsellage diskutiert. Brehm et al. konnten jedoch in ihrer Studie keinen Zusammenhang zwischen Gewichtsabnahme und dem Auftreten von Ketonkörpern im Urin feststellen (Brehm 2003).

Johnston et al. fanden in ihrer Studie, die eine ketogene Diät (5 % KH zu Beginn, 60 % Fett) mit einer proteinreichen, kohlenhydratarmen aber nicht ketogenen Diät (40 % KH, 30 % Fett) über 10 Wochen verglichen haben, dass es keine Vorteile für die LC-Diät in der Gewichtsabnahme gegeben hat; weder in den 6 Wochen, in denen die Mahlzeiten den Probanden zubereitet wurden, noch nach weiteren 4 Wochen, in denen sie sich selber versorgen mussten. Allerdings waren beide Diäten energiebeschränkt, was die Ursache für die nicht vorhandenen Unterschiede gewesen sein kann. Foster et al. stellten fest, dass bei einem stabilen Energiegehalt einer energie-reduzierten Diät die MNZ keinen Einfluss auf die Gewichtsabnahme hat. Diese Theorie wird auch durch weitere Studien, in denen die Diäten energiebeschränkt waren, bestätigt (siehe Kapitel 8.1: Layman, Farnsworth und Johnston). Zudem war die Dauer der Studie recht kurz und die Zahl der Probanden war mit $n = 20$ gering.

Laut Atkins, dem wohl bekanntesten Vertreter dieser Diätform, soll die Ketose eine Senkung des Appetites bewirken (Atkins RC 1992, S. 77). Die erhöhte Sättigungswirkung der Diät wäre allerdings auch durch den hohen Proteinanteil erklärbar.

Einen weiteren Erklärungsansatz könnte der durch den geringen Kohlenhydratgehalt verursachte vermehrte Wasserverlust, hervorgerufen durch Glykogenverluste, liefern. Stärkere Wasserverluste in der proteinreichen, kohlenhydratarmen Diät konnten beispielsweise bei Baba et al. beobachtet werden. Bei dieser Studie handelt es sich zwar nicht um eine ketogene Diät, der Kohlenhydratgehalt war aber mit 25 % recht niedrig.

Darüber hinaus lässt sich dieser Gewichtsverlust in einigen Studien durch eine geringere Kilojouleaufnahme, insbesondere bei Verzehr „ad libitum“ erklären. In der Studie von Foster et al. schlussfolgern die Autoren, die Unterschiede im Gewichtsverlust zwischen den beiden Gruppen in den ersten sechs Monaten würden demonstrieren, dass ein insgesamt größeres Energiedefizit bei der low-carb Gruppe bestehe, obwohl die Protein- und Fettaufnahme in dieser Gruppe nicht begrenzt war – im Gegensatz zu der begrenzten Energieaufnahme in der Kontrollgruppe.

Diese stärkeren Gewichtsverluste konnten jedoch in dieser Studie nach dem 6. Monat nicht gehalten werden. Auch die Ergebnisse des Reviews zeigen, dass die Höhe der Gewichtsabnahme nach 12 Monaten deutlich gesunken ist.

Betrachtet man die Zusammensetzung der kohlenhydratarmen Diät bei Foster et al., so ist auffällig, dass nur während der ersten zwei Wochen eine absolute Beschränkung auf 20 g Kohlenhydrate pro Tag gemacht wurde. Im weiteren Verlauf sollte die Menge an Kohlenhydraten soweit erhöht werden, bis ein gewünschtes stabiles Gewicht erreicht ist. Genauere Angaben, um wie viel die Kohlenhydrataufnahme tatsächlich angestiegen ist, werden in der Studie nicht gemacht. Aus der abnehmenden Zahl der Probanden mit einer Ketose ist allerdings zu vermuten, dass diese über 100 Gramm gelegen haben muss. Zudem kam es nicht wie gewünscht zu einer Gewichtsstabilisation, sondern zu einer Gewichtszunahme. Es lässt sich daher vermuten, dass die Einhaltung einer starken Beschränkung der Kohlenhydratzufuhr für die Probanden schwierig war und aufgrund der Ergebnisse aus dem Review allgemein schwierig zu sein scheint.

In den Leitlinien der Deutschen Adipositas-Gesellschaft wird über kohlenhydratarmer Kostformen gesagt, dass sie eine rasche Gewichtsabnahme mit anfänglich guter Compliance ermöglichen. Nach 12 Monaten unterscheidet sich der Gewichtsverlauf nicht mehr von dem einer ausgewogenen hypokalorischen Mischkost. Als Reverenzstudie wurde u.a. auch die von Foster et al. angegeben. Es wurde ge-

schlussfolgert, dass diese Diätform wegen der begrenzten Lebensmittelauswahl und der fehlenden Langzeitdaten allenfalls für den initialen Gewichtsverlust geeignet sei (Hauner 2007).

Zusammenfassend kann man feststellen, dass ketogene Diäten kurzfristig zu einer schnellen Gewichtsabnahme führen, die allerdings langfristig oftmals nicht gehalten werden kann. Durch die Wiedergewinnung ist die Gewichtsabnahme nach 12 Monaten mit der einer kohlenhydratreichen, fettarmen Diät vergleichbar. Ursächlich hierfür scheint die Schwierigkeit für die Probanden, die strenge Kohlenhydratreduzierung über einen längeren Zeitraum durchzuhalten.

8 Nicht ketogene HP- Diäten

8.1 „Short term“ Studien

Nachfolgend ist eine Übersicht von 7 Studien, in denen eine proteinreiche, kohlenhydratreiche Diät mit einer kohlenhydratreichen, fettarmen Diät gegenübergestellt wurde, abgebildet. Die Makronährstoffzusammensetzungen liegen in den zuvor aufgeführten Bereichen. Zwei dieser Studien vergleichen eine ad libitum HP-Diät mit einer energiebeschränkten HC-Diät, bei allen anderen ist sowohl die Versuchs- (HP) als auch die Vergleichsdiät (HC) energiebeschränkt. Bei allen Studien handelt es sich um randomisierte, kontrollierte Studien der Evidenzklasse 1 b.

Tabelle 4: Übersicht der HP-Diäten "short term"

Studie (Jahr)	N	Zusammensetzung der proteinreichen Diät (HP) P/KH/F [%]	Zusammensetzung der Vergleichsdiät (VD) P/KH/F [%]	Dauer [Wochen]	Gewichtsabnahme HP in kg	Gewichtsabnahme VD in kg	P
Skov et al. (1999)	65	25 / 45 / 30 Ad libitum	12 / 58 / 30 Ad libitum	24	8,3	6,0	< 0,05
Claessens et al. (2009)	60	35 / 42 / 24 Ad libitum	16 / 63 / 21 Ad libitum	12 ⁶	8,9	5,1	< 0,001
Baba et al. (1999)	13	45 / 25 / 30 energiereduziert	12 / 58 / 30 energiereduziert	4	8,3	6,0	< 0,5
Layman et al. (2003)	24	30/41 ³ /29 energiereduziert	16/58 ⁷ /26 energiereduziert	10	7,5	7,0	n.s.
Farnsworth et al. (2003)	57	27/44/29 energiereduziert	16/57/27 energiereduziert	16 ⁸	7,8	7,9	n.s.
Johnstone et al. (2004)	20	32/41/27	15/66/19 energiereduziert	6	5,7	5,9	n.s.

⁶ Vorher 5-6 Wochen Formuladiät

⁷ Werte ermittelt aus den Studienergebnissen; Vorgaben waren 1,4 (HP) bzw. 0,8 g/kg/KG (HC) Proteingehalt und „Protein : KH - Verhältnis“ (~1,4 und > 3,5)

⁸ 12 Wochen Energiereduzierung, 4 Wochen in ausgeglichener Energiebilanz

Nachfolgend wird eine ausführliche Beschreibung der in der Tabelle aufgeführten Studien gegeben.

8.1.1 Skov et al. (1999): Randomized trial on protein vs carbohydrate in ad libitum fat reduced diet for the treatment of obesity

Skov et al. untersuchten die Auswirkungen eines Austausches von einem Teil der Kohlenhydrate durch Protein bei einer fettreduzierten Diät, die ad libitum verzehrt werden sollte. Hierzu wurden 65 gesunde Frauen und Männer mit einem BMI zwischen 25 und 34 kg/m² randomisiert einer Versuchs- und einer Vergleichsgruppe zugeordnet (jeweils 25 Teilnehmer). Darüber hinaus gab es eine Kontrollgruppe mit 15 Probanden, die keiner Intervention zugeordnet wurde. Die Probanden der Versuchsgruppe sollten eine proteinreiche, fettarme Diät (HP) mit einem Proteingehalt von 25 Energieprozent befolgen. Der Fettgehalt sollte 30 Energieprozent betragen und der Kohlenhydratanteil lag entsprechend bei 45 Energieprozent. Bei der Kontrolldiät handelte es sich um eine fettarme, kohlenhydratreiche Diät (HC) mit 12% Protein, 58% Kohlenhydraten und 30 % Fett.

Der Untersuchungszeitraum betrug sechs Monate, die Lebensmittel wurden in einem Shop im Department, der alle gängigen Lebensmittel hatte und auch saisonale Angebote berücksichtigte, besorgt. Es erfolgte eine Registrierung mittels Barcode, unverzehrt Lebensmittel wurden ebenfalls erfasst. Bei einer Produktauswahl, die zu einer nicht der Diät entsprechenden MNZ führte, wurde von einem Ernährungsberater korrigierend eingegriffen. Um weitere beeinflussende Variablen auszuschließen, sollten die Probanden ihre Bewegungs- und Rauchgewohnheiten nicht verändern, ebenso wie ihren Alkoholkonsum.

Die Analyse der Ernährungsprotokolle ergab eine recht hohe Compliance mit den Diäten, sowohl in der HP- als auch in der HC-Gruppe. Es kam nur zu geringen Abweichungen. Bei der HP-Gruppe lag die Kohlenhydrataufnahme leicht über dem Ziel: 46 % nach drei Monaten und 46,8 % nach 6 Monaten zu Lasten der Proteinaufnahme. Auch wenn diese Veränderungen nur gering sind, spiegeln sie dennoch den bisher beobachteten Trend einer über die Zeit zunehmenden Kohlenhydrataufnahme bei Low-carb Diäten wieder. Wie sich der Verlauf weiter entwickelt, ist in der Studie von Due et al. (2004) untersucht worden. Die Studie und ihre Ergebnisse sind unter dem Abschnitt über die „Long-Term-Studien“ dargestellt.

Die gute Compliance dieser Studie bestätigt sich auch dadurch, dass insgesamt 60 Teilnehmer die Studie beendeten. In jede der beiden Untersuchungsgruppen schieden zwei Probanden aus, in der Kontrollgruppe aufgrund gesundheitlicher Probleme einer.

Darüber liefert die Ernährungsprotokollanalyse in Bezug auf die Energieaufnahme interessante Ergebnisse. Wichtig ist hierbei, dass es sich um eine ad libitum Aufnahme in beiden Gruppen handelt. Für die proteinreiche Kost ergab sich eine durchschnittliche Kilojouleaufnahme der Probanden von 9000 kJ und für die kohlenhydratreiche Kost von 11000 kJ. Damit liegt die Kilojouleaufnahme der HP-Gruppe um 18 % unter der der HC-Gruppe.

Die Ergebnisse zeigten nach sechs Monaten eine um 3,7 kg höhere Gewichtsabnahme in der Versuchsgruppe (HP). Die Probanden dieser Gruppe nahmen im Durchschnitt 8,7 kg (CI⁹ 7,3 - 11,9 kg) ab, wohingegen die Teilnehmer der Vergleichsdiät (HC) 5,0 kg (CI 3,6 - 6,4 kg) abnahmen. Diese Resultate spiegelten sich auch im Fettverlust wieder, der mit 7,6 kg (CI 6,2 – 9,0 kg) in der proteinreichen Gruppe deutlich über dem der kohlenhydratreichen Gruppe (4,3 kg (CI 3,1 – 5,5 kg)) lag. Das intra-abdominale Fettgewebe, welches als besonderer Risikofaktor für das „Metabolische Syndrom“ gilt, sank in der HP-Gruppe signifikant stärker (- 33,0 cm²) als in der HC-Gruppe (-16,8 cm²).

Zudem ergab die Ergebnisanalyse, dass die Probanden der proteinreichen Gruppe zu 35 % (8 von 23 Teilnehmern) über 10 kg verloren haben, wohingegen nur 9 % (2 von 23 Teilnehmern) der kohlenhydratreichen Diät dieses Ziel erreichten.

Diskussion:

Die proteinreiche, kohlenhydratarme Diät war der kohlenhydratreichen, fettarmen Diät sowohl in der Höhe des Gewichtsverlustes, als auch in der Verbesserung der Körperzusammensetzung überlegen. Die geringere Kilojoulezufuhr in der HP-Gruppe kann als Begründung der größeren Gewichtsabnahme in der HP-Gruppe angesehen werden. Durch den Verzehr ad libitum hat der Sättigungsfaktor der aufgenommenen Nahrung eine Rolle in Bezug auf die Energieaufnahme gespielt. Die geringere Nahrungsaufnahme in der HP-Gruppe wäre daher durch die gute Sättigungswirkung des Proteins erklärbar.

⁹ 95 % Konfidenzintervall

In wie weit die Reduzierung der Kohlenhydrate einen Einfluss auf die Gewichtsabnahme hat, bleibt unklar. Eine ketogene Wirkung kann bei der HP-Diät bei einem KH-Anteil von 45 %, was einer Kohlenhydratmenge von ca. 250 g/d entspricht, ausgeschlossen werden.

Die hohe Compliance dieser Studie lässt sich möglicherweise durch die strenge Kontrolle der MNZ erklären. Zudem bot die Studie den Probanden durch den Shop eine gewisse Freiheit bei der Auswahl der Lebensmittel. Auch eine ökonomische Komponente durch die kostenlose Bereitstellung der Lebensmittel ist denkbar.

Die Vorteile bei der Körperzusammensetzung könnten durch den „Proteinspareffekt“ einer proteinreichen Diät erklärbar sein. Zusammenfassend zeigt diese Studie, dass der Austausch von Kohlenhydraten gegen Protein, bei einer ansonsten fettarmen Diät mit einem Verzehr ad libitum zu einer verbesserten Gewichtsabnahme und Körperzusammensetzung kommt.

8.1.2 Claessens et al. (2009): The effect of a low-fat, high-protein or high-carbohydrate ad libitum diet on weight loss maintenance and metabolic risk factors

Diese Studie weicht in ihrem Inhalt von den anderen Studien in diesem Kapitel ab, da sie zum einen explizit auf die gewichtsstabilisierende Wirkung von proteinreichen Diäten und nicht auf dessen gewichtsreduzierenden Eigenschaften ausgerichtet ist. Zum anderen werden zusätzlich die Effekte von zwei unterschiedlichen Proteinquellen untersucht.

Das Ziel dieser Studie in Bezug auf Gewicht und Körperzusammensetzung war, die Effekte einer fettarmen, kohlenhydratreichen Diät (HC) mit einer fettarmen, proteinreichen Diät auf die Gewichtsstabilisierung und die Körperzusammensetzung nach einer Phase des aktiven Gewichtsverlustes zu vergleichen – und zwar bei einem Verzehr ad libitum von beiden Diäten.

Es wurden 60 Männer und Frauen mit einem BMI über 27 kg/m² in die Studie aufgenommen. Ihr Alter lag zwischen 30 und 60 Jahren. Voraussetzung war, dass sie in den letzten zwei Monaten ein konstantes Gewicht hatten. Zudem gab es wegen der untersuchten Auswirkungen auf metabolische und kardiovaskuläre Risikofaktoren, bestimmte Höchstgrenzen für den Nüchternblutglucosewert, die Triglyceride und das Gesamtcholesterin.

Die Studie wurde in zwei Phasen unterteilt, eine Phase des aktiven Gewichtsverlustes von 5 Wochen und die eigentlichen Untersuchungsphase, in der die Stabilisierung des abgenommenen Gewichtes stattfinden sollte, von 12 Wochen.

In der ersten Phase bekamen alle Probanden eine Formula-Diät (Modifast, Nutrition et Santé, Belgien), die 2100 kJ pro Tag lieferte. Zudem durften die Teilnehmer eine unbegrenzte Menge an Gemüse verzehren (Ausnahme: kohlenhydratreiche Hülsenfrüchte).

Ab der sechsten Woche erfolgte eine schrittweise Umstellung auf eine ad libitum Ernährung (Phase II), in die bei den beiden Gruppen mit der proteinreichen, fettarmen Diät entweder Kasein- (HPC) oder Molkenprotein-Supplemente (HPW) eingebaut wurden. Die Probanden der fettarmen, kohlenhydratreichen Diät (HC) erhielten Maltodextrin-Supplemente. Dementsprechend gab es drei Interventionsgruppen in dieser Studie. Die Zuordnung erfolgte randomisiert.

Exkurs:

Bei den Proteinsupplementen handelt es sich um sogenannte „langsame“ Proteine („slow protein“) und um sogen. „schnelle“ Proteine („fast protein“). Diesem Studiendesign liegt die Vermutung zugrunde, dass es Proteine gibt, die unterschiedlich schnell vom Organismus absorbiert werden. Die „fast proteins“ sind wasserlöslich, wohingegen die „slow proteins“ im Magen koagulierten. Dies führt zu einer verzögerten Magenentleerung und einer niedrigeren, dafür aber länger andauernden, Plasma-Aminosäuren-Konzentration. Diese unterschiedliche Absorption der Proteine erzeugt möglicherweise verschiedene hormonale und thermogene Wirkungen. Die „fast proteins“ in dieser Studie sind Kaseinproteine (engl. „casein“) und die „slow proteins“ sind Molkenproteine (engl. „whey“).

Die HC-Diät sollte zu mindestens 55 % aus Kohlenhydraten bestehen und die beiden HP-Diäten aus mindestens 25 % Protein. In allen drei Gruppen sollte die Fettaufnahme max. 30 % betragen.

Die verschiedenen Supplemente wurden der entsprechenden Gruppe zusätzlich verabreicht. Die Gabe erfolgte zweimal täglich – als Bestandteil des Frühstücks und etwa 1,5 Stunden vor dem Abendessen - mit insgesamt 50 g pro Tag. Die Proteinsupplemente wurden den Probanden blind verabreicht, d.h. den Probanden war nicht bekannt, welches Proteinsupplement sie bekamen.

Aus den Vorgaben der Studie ergibt sich folgende MNZ (ohne Supplemente):

Proteinreiche Diäten (HP)	Kohlenhydratreiche Diät (HC)
~ 45 % Kohlenhydrate	> 55 % Kohlenhydrate
> 25 % Protein	~ 15 % Protein
< 30 % Fett	< 30 % Fett

Zur Untersuchung der Compliance wurden vor dem Beginn der Studie und am Ende der gesamten Studie, d.h. nach der Phase der Gewichtstabilisierung von den Probanden Ernährungsprotokolle über jeweils drei Tage geführt. Anhand der aus den Ernährungsprotokollen errechneten täglichen Energiezufuhr wurde der Proteinanteil der Gesamtenergiezufuhr bestimmt. Zudem wurde der 24-h Nitrogengehalt im Urin gemessen, was der Feststellung der tatsächlichen Proteinaufnahme dient.

Während der gesamten zweiten Phase erhielten die Teilnehmer von einem Ernährungsberater Unterstützung, um insbesondere die Einhaltung der Makronährstoffvorgaben sicherzustellen. Eine explizite Aussage darüber, ob die Probanden für Ihre Versorgung eigenständig sorgen mussten, wurde in der Studie nicht gegeben, es ist jedoch anzunehmen. Die Supplemente wurden den Probanden bereitgestellt.

Die Studie wurde von insgesamt 48 der 60 Teilnehmer beendet, was einem Anteil von 80 % entspricht. Hiervon schieden bereits 6 Probanden während der Gewichtsverlustphase (Phase I) aus, wovon 4 Probanden nicht in der Lage waren, die stark energiebeschränkte Diät durchzuhalten. Die anderen beiden Probanden wurden nicht in die zweite Phase übernommen, da sie nicht genug an Gewicht verloren hatten. In der Phase II stiegen ebenfalls 6 Teilnehmer aus, wovon zwei nicht in der Lage waren, die Diät zu befolgen und vier persönliche Gründe angaben.

Die Energieaufnahme lag nach 18 Wochen bei beiden Gruppen deutlich niedriger als vor der Studie (ca. 7860 HC und ca. 7690 kJ (HP) inkl. Supplemente).

In diesen Werten sind die Supplemente bereits inbegriffen. Ohne Supplemente ergibt sich eine Kohlenhydratmenge von 56,5 % für die HC-Gruppe und eine Proteinaufnahme von 25 %. Diese Ergebnisse entsprechen der MNZ, die zuvor aus den Vorgaben der Studie berechnet worden sind.

Die Kohlenhydrataufnahme in der HC-Gruppe und die Proteinaufnahme in der HP-Gruppe lagen aufgrund der Supplemente über den Makronährstoffvorgaben für die Nahrungsmittelaufnahme.

Es ergaben sich folgende MNZ:

HC: 63 % KH, 16 % Protein , 21 % Fett

HP: 41 % KH, 35 % Protein, 24 % Fett

Eine Entwicklung der Makronährstoffaufnahme ist wegen der kurzen Dauer der Studie nicht zu sehen, zudem wurden nur vor und nach der Studie Ernährungsprotokolle geführt.

Die Ergebnisse der aktiven Gewichtsverlustphase zeigen, dass die Probanden nach sechs Wochen strenger Energiereduktion durchschnittlich 9,4¹⁰ kg an Gewicht reduzieren konnten. Der Körperfettanteil sank um 7,4 kg und die fettfreie Körpermasse um 1,8 kg. Der Taillenumfang, als Maß für das abdominale Fettgewebe, konnte um 10,2 cm reduziert werden.

In der darauffolgenden Phase, in der es um die Stabilisierung des reduzierten Gewichtes ging, gelang es den Teilnehmern der HP-Diät zusätzlich 1,09 +/- 0,59¹¹ kg abzunehmen, wohingegen die Teilnehmer der HC-Diät 1,19 +/- 0,90 kg zunahm. Beide Gruppen konnten erfolgreich die Reduzierung des Fettgewebes halten, wobei auch hier die HP-Gruppe den Fettanteil um weitere 2 kg reduzieren konnte. Beide Gruppen konnten die fettfreie Körpermasse um etwa 1 kg steigern. Die Ergebnisse für die Messung des Taillenumfanges zeigen, dass die Probanden der HP-Gruppe zusätzliche zwei Zentimeter (1,97 +/- 0,69 cm) abnahmen, wohingegen er bei den Probanden der HC-Gruppe um einen halben Zentimeter (0,41 +/- 0,92 cm) anstieg.

Exkurs: Ergebnisse für die HPC- und HPW-Gruppe

Die HPC-Gruppe war die Einzige, in der die Senkung der Energieaufnahme nicht signifikant war. Allerdings war in dieser Gruppe die Energieaufnahme vor Beginn der Studie niedriger als in den anderen Gruppen, was ursächlich hierfür sein könnte. In Bezug auf die Gewichtsabnahme.

Es wurde keine signifikanten Unterschiede in der Gewichts-, der Fettmassenabnahme und Taillenumfangreduzierung zwischen den beiden HP-Diäten gefunden. Ebenso war keine Zeit-Therapie-Interaktion erkennbar, aber es konnte ein Zusammenhang zwischen Energieaufnahme und Gewichtsveränderung festgestellt werden.

¹⁰ Woche 0: 96,5 +/- 2,5; Woche 6: 87,1 +/-2,3

¹¹ Mittelwert +/- SEM

Diskussion:

Diese Studie war erfolgreich in der Einhaltung der Makronährstoffvorgaben und erreichte daher einen signifikanten Unterschied in der Protein- und Kohlenhydrataufnahme in der zweiten Phase der Diät. Es ist jedoch auffällig, dass die Probanden der HP-Diäten in beiden Gruppen ihre Proteinaufnahme höher angegeben haben, als die Untersuchungen der 24-h Nitrogenausscheidung im Urin zeigten. Dies weist auf die Problematik hin, die bei der Führung von Ernährungsprotokollen und der daraus berechneten Energie- und Makronährstoffaufnahmen liegt. Die Probanden neigen dazu, die tatsächlich aufgenommenen Nahrungsmengen inkorrekt anzugeben, häufig in der Form des sogenannten „under-reporting“. In dieser Studie scheint eine Beeinflussung durch die Gruppeneinteilung in eine Gruppe, die eine proteinreiche Kost zu sich nehmen soll, stattgefunden zu haben. Bei der HC-Gruppe wurde die verzehrte Proteinmenge hingegen korrekt angegeben. Inwiefern eine Beeinflussung auf die tatsächlich aufgenommene Kohlenhydratmenge stattgefunden hat, kann nicht gesagt werden, da nur die Proteinaufnahme kontrolliert wurde.

Es gelang den beiden HP-Gruppen das zuvor reduzierte Gewicht zu halten bzw. um ein weiteres Kilogramm zu reduzieren. Demnach scheint eine proteinreiche Diät, die ad libitum verzehrt wird einer kohlenhydratreichen ad-libitum Diät bei der Stabilisierung erzielter Gewichtsabnahmen überlegen zu sein. Darüber hinaus konnte die fettfreie Körpermasse in der HP-Gruppe gesteigert werden. In der hier vorliegenden Studie kam es zu einer reduzierten Energieaufnahme im Vergleich zur „Baseline“, allerdings konnte diese ebenfalls bei der HC-Gruppe festgestellt werden. Die Unterschiede zwischen den beiden Gruppen waren so minimal, dass sie nicht ursächlich für die bessere Stabilisierung der Gewichtsverluste sein können. Die Grundlage für die Berechnung der Energieaufnahmen waren die Ernährungsprotokolle, die nur zu Beginn und am Ende der Intervention für drei Tage geführt worden sind. Dies scheint eine zu seltene und kurze Dauer zu sein, um zuverlässige Werte zu erhalten. Zudem wurde die bei der Führung von Ernährungsprotokollen bestehende Problematik der fehlerhaften Angaben zuvor bereits angesprochen. Demzufolge kann nicht mit Sicherheit ausgeschlossen werden, dass die Energieaufnahme zwischen den beiden Gruppen nicht doch unterschiedlich hoch war. Eine Korrelationsanalyse zeigte jedenfalls einen Zusammenhang zwischen Energieaufnahme und Veränderungen des Körpergewichtes. Darüber hinaus ist es wissenschaftlich anerkannt, dass die Energieaufnahme einen bedeutenden Einfluss auf das Gewicht hat.

Die Ergebnisse dieser Studie zeigen, dass - bei ad libitum Verzehr - die proteinreiche Diät der kohlenhydratreichen Diät sowohl in Hinblick auf die Gewichtsstabilisierung als auch auf die Körperzusammensetzung überlegen war.

8.1.3 Baba et al. (1999): High protein vs high carbohydrate hypoenergetic diet for the treatment of obese hyperinsulinemic subjects

Baba et al. überprüften bereits im Jahre 1999 die Hypothese, dass hyperinsulämische adipöse Probanden auf Veränderungen in der Zusammensetzung der hypoenergetischen Diät unterschiedlich reagieren. Es wurden 13 Probanden in die Studie eingeschlossen, die Interventionsdauer betrug 4 Wochen. Zu Beginn und zum Ende der Studie erfolgte die Messung der zu untersuchenden Daten. Dazu gehörten u.a. das Körpergewicht, –zusammensetzung und der Ruheenergieumsatz.

Sieben Probanden wurden einer proteinreichen, kohlenhydratarmen Diät zugeteilt (HP). Die MNZ lautete wie folgt: 45 % Protein, 25 % Kohlenhydrate und 30 % Fett. Die restlichen sechs Probanden wurden einer kohlenhydratreichen, fettarmen Diät (HC) zugeteilt (12 % Protein, 58 % Kohlenhydrate, 30 % Fett). Der Energiegehalt der Diäten lag bei 80 % des Ruheenergiebedarfes. Die Zuordnung zu den Diäten erfolgte randomisiert.

Alle Lebensmittel wurden für die Probanden bereitgestellt, die Menüs wurden in einer Küche an der Universität zubereitet. Die Teilnehmer wurden gebeten, alle offerierten Lebensmittel zu konsumieren. Nicht verzehrte Lebensmittel sollten auf einem Formular notiert werden. Zudem gab es wöchentliche Ernährungsberatungseinheiten.

Die Studie wurde von allen Teilnehmern beendet. In beiden Gruppen kam es zu Gewichtsverlusten, wobei dieser in der HP Gruppe mit $- 8,3 \pm 0,7 \text{ kg}^{12}$ über dem der HC-Gruppe lag ($- 6,0 \pm 0,6 \text{ kg}$). Die Angaben zur Veränderung der Körperzusammensetzung sind in dieser Studie irreführend, da zum einen keine Angabe der Einheit erfolgte (dies gilt auch für die Angaben der Wasserverluste) und diese zum anderen in der HC-Gruppe über dem gesamten mittleren Gewichtsverlust liegen. Auch eine Einbeziehung der Variabilität ändert daran nichts. Betrachtet man die angegebenen Werte dennoch in der üblichen Einheit kg bzw. in Litern, so kam es zu weniger deutlichen Unterschieden bei den Fettmasseverlusten ($- 7,1 \pm 0,9 \text{ kg}$ (HC) vs. $- 6,3 \pm 0,2 \text{ kg}$ (HC)). Im Gegensatz dazu kam es zu höheren Wasserverlusten bei der proteinreichen, kohlenhydratreichen Diät. Während die Wasserverluste in der HC-

¹² Mittelwert +/- SEM

Gruppe mit 0,3 +/- 0,4 Litern gering ausfielen, lag er bei der HC-Gruppe bei 1,0 +/- 0,3 Litern. Diese Ergebnisse relativieren die Unterschiede im Gewichtsverlust, wenn auch nur bis zu einem gewissen Teil. Diese Theorie wird durch die Angaben der Autoren, dass die Gewichtsverluste insbesondere in der ersten Woche besonders offensichtlich waren, bekräftigt. Auch Baba et al. schlussfolgerten, dass dies möglicherweise durch die stärkeren Wasserverluste in der HP-Gruppe zu erklären sei. Eine mögliche Ursache könnte in der verringerten Kohlenhydrataufnahme liegen, da es durch den Abbau von Glykogen zur Freisetzung von Wasser kommt. Dies wäre bei einem Kohlenhydratanteil von 25 % durchaus denkbar.

Das nachfolgende Diagramm stellt die Veränderungen des Körpergewichtes und der –zusammensetzung graphisch dar. Die Werte wurden aus der Studie unter Annahme der Angabe in kg (Liter wurden ebenfalls in kg angegeben) übernommen. Trotz der Widersprüche der Daten zeigt das Diagramm die Unterschiede im Gewichtsverlust und den Zusammenhang mit den Wasserverlusten dar.

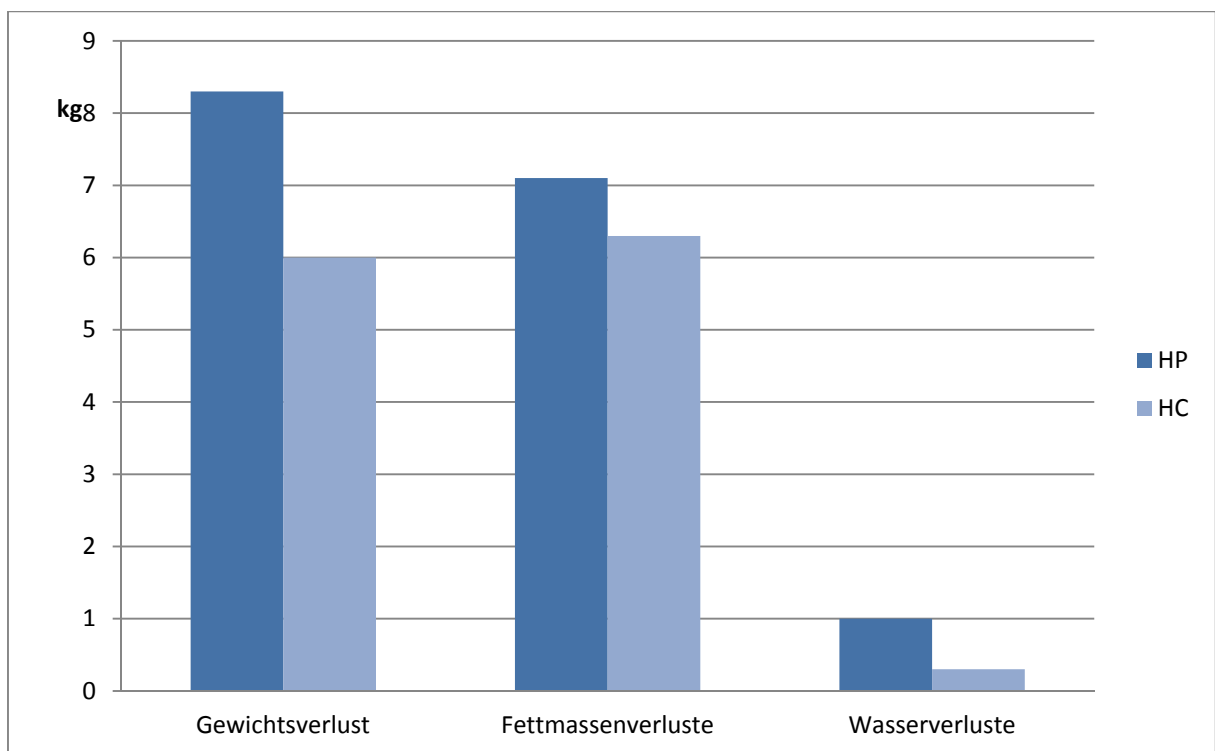


Abbildung 8: Entwicklung von Körpergewicht und –zusammensetzung (nach Baba 1999)

Die Messungen des Ruheenergieumsatzes ergaben eine signifikante Senkung in beiden Interventionsgruppen, wobei die Senkung in der HP-Gruppe geringer ausfiel. Während der Ruheenergieumsatz in der HP-Gruppe um 555 kJ sank, betrug die Minderung in der HC-Gruppe 1613 kJ. Derartige Unterschiede in der Senkung des

Ruheenergieumsatzes wären eine mögliche Erklärung für den größeren Gewichtsverlust in der HP-Gruppe.

Diskussion:

Widersprüchliche Angaben bezüglich der Fettmassenreduzierung erschweren die Interpretation der Daten. Dennoch kann man feststellen, dass die proteinreiche, kohlenhydratarme Diät sowohl in der Höhe des Gewichtsverlustes, als auch bei der Abnahme an Fettmasse der kohlenhydratreichen, fettarmen Diät während der Interventionsdauer von 4 Wochen überlegen war. Allerdings gab es in der HP-Gruppe deutlich höhere Wasserverluste als in der HC-Gruppe, wodurch die Unterschiede im Gewichtsverlust abgeschwächt werden. Die verbleibenden Differenzen sind durch die weniger starke Senkung des Ruheenergieumsatzes in der HP-Gruppe erklärbar. Die geringere Ruheumsatzsenkung könnte - laut den Autoren dieser Studie - durch thermogene Effekte, die bei proteinreichen Diäten beobachtet werden konnten, erklärt werden. Die Werte des Energieanstieges, die bei vorherigen Studien zur Messung der Thermogenese und des 24-h Energieumsatzes bei proteinreichen Diäten ermittelt worden sind, würden mit den unterschieden im Ruheenergieumsatz zwischen der HC- und HP-Diät übereinstimmen. Die Tatsache, dass eine nahrungsinduzierte Thermogenese hervorgerufen durch Protein besteht, wurde jedenfalls in zahlreichen Studien bewiesen (siehe Kapitel 4.2.1.3).

Zudem deutet der hohe Verlust an Fettmasse auf einen geringen Abbau an Muskelmasse hin, der wiederum auch den Energieverbrauch beeinflusst.

Als Schwachpunkt dieser Studie ist die geringe Probandenzahl und Interventionsdauer anzusehen.

8.1.4 Layman et al. (2003): A Reduced Ratio of Dietary Carbohydrate to Protein Improves Body Composition and Blood Lipid Profiles during Weight Loss in Adult Women

Zielsetzung dieser Studie war der Vergleich der Auswirkungen von zwei energiereduzierten Diäten mit modifizierten Verhältnissen von Protein und Kohlenhydraten auf das Körpergewicht, die Körperzusammensetzung, die Blutfettwerte und die Sättigung.

Die Intervention umfasste 10 Wochen, es nahmen 24 Frauen mit einem BMI über 26 kg/m² daran teil. Die Probanden wurden in zwei gleichgroße Gruppen (n=12) aufgeteilt. Eine Gruppe wurde einer proteinreichen Diät (HP) zugeteilt, die andere einer

kohlenhydratreichen (HC). Die proteinreiche Diät enthielt 1,6 g/kg/KH Protein mit einem KH/Protein-Verhältnis von ~ 1,4 und die kohlenhydratreiche Diät enthielt 0,8 g/kg/KG mit einem KH/Protein-Verhältnis von > 3,5. Der Fettanteil sollte bei beiden Diäten unter 30 % liegen. Beide Diäten hatten einen gleichen Energiegehalt von ca. 7100 kJ/d. Für jede Diät wurde ein Menüplan entwickelt, der den Makronährstoff- und Energievorgaben entsprach. In den ersten 4 Wochen erhielten die Probanden ihre Mahlzeiten von dem Lebensmittellabor und bekamen täglich Informationen von einem Ernährungsberater über die Menüs, die Austauschlebensmittel, Portionsgrößen und die Handhabung der Ernährungsprotokolle. In den darauf folgenden 6 Wochen sollten die Probanden die Menüpläne zu Hause fortsetzen. Zudem gab es wöchentliche Treffen im Untersuchungslabor zur Bestimmung des Gewichtes und ggf. weiterer Daten und zur Auswertung der Ernährungsprotokolle mit dem Ernährungsberater.

Die Auswertung der Ernährungsprotokolle ergab folgende Daten:

Tabelle 5: Energie- und Makronährstoffaufnahme der Diätgruppen (nach Layman 2003)

	Baseline	HP-Gruppe	HC-Gruppe
Energie in kJ/d	8196 +/- 267 ¹³	6987 +/- 197	6941 +/- 167
Protein in g/d	75 +/- 3	125 +/- 3	68 +/- 2
Kohlenhydrate in g/d	246 +/- 10	171 +/- 7	239 +/- 5
Fett in g/d	75 +/- 5	54 +/- 2	48 +/- 2

In beiden Studiengruppen wurden die Energievorgaben eingehalten, so dass es zu keinen signifikanten Unterschieden in der Energieaufnahme kam.

Im Rahmen dieser Studie wurden keine Makronährstoffvorgaben in Form von Energieprozenten gemacht. Eine Berechnung ist jedoch durch die Auswertung der Ernährungsprotokolle (siehe Tabelle 6) möglich. Die Diätzusammensetzung entspricht demzufolge mit 30 % Protein, 41 % Kohlenhydraten und 29 % Fett in der HP-Gruppe und 16 % Protein, 58 % Kohlenhydraten und 26 % Fett einer Zusammensetzung, die häufig in anderen Studien zu finden ist, in denen eine proteinreiche, kohlenhydratarme Diät mit einer kohlenhydratreichen, fettarmen Diät verglichen wird.

¹³ Mittelwerte +/- SEM

In beiden Gruppen kam es zu einer Gewichtsabnahme, die allerdings zwischen den Gruppen nicht signifikant unterschiedlich war. Die Probanden der HP-Gruppe nahmen 7,53 +/- 1,44 kg ab, die der HC-Gruppe 6,96 +/- 1,36 kg. Die vollständigen Daten zum Gewichtsverlust und den Veränderungen der Körperzusammensetzung sind in nachfolgendem Diagramm dargestellt.

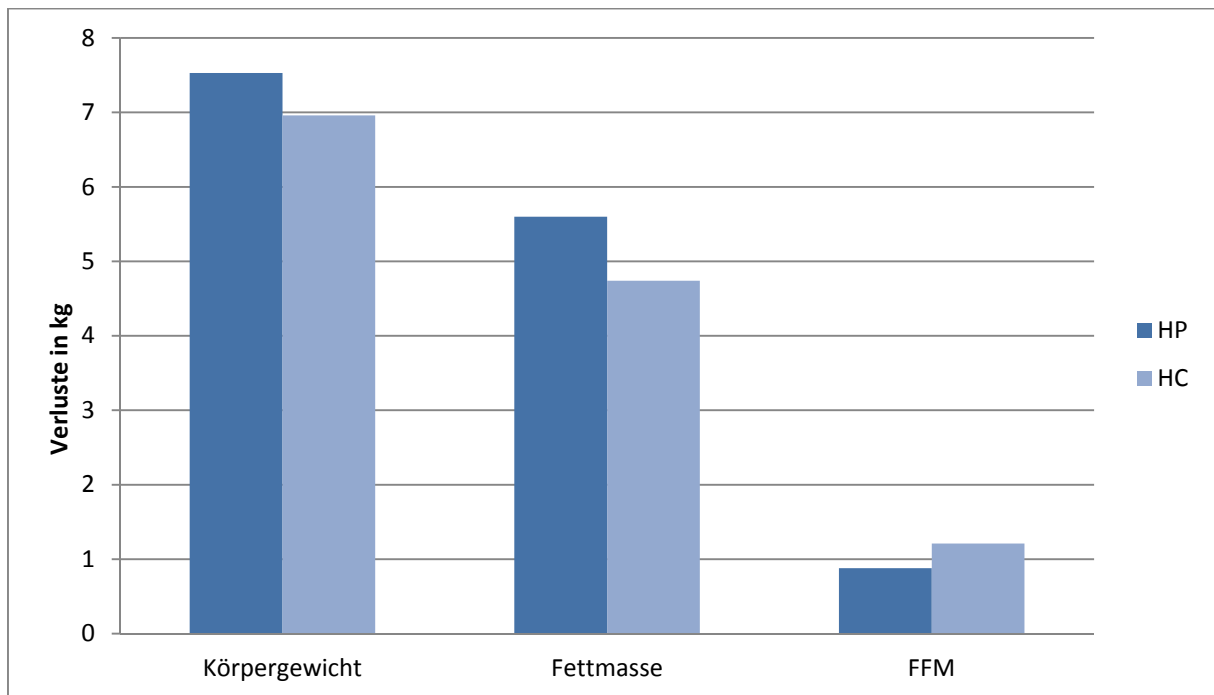


Abbildung 9: Entwicklung des Körpergewichtes und der ~zusammensetzung (nach Layman 2003)

Man kann erkennen, dass die Gewichtsverluste bei beiden Diätformen in erster Linie aus einem Verlust an Fettmasse bestehen. Die Fettmassenverluste sind in der HP Gruppe größer als in der HC-Gruppe, was auch die Ratio, bzw. das Quotenverhältnis Fettmasse zu FFM zeigt. Bei der HP-Gruppe liegt dieser bei 6,36 (HP) und in der HC-Gruppe bei 3,92.

Diskussion:

In dieser Studie konnte die proteinreiche, kohlenhydratarme Diät keine signifikant höhere Gewichtsabnahme als die kohlenhydratreiche, fettarme Diät bewirken. Trotz der fehlenden Signifikanz nahm die HP-Gruppe tendenziell mehr Gewicht ab. Zudem waren deutliche Verbesserungen in der Körperzusammensetzung zu sehen, die, insbesondere bei Betrachtung des Fettmasse/FFM-Quotienten, in der HP-Gruppe stärker ausgeprägt war.

Durch die Vorgabe der Energiemenge kam es zu keiner spontan niedrigeren Energieaufnahme, wie es bei den ad libitum Diäten zu sehen war. Dies dürfte auch die Hauptursache für die geringen Unterschiede in der Gewichtsabnahme sein.

8.1.5 Farnsworth et al. (2003): Effect of a high-protein, energy-restricted diet on body composition, glycemic control, and lipid concentrations in overweight and obese hyperinsulinemic men and women

Diese Studie wurde von Farnsworth et al. durchgeführt, um eine proteinreiche, kohlenhydratarme Diät (HP) mit einer fettarmen, kohlenhydratreichen Diät (HC) bezüglich ihrer Auswirkungen auf die Körperzusammensetzung, den Glucose und Lipidmetabolismus und den Knochenmetabolismus zu vergleichen.

Es nahmen 57 hyperinsulämische Frauen und Männer, deren BMI zwischen 27 und 43 kg/m² lag, an der Studie teil. Die Probanden wurden randomisiert einer proteinreichen, kohlenhydratarmen Diät (30 % Protein, 40 % KH und 30 % Fett) oder eine kohlenhydratreichen, fettarmen Diät (15 % Protein, 55 % KH und 30 % Fett) zugeordnet. Die gesamte Studiendauer betrug 16 Wochen, wovon 12 Wochen mit einer energiebeschränkten Kost (Phase I) und 4 Wochen mit einer in Energiebilanz stehenden Kost (Phase II) einhergingen. Die Energiebeschränkung betrug ca. 30 % der bis zu Beginn der Intervention aufgenommenen Energiemenge.

Die Probanden erhielten fest vorgeschriebene Menüpläne und etwa 60 % der Energieaufnahme wurde durch bereitgestellte Lebensmittel erreicht. Zudem gab es eine Betreuung durch Ernährungsberater und es mussten Ernährungsprotokolle mit genauen Gewichtsangaben geführt werden.

Es gab in beiden Phasen (I + II) kaum Unterschiede zwischen den beiden Gruppen in der Kilojouleaufnahme. In der ersten Phase lag die durchschnittliche Energieaufnahme bei 6,4 MJ und in der zweiten bei 8,1 MJ.

Die Auswertung der Ernährungsprotokolle ergab ähnliche Werte in der Kohlenhydrat- und Proteinaufnahme für die erste und zweite Phase.

In der HC-Gruppe betrug die Kohlenhydrataufnahme ca. 57 % und in der HP-Gruppe 44,5 %. Somit lag die KH-Aufnahme der HC-Gruppe im vorgeschriebenen Bereich der kohlenhydratreichen Diät, bei der HP-Gruppe hingegen lag die KH-Aufnahme über dem gewünschten Soll von 40 %. Diese Werte sind noch vertretbar, könnten aber ein Hinweis darauf sein, dass die Beschränkung der Kohlenhydrate schwer eingehalten wird.

Die Proteinaufnahme war ebenfalls in beiden Phasen nahezu gleich. Die HC-Gruppe lag mit etwa 15 % nahe bei den Vorgaben, die HP-Gruppe lag mit etwa 27 % knapp darunter. Die Fettaufnahme lag in beiden Gruppen bei etwa 27 % Phase I+II).

Die Ergebnisse bezüglich der Einhaltung der Makronährstoffvorgaben sind in nachfolgendem Diagramm graphisch dargestellt. Hierbei sind die Ergebnisse für die erste und zweite Phase zusammengefasst und gerundet, da die Unterschiede nur minimal waren.

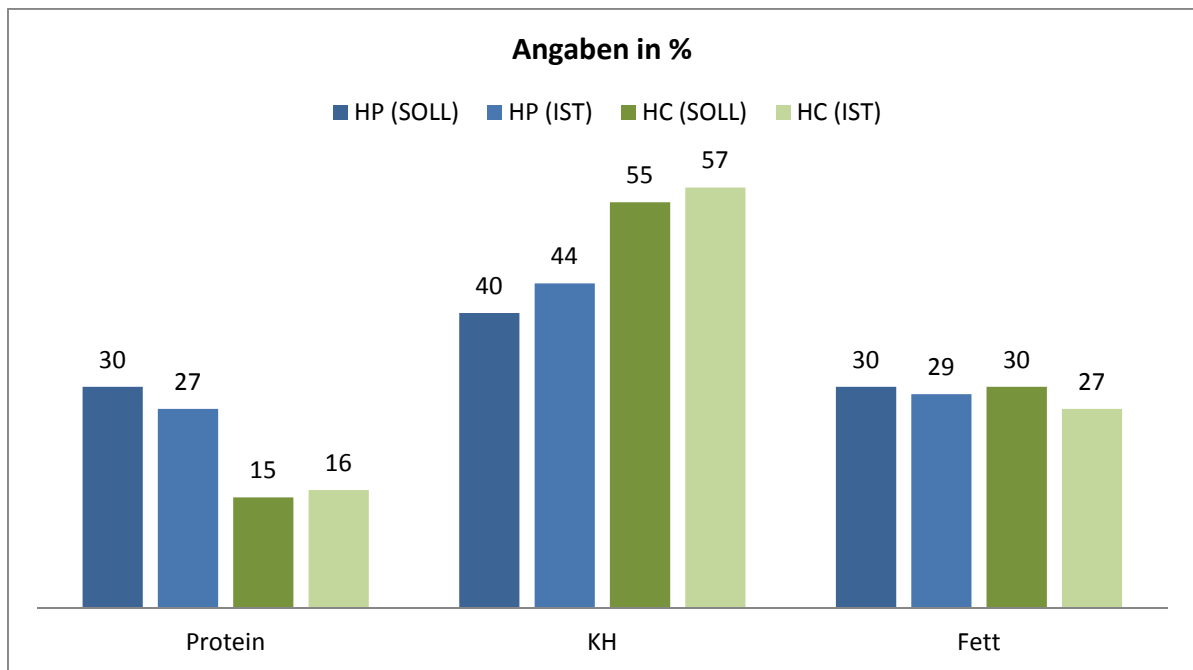


Abbildung 10: Vergleich der MNK der HP- und HC- Diät (nach Farnsworth 2003)

Es sind nur leichte Abweichungen von den Makronährstoffvorgaben zu sehen; die Compliance dieser Studie kann als sehr gut angesehen werden. Dies bestätigt auch die Tatsache, dass alle 57 Teilnehmer die Studie beendet haben.

Beide Gruppen konnten ihr Gewicht reduzieren. Es zeigten sich keine Unterschiede zwischen den beiden Interventionsgruppen (-7,8 +/- 0,7 kg¹⁴ (HP) vs. -7,9 +/- 0,6 kg (HC)). Die Gewichtsverlaufskurve ist nahezu identisch, so dass die Ursache nicht in einer Wiederzunahme in der zweiten Phase zu sehen ist. Beiden Gruppen gelang es, ihr Gewicht in dieser Phase zu stabilisieren.

¹⁴ Mittelwert +/- SEM

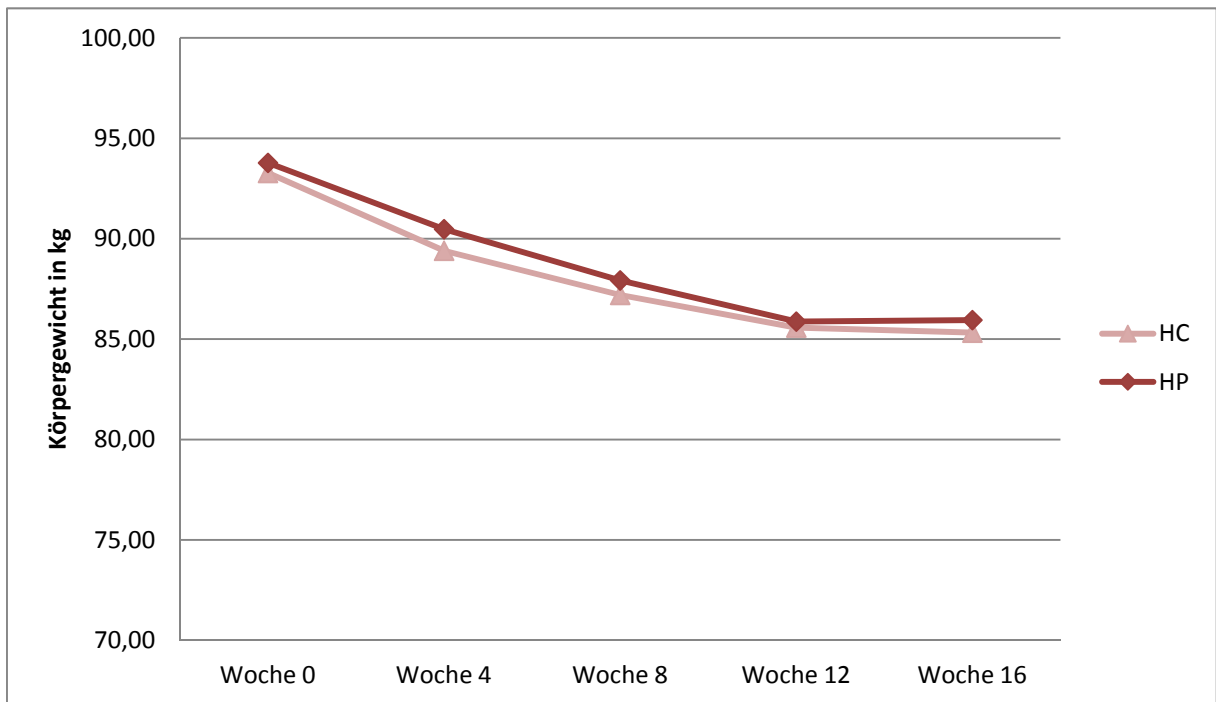


Abbildung 11: Gewichtsverlust der HC- und HP-Gruppe innerhalb von 12 Wochen Energiebeschränkung und 4 Wochen ~balance (nach Farnsworth 2003)

Die Daten dieses Diagrammes wurden aus dem gewichteten Mittelwert für Männer (n=7) und Frauen (n=21) der Tabelle 4 aus der Studie von Farnsworth et al. Seite 34 berechnet.

Bezüglich der Veränderung der Körperzusammensetzung ergaben sich ebenfalls keine Unterschiede zwischen den beiden Gruppen. Die durchschnittlichen Fettverluste lagen bei 6,9 +/- 0,4 kg und die Reduzierung des abdominalen Fettgewebes betrug durchschnittlich 3,1 +/- 0,2 kg.

Diskussion:

Es gab in dieser Studie weder in Bezug auf die Gewichtsabnahme noch auf die Körperzusammensetzung eine Beziehung zur Zusammensetzung der Diät.

Diese Ergebnisse lassen vermuten, dass nicht die MNZ, sondern vielmehr die Energierestriktion die Ursache für den Gewichtsverlust ist.

Diese Ergebnisse stehen im Widerspruch zu denen von Baba et al., bei denen es zu einer signifikant größeren Gewichts- und Fettmassenreduktion kam. Neben der bereits angeführten Tatsache, dass es relativ hohe Wasserverluste in der HP-Gruppe gab, könnten diese unterschiedlichen Ergebnisse durch eine deutlich höhere Proteinnenge in der Studie von Baba et al. erklärbar sein. In der Studie von Farnsworth et

al. nahmen die Probanden im Schnitt zwischen 95 - 100 g Protein in Phase I und ca. 132 g Protein in Phase II auf, wohingegen bei Baba et al. die Proteinaufnahme bei ca. 190 g lag.

8.1.6 Johnston et al. (2004): High-Protein, Low-Fat Diets Are Effective for Weight Loss and Favorably Alter Biomarkers in Healthy Adults

Johnston et al. kamen in Bezug auf die Gewichtsreduzierung und Veränderungen der Körperzusammensetzung zu ähnlichen Ergebnissen wie Farnsworth und Luscombe. Sie untersuchten 20 gesunde Männer und Frauen mit einem BMI zwischen 26,5 und 33 kg/m² mit dem Ziel, eine proteinreiche, fettarme Diät mit einer kohlenhydratreichen fettarmen Diät in Bezug auf Gewichtsverluste und Auswirkungen auf gesundheitliche (Risiko-) faktoren, wie Insulinsensitivität und Blutfettwerte, zu vergleichen. Die Dauer der Intervention betrug 6 Wochen und wurde von 16 Probanden beendet.

Die MNZ der proteinreichen, kohlenhydratarmen Diät sollte 32 % Protein, 41 % Kohlenhydrate und < 30 Prozent Fett betragen, die der fettarmen, kohlenhydratreichen Diät 15 % Eiweiß, 66 % Kohlenhydrate und < 30 % Fett. Der Energiegehalt der Diäten wurde individuell für die Patienten mit Hilfe der „Harris Benedict-Formel“¹⁵ berechnet und betrug während Phase I ca. 70-75 % des Energiebedarfs.

Die Mahlzeiten wurden für die Probanden in einer Küche im Department zubereitet und von den Probanden sowohl vor Ort als auch zu Hause verzehrt.

Es erfolgte innerhalb dieser Studie eine Befragung nach dem Sättigungsgefühl der Probanden. In den ersten 4 Wochen gaben die Teilnehmer der HP-Gruppe eine höhere Sättigung als die Probanden der HC-Diät an. Dies spiegelt sich auch in der Tatsache wieder, dass in der HC-Gruppe drei Frauen wegen zu großen Hungergefühlen ausgestiegen sind. In der HP-Gruppe hingegen stieg nur eine Probandin aus und das wegen diätunabhängigen Gründen. Die Compliance zu den Diätvorgaben konnte als hoch angesehen werden. Hierbei spielt der Aspekt der Bereitstellung der Lebensmittel mit hoher Wahrscheinlichkeit eine Rolle.

15 Formel zur Berechnung des Grundumsatzes. Entwickelt im Jahre 1918 von J. A. Harris und F. G. Benedict. Die Formel stellt noch heute eine, in der Ernährungsmedizin allgemein akzeptierte, gute Formel zur Grundumsatzberechnung dar. (<http://de.wikipedia.org/wiki/Grundumsatz>)

Nach der 6-wöchigen Intervention kam es zu einer deutlichen Gewichtsabnahme, die sich jedoch zwischen den beiden Gruppen während der gesamten Diätdauer kaum unterschied (nahezu identischer Kurvenverlauf). In der HP-Gruppe nahmen die Teilnehmer 5,7 % ihres Ausgangsgewichtes ab, in der HC-Gruppe waren es 5,9 %. Auch im Verlust an Fettmasse ergaben sich keine Vorteile für die HP-Diät.

In der Studie von Johnston et al. wurde die Zusammensetzung eines Beispielenüs veröffentlicht.

Tabelle 6: Beispiel-Tagesplan (modifiziert nach Johnston et al. 2004)

	HP	HC
Frühstück	0,5 Tassen Honigmelone Rührei mit Schinken und Käse (je 30 g) 1,5 Tassen Magermilch	2 Tassen Honigmelone Weizenbrötchen 30 g Frischkäse, 1 Tasse Magermilch
	Suppe mit Pasta und Bohnen (1,5 Tassen)	Suppe mit Pasta und Bohnen (1Tasse)
Mittagessen	Sandwich mit Putenfleisch, Provolone-Käse, etw. Mayonnaise und einer Scheibe Vollkornbrot	20 Cracker (Ritz Bitz ¹⁶) Gemischter Salat mit fettfreiem Italian Dressing (2 Tassen)
	Gemischter Salat mit Italian Dressing (2 Tassen)	1 Tasse Rote Weintrauben
	1 Tasse Magermilch	1 Tasse Ice tea light
Abendbrot	Chicken chow mien dinner ¹⁷ Gebratene Zuckerschoten (0,5 Tassen) 1 Orange 1,5 Tassen Magermilch Mini Milky Way (30 g)	Chicken chow mien dinner Gedünstete Zuckerschoten (1 Tasse) 1 Orange 1 Tasse Magermilch Mini Milky Way (45 g)

Bei dem Tagesplan der HP-Gruppe gibt es ein Frühstück aus Rührei mit Schinken und Käse, wohingegen die HC-Gruppe Backwaren aus Weißmehl bekommt. Es ist bekannt, dass Produkte aus Weißmehl nicht sonderlich sättigend sind und den Insulinspiegel deutlich ansteigen lassen. Eine Eiermahlzeit hingegen lässt den Insulin-

¹⁶ runde Cracker der Firma Ritz (Quelle: <http://www.nabiscoworld.com/ritz/> und <http://www.griesson-debeukelaer.de/de/marken/lizenzprodukte/>)

¹⁷ Chinesisches Gericht mit Nudeln, Gemüse und Hähnchenfleisch (Quelle: http://en.wikipedia.org/wiki/Chow_mein)

spiegel weniger stark ansteigen und ist – durch den hohen Eiweißgehalt – sättigend. Daher wird die Mahlzeit der HC-Gruppe im Vergleich zu der HP-Gruppe weniger sättigend sein. Der sättigende Effekt einer proteinreichen Mahlzeit ist charakteristisch für eine proteinhaltige, kohlenhydratarme Diät. Die Auswahl eines Frühstückes mit Weizenmehlprodukten hingegen ist eine eher schlechte Wahl für eine kohlenhydratreiche, fettarme Diät. Nach den Kriterien der Deutschen Gesellschaft für Ernährung sollte die Wahl bei den Kohlenhydraten vorwiegend auf Vollkornprodukte fallen. Diese haben eine bessere Sättigungswirkung als Weißmehlprodukte und beeinflussen auch den Insulinspiegel weniger stark. Auch beim Mittagessen stehen einem Sandwich mit Vollkornbrot, Putenfleisch und Käse weißmehlhaltige Cracker und zuckerreiche Weintrauben gegenüber. Es lässt sich vermuten, dass in dieser Studie durch die Lebensmittelauswahl die Sättigungswirkung der HC-Diät durch die Auswahl weniger sättigender Produkte beeinflusst wurde.

Inwieweit sich diese Schlussfolgerung auch auf andere Studien übertragen lässt, ist schwer zu sagen, da bei der Mehrzahl aller Studien keine Angaben über die verzehrten Lebensmittel gemacht wird.

8.2 Abschließende Diskussion:

In allen sechs aufgeführten Studien wurden Diäten, die sich hinsichtlich des Protein- und Kohlenhydratanteiles, nicht aber im Fettgehalt unterschieden, miteinander verglichen. Es handelte sich hierbei um proteinreiche, kohlenhydratarme Diäten, die einer kohlenhydratreichen, fettarmen Diät („konventionelle“ Diätform) gegenübergestellt wurden.

Auf den ersten Blick scheinen die Ergebnisse nicht einheitlich zu sein. Bei drei der sechs Studien ergaben sich sowohl Vorteile in der Gewichtsabnahme als auch in der Körperzusammensetzung. Bei einer weiteren ergaben sich zwar keine Unterschiede im Gewichtsverlust, jedoch in der Körperzusammensetzung, zum Vorteil der HP-Diät. Zwei Studien zeigten keine Unterschiede in den Gewichtsverlusten und in der Körperzusammensetzung.

Die proteinreichen Diäten mit einem Verzehr ad libitum zeigten eine höhere Gewichtsabnahme und eine stärker verbesserte Körperzusammensetzung im Vergleich zu den HC-Diäten.

Bis auf eine Ausnahme (Baba et al.) waren bei den energiebeschränkten Diäten in Hinblick auf die Gewichtsreduzierung keine Unterschiede zwischen der Versuchs-

und der Vergleichsdiät zu erkennen. Hieraus folgt die Schlussfolgerung einiger Autoren, dass die Gewichtsabnahme nicht in Beziehung zu der Diätzusammensetzung steht, sondern abhängig von der Energieaufnahme ist. (Quelle) Die Theorie, dass eine über dem Energieverbrauch liegende Energieaufnahme zur Gewichtszunahme, eine darunter liegende zur Gewichtsabnahme und eine dem Energiebedarf entsprechende zur Gewichtsstabilisierung führt ist, nicht neu und anerkannt.

Bei näherer Betrachtung lässt sich dennoch erkennen, dass es einen Unterschied zwischen der HP- und der HC-Diät in Hinblick auf Energieaufnahme und Sättigung gibt. Diese sind bei der ad-libitum Diät eindeutig auszumachen, bei den energiebeschränkten Diäten aufgrund der Kilojoulebeschränkung nur in geringem Ausmaß. Bei der Studie von Farnsworth et al. kam es bei der HP-Diät zu einer, wenn auch geringen, niedrigeren Kilojouleaufnahme und bei Johnstone et al. gaben die Probanden der HP-Diät ein stärkeres Sättigungsgefühl an als bei den kohlenhydratreichen Diäten.

Eine plausible Erklärung für dieses Phänomen wäre, dass sich die im Zusammenhang mit proteinreichen Diäten bekannten Sättigungseffekte bei energiebeschränkten Diätformen nicht entfalten können, da hier alle Lebensmittel, die auf dem Menüplan stehen, verzehrt werden sollen (Noakes 2008, S. 170).

Bei einer Energieaufnahme die ad libitum, also nach Hunger und Sättigung erfolgt, kann sich die proteininduzierte Sättigung voll entfalten. Die Unterschiede zu der Vergleichsdiät sind hierbei umso größer, je weniger sättigend diese ist. Wie bereits zuvor aufgeführt, ist es durchaus denkbar, dass die kohlenhydratreichen, fettarmen Diäten in einigen Fällen aus wenig sättigenden Lebensmitteln, wie Weißmehlprodukten, bestehen. Wie auch immer, eine diesbezüglich allgemeingültige Aussage kann nicht getroffen werden. Zudem würde dies auch nur den Vergleich, bzw. Unterschied zwischen beiden Diätformen betreffen. Die Ergebnisse für die proteinreichen, kohlenhydratarmen Diäten alleine würden davon unberührt bleiben.

In vier der sechs Studien konnte eine stärkere Verbesserung in der Körperzusammensetzung beobachtet werden. Als Ursache ist der Muskelspareffekt von proteinreichen Diäten wahrscheinlich. Durch die erhöhte Zufuhr von Protein kommt es zu einem geringeren Abbau von Muskelmasse. Dies hat u.a. den Vorteil, dass die nachfolgende Phase der Gewichtsstabilisierung positiv beeinflusst wird, da die Muskelmasse einen Einfluss auf den Energieverbrauch hat. Kommt es während einer Diät

zu starken Verlusten in der Muskelmasse, so sinkt der Energieverbrauch und der sogenannte „Jo-Jo-Effekt“ tritt in vielen Fällen ein.

Proteinreiche Diäten sind zudem bekannt für einen thermogenen Effekt, der eine steigernde Wirkung auf den Energieumsatz hat.

Darüber hinaus sind weitere Effekte eines erhöhten Proteinanteiles (siehe Kapitel 4.1.4 – 4.1.7) bekannt. Diese scheinen allerdings keine starken Auswirkungen zu haben. In diesem Bereich müssten zukünftig weitere Untersuchungen gemacht werden, um genauere Kenntnisse darüber zu bekommen.

Fazit:

Es scheinen beide Diätformen bei der kurzfristigen Gewichtsreduzierung erfolgreich zu sein. Solange es sich um eine Diät mit einer Energiebeschränkung, also einem vorgegebenen Energiegehalt handelt, sind in Hinblick auf die Gewichtsabnahme bei dem überwiegenden Teil der Studien keine signifikanten Unterschiede erkennbar. Dies scheint sich allerdings zu ändern, wenn die proteinreiche Diät ad libitum verzehrt wird. In Bezug auf die Körperzusammensetzung scheinen die proteinreichen Diäten den kohlenhydratreichen Diäten jedoch überlegen zu sein. Die Ergebnisse sind jedoch inkonsistent.

8.3 “Long-Term” Studien

8.3.1 Due A. et al. (2004): Effect of normal-fat diets, either medium or high in protein, on body weight in overweight subjects: a randomised 1-year trial

Studienziel

Ziel der vorliegenden Studie ist eine Ausdehnung der Studie von Skov et al. (1999) vom sechsten bis zum zwölften Monat und eine Nachuntersuchung nach vierundzwanzig Monaten. Von Interesse sind dabei die Auswirkungen auf die Aussteigerate der Probanden (Compliance), auf das Körpergewicht und die Körperzusammensetzung, den Anteil der Probanden mit mehr als 5 / 10 % Gewichtsverlust, sowie auf das intra-abdominale Fettgewebe.

Teilnehmer und Studiendauer

An dieser Studie nahmen 50 übergewichtige und adipöse Frauen und Männer im Alter von 18-56 Jahren teil. Ihr BMI lag zwischen 25-30 kg/m².

Die gesamte Studiendauer betrug 24 Monate, wobei die Studie in drei Phasen unterteilt worden ist.

Phase I: 6 Monate aktiver Gewichtsverlust (siehe auch Skov et al. 1999)

Phase II: 6 Monate Ernährungsberatungsperiode

Nach 24 Monaten Nachuntersuchung (Follow-up)

Studiendesign

Es handelt sich bei dieser Studie um eine randomisierte, kontrollierte Studie der Evidenzklasse 1 b.

Ihr geht eine sechsmonatige streng kontrollierte Untersuchung voraus, in der zwei ad libitum Diäten verglichen worden sind. Die Ergebnisse dieser Studie zeigten, dass der teilweise Ersatz von Kohlenhydraten durch Protein sowohl den Gewichtsverlust als auch die Körperzusammensetzung verbessern kann (Skov 1999b, S. 528).

Die Teilnehmer wurden randomisiert einer von zwei Diätmodellen zugeordnet. Zum einen einer Diät mit mittlerem Proteingehalt (12 % der Energie; Abk.: HC) und zum anderen einer Diät mit hohem Proteingehalt (25 % der Energie, Abk.: HP). Jede Gruppe bestand aus 25 Probanden.

Die Energieaufnahme erfolgte ad libitum und die MNZ wurde streng kontrolliert. Die bisherige körperliche Aktivität sollte, ebenso wie die Rauchgewohnheiten während der Intervention beibehalten werden.

MNZ:

Proteinreiche Diät (HP)	Kohlenhydratreiche Diät (HC)
45 % Kohlenhydrate	58 % Kohlenhydrate
25 % Protein	12 % Protein
< 30 % Fett	< 30 % Fett

Betreuung

Die Teilnehmer wurden in der ersten Phase streng kontrolliert und die Lebensmittel wurden den Probanden bereitgestellt. Dies geschah mit Hilfe eines entsprechenden Lebensmittelgeschäftes, in dem ein Computersystem die Einkäufe der einzelnen Probanden registrierte. Hierdurch war eine genaue Übersicht des Kaufverhaltens möglich. Um die Einhaltung der vorgeschriebenen MNZ zu verbessern, half bei Be-

darf eine Ernährungsberaterin bei der Auswahl der Lebensmittel. In der zweiten Phase erfolgte eine intensive Ernährungsberatungsperiode mit einer Ernährungsberatung in zweiwöchigem Abstand. In dieser Phase, ebenso wie in der dritten Phase mussten sich die Probanden selbständig mit Nahrung versorgen. Am Ende der dritten Phase – nach 12 Monaten – erfolgte eine Nachuntersuchung.

Compliance

Zur Untersuchung der Compliance sollten die Probanden Ernährungsprotokolle führen. Zunächst sieben Tage zu Beginn der Studie, gefolgt von Protokollen nach 7 ½, 9 und 12 Monaten. Zudem wurde die Nitrogenausscheidung des 24-h Urins gemessen. Die Messungen erfolgten vor (Baseline) und zu Anfang eines jeden Monats der Intervention.

Zu Beginn der Studie waren in jeder der beiden Gruppen 25 Probanden. Die erste Phase wurde von jeweils 23 Teilnehmern beendet. Die Aussteigerate war damit relativ gering und in beiden Gruppen identisch. Nach 12 Monaten, dem Ende der Phase 2, waren 7 Probanden (28 %) aus der HC-Gruppe und 2 Probanden (8 %) der HP-Gruppe – bezogen auf den Ausgangswert – ausgestiegen.

Zu der Nachuntersuchung im Monat 12 erschienen nur wenige Probanden. In der HC-Gruppe haben 6 Probanden und von der HP-Gruppe 11 Probanden daran teilgenommen. Dies entspricht bei der HC-Gruppe 76 % und bei der HP-Gruppe 56 % der gesamten Teilnehmerzahl, die nicht bei der Nachuntersuchung dabei waren.

Die Gründe für das Ausscheiden der Probanden wurden in dieser Studie nicht angegeben.

Ergebnisse

Energie- und Makronährstoffaufnahme

Während der ersten sechs Monate war die durchschnittliche Energieaufnahme bei der HP-Gruppe mit 9,0 MJ niedriger als bei der HC-Gruppe (10,8 MJ). Dies legte sich jedoch während der nachfolgenden Monate, indem die Energieaufnahme in der HC-Gruppe sank und in der HP-Gruppe leicht anstieg.

Die Proteinaufnahme entsprach während der ersten Phase den Vorgaben der jeweiligen Diät und es lagen signifikante Unterschiede zwischen den beiden Gruppen vor. Diese blieben während der zweiten Phase bestehen, was durch signifikante Unterschiede in der 24-h Nitrogenausscheidung im Urin bestätigt wurde.

Signifikante Unterschiede zeigten sich ebenfalls während der gesamten Intervention in der Kohlenhydrataufnahme. In der HC-Gruppe lag sie zwischen 54,7 und 58,6 % und in der HP-Gruppe zwischen 45,1 und 48,9 %. Der Verlauf für beide Makronährstoffe über die gesamten 12 Monate ist in nachfolgendem Diagramm dargestellt.

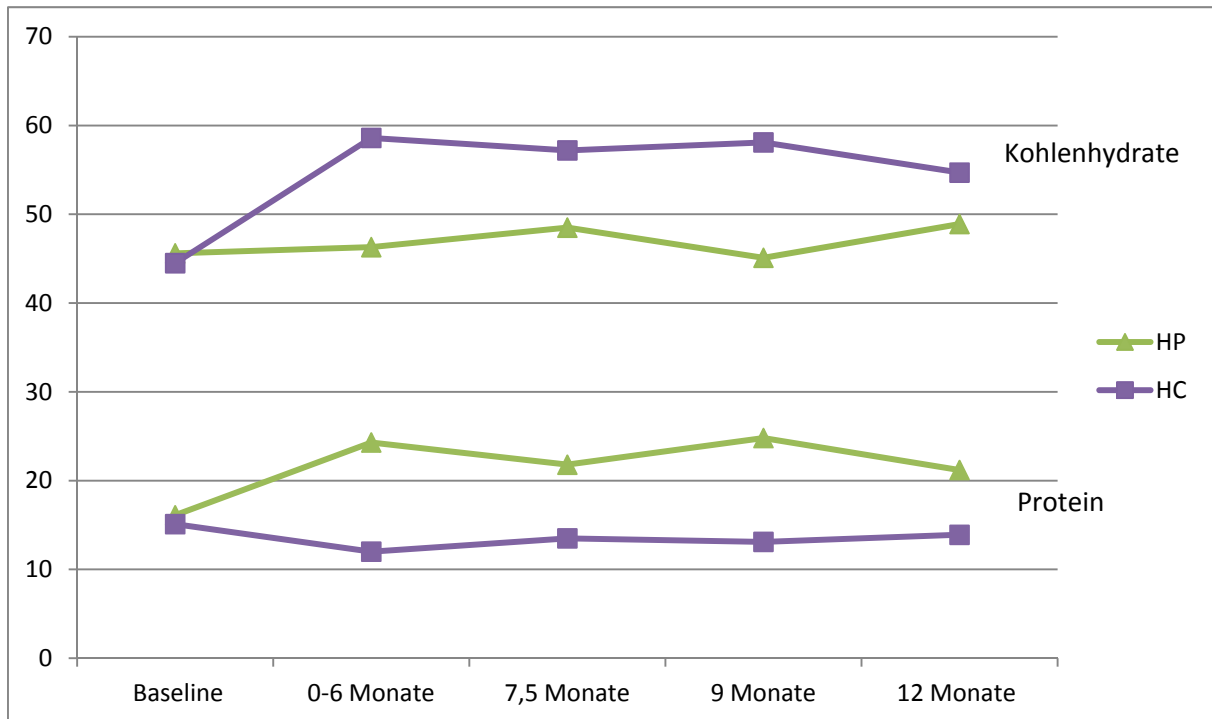


Abbildung 12: Entwicklung der Kohlenhydrat- und Proteinaufnahme innerhalb von 12 Monaten (nach Due 2004)

Betrachtet man die Verlaufskurve (Abbildung 12), so fällt auf, dass der Verlauf der HP-Gruppe zick-zack-förmig ist. Für eine weitere Interpretation wird das 95 %-Konfidenzintervall herangezogen. Dieses liegt bei den Werten im 9. Monat mit Werten zwischen 19,7 und 29,9 % recht weit auseinander, wohingegen die Werte sowohl nach 7,5 Monaten (19,9 - 23,7 %) als auch nach 12 Monaten deutlich enger beieinander liegen (19,5 - 22,8 %). Bei einer ebenfalls engen Spannweite in den ersten sechs Monaten (24,4 – 24,5 %) könnte man schlussfolgern, dass die Proteinaufnahme mit 24,8 % im 9. Monat durch Ausreißer nach oben gegangen ist, bei der Mehrzahl der Probanden aber niedriger lag. Somit wäre der Verlauf der Proteinkurve ab dem 6. Monat negativ. Für diese Theorie würde auch der Verlauf der 24-h Nitrogenausscheidung im Urin sprechen, der der Verlaufskurve „ohne Ausreißer“ entspricht (siehe Abbildung 13). Derselbe „Zick-Zack“-Verlauf ist auch bei der Kohlenhydrataufnahme erkennbar. Da die einzelnen Daten über die Protein- und Koh-

lenhydrataufnahme der Probanden nicht vorliegen, ist diese Überlegung jedoch rein spekulativ.

Die Fettaufnahme lag in beiden Gruppen recht konstant bei etwa 30 %.

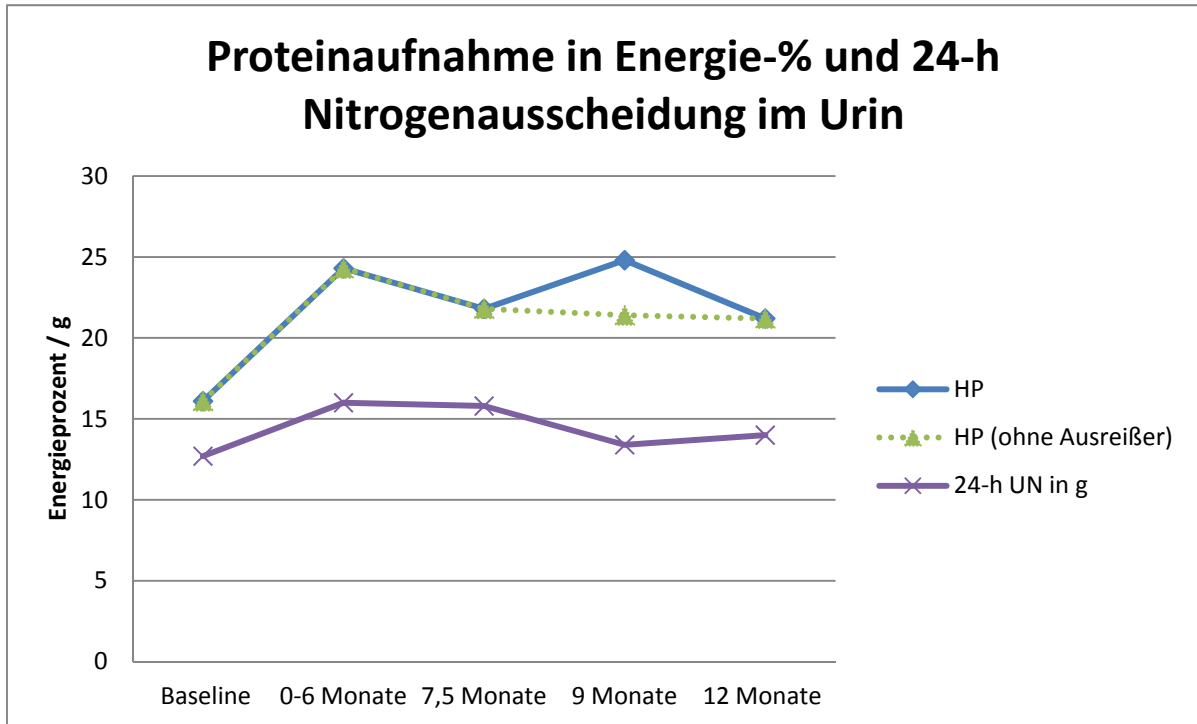


Abbildung 13: Entwicklung der Proteinaufnahme und 24-h Nitrogenausscheidung im Urin (nach Due 2004)

Gewicht

Vor der Studie lagen die Werte zwischen den beiden Gruppen dicht beieinander und es gab keine signifikanten Unterschiede in Gewicht, BMI, der Körperzusammensetzung (FM und FFM), sowie Taillen- und Hüftumfang.

Nach der sechsmonatigen Diätintervention erreichte die HP-Gruppe einen um 3,5 kg größeren Gewichtsverlust als die HC-Gruppe. Bei dieser betrug die Abnahme 5,9 kg (-4,2 bis -7,7 kg)¹⁸, wohingegen die HP-Gruppe 9,4 kg (-7,2 bis -11,6 kg) an Gewicht verlor. In den folgenden 6 Monaten nahm die HP-Gruppe mehr Gewicht zu als die HC-Gruppe, so dass die Unterschiede nicht länger signifikant waren. Die Gesamtabnahme seit Beginn betrug in der HP-Gruppe 6,2 kg (-3,8 bis -8,6 kg) und in der HC-Gruppe 4,3 kg (-2,2 bis -6,4 kg). Aus diesen Werten ergibt sich eine Wiederrücknahme von 3,2 Kilogramm in der HP-Gruppe und 1,6 Kilogramm in der HC-Gruppe. Eine

¹⁸ 95 % CI

Intention-to-treat-Analyse ergab ähnliche Ergebnisse wie die Werte der Probanden, die die Studie beendet haben.

Die Nachuntersuchung im Monat 24 zeigte einen doppelt so hohen beibehaltenden Gewichtsverlust bei der HP Gruppe (-6,4 kg (-2,6 bis -10,2 kg)) im Vergleich zur HC-Gruppe (-3,2 kg (-1,5 bis -7,9 kg)). Durch die niedrige Zahl der Probanden (n=17) sind diese Ergebnisse jedoch statistisch nicht signifikant.

Eine Aufteilung in Gruppen mit über 5 und über 10 kg Gewichtsabnahme ergab nach den ersten 6 Monaten, dass 18 von 23 Teilnehmern in der HP-Gruppe (78 %) und 14 von 23 in der HC-Gruppe (61 %) mehr als 5 kg an Gewicht verloren haben. Bei den Ergebnissen über 10 kg liegt die HP-Gruppe mit 9 von 23 Teilnehmern (39 %) vor der HC-Gruppe, in der 3 von 23 Teilnehmern (13 %) über 10 kg abgenommen haben.

Nach 12 Monaten hatten 13 von 23 Teilnehmern (57 %) und 9 von 18 Teilnehmern (50 %) mehr als 5 kg abgenommen. Eine Gewichtsabnahme über 10 kg hatten 4 von 23 Teilnehmern (17 %) in der HP-Gruppe und kein Teilnehmer aus der HC-Gruppe erzielt.

Zusammengefasst hat in der ersten Phase ein Großteil der Probanden mindestens 5 kg Gewicht verloren. In der HP-Gruppe gab es insgesamt mehr Teilnehmer mit einer Gewichtsabnahme, die über 10 % lag. Nach 12 Monaten waren die Gewichtsabnahmen nicht mehr signifikant. Dennoch haben in der HP-Gruppe mehr als die Hälfte über 5 kg und immerhin noch 4 Teilnehmer über 10 kg Gewicht verloren. Die Gewichtsabnahme über 5 und 10 kg ist in Abbildung 14 grafisch dargestellt.

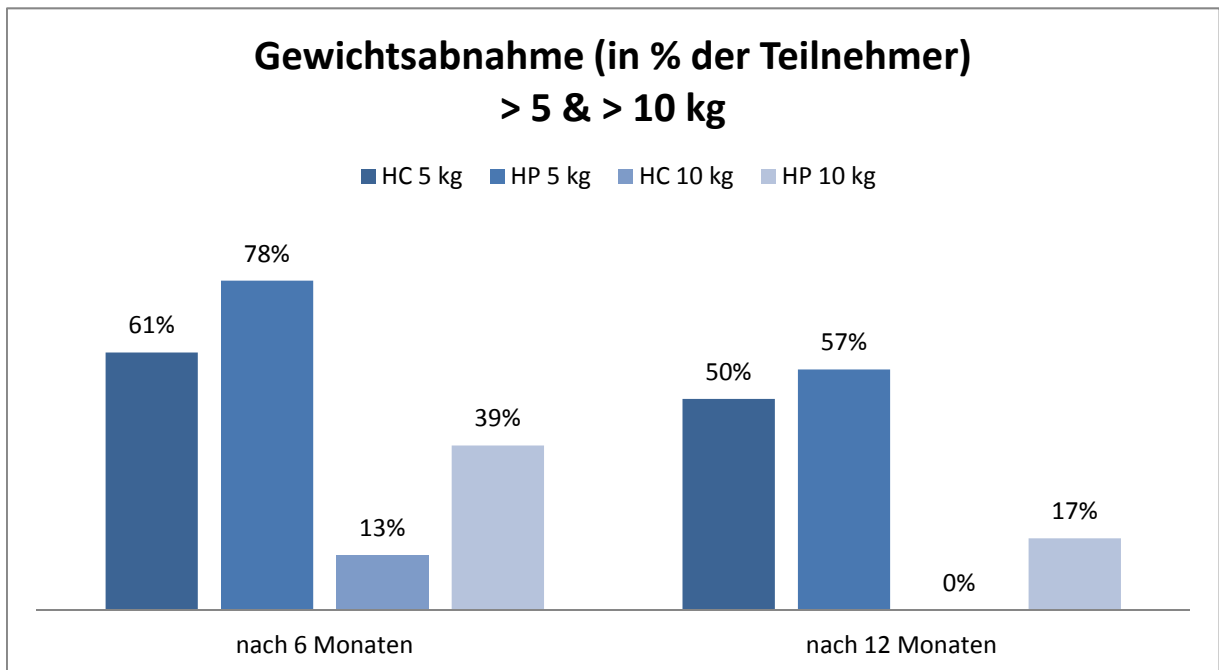


Abbildung 14: Gewichtsabnahme (in % der Teilnehmer) > 5 und > 10 kg (nach Due 2004)

Körperzusammensetzung

Die Ergebnisse im Gewichtsverlust spiegeln sich bei der Abnahme an Fettmasse wieder. Im sechsten Monat gab es signifikante Unterschiede zwischen beiden Gruppen, die aber durch eine Wiederzunahme in der HP-Gruppe nicht bis zum Ende der Ernährungsberatungsphase (12. Monat) signifikant blieben. Die Teilnehmer der HP-Diät verloren bis zum sechsten Monat 7,6 kg (5,7 bis 9,4 kg) Fettmasse, nahmen dann aber wieder drei Kilogramm an Fett zu. In der HC-Gruppe betrugen die Verluste zunächst 4,3 kg (2,9 bis 5,6 kg) und zum Ende der zweiten Phase verringerten sie sich diese auf 3,1 Kilogramm. In der HP-Gruppe wurden demzufolge während der Ernährungsberatungsphase 3 Kilogramm und in der HC-Gruppe 1,2 Kilogramm an Fettmasse wiederzugenommen.

Der Taillenumfang konnte in der HP-Gruppe deutlich reduziert werden und blieb trotz Wiederzunahme signifikant reduziert: -10,1 cm (- 8,0 bis -12,3 cm) nach 6 Monaten und -8,4 cm (-6,3 bis -10,5 cm) nach 12 Monaten. In der HC-Gruppe nahmen die Probanden deutlich weniger an Umfang ab. Bis zum 6. Monat -4,2 cm (-1,5 bis -6,9 cm) und bis zum zwölften Monat nur noch -1,8 cm (-5,5 bis -1,8 cm).

Diskussion:

Die Studie von Skov et al. wurde in dieser Studie um eine Phase mit konstanter Ernährungsberatung erweitert, wodurch die gesamte Studiendauer 12 Monate betrug. Zudem erfolgte eine Nachuntersuchung im 24. Monat. Zu diesem Termin erschienen

jedoch nur noch wenige Teilnehmer, so dass die Daten nicht aussagekräftig sind. Es wird daher nur am Ende der Diskussion kurz darauf eingegangen.

Bei dieser Studie handelt es sich um eine ad libitum Aufnahme, die „sättigendere“ MNZ müsste dementsprechend zu einer geringeren Energieaufnahme führen. Die Ergebnisse der Studie zeigen, dass dies für die proteinreiche, kohlenhydratarme Diät in den ersten sechs Monaten zutraf. In dieser Phase wurden die Lebensmittel/Mahlzeiten den Probanden bereitgestellt. Hier lag die Energieaufnahme in der HP-Gruppe durchschnittlich um 1800 kJ niedriger als in der HC-Gruppe. In den weiteren sechs Monaten, in denen die Probanden selber für ihre Nahrungsversorgung sorgen mussten und „nur“ alle zwei Wochen Kontakt zu dem Ernährungsberater hatten, drehte sich das Bild, so dass die Energieaufnahme der HC-Gruppe sogar unterhalb der Energieaufnahme in der HP-Gruppe lag. Dies könnte darauf hindeuten, dass die MNZ – zumindest langfristig – keinen Einfluss auf die Menge der aufgenommenen Energie hat. Die Ergebnisse aus Ernährungsprotokollen sollten jedoch unter Vorbehalt betrachtet werden, da Probanden während Phasen, in denen Ernährungstagebücher geführt werden, dazu neigen, weniger zu essen oder aber weniger anzugeben, als tatsächlich gegessen worden ist. In der Literatur wird dies häufig als „under-reporting“ bezeichnet (Pudel et al. 2003, S. 143).

Geht man weiterhin davon aus, dass eine erhöhte Proteinaufnahme eine gesteigerte Sättigungswirkung erzeugt, wäre dies eine weitere Erklärung dafür, dass die Proteinaufnahme in der HP-Gruppe gesunken und in der HC-Gruppe angestiegen ist. Betrachtet man den Verlauf der Proteinaufnahme über 12 Monate (Abbildung 12), zeigt sich, dass es eine Tendenz in diese Richtung gegeben hat. Allerdings waren die Veränderungen nur geringfügig, so dass es zweifelhaft ist, ob dies Auswirkungen auf die Sättigungswirkung gehabt hat.

Die Unterschiede in der Energieaufnahme bei der HP-Gruppe zwischen den ersten sechs Monaten und dem Monat 6 bis 12 spiegeln sich auch in dem Gewichtsverlust wieder. In der ersten Phase der Diät (Monat 0 bis 6) nahmen die Teilnehmer der proteinreichen Diätgruppe deutlich mehr an Gewicht ab, als die Teilnehmer mit der proteinmoderaten Diät. Im weiteren Verlauf der Intervention nahmen die Probanden beider Gruppen wieder an Gewicht zu, allerdings war die Gewichtszunahme in der HP-Gruppe deutlich stärker, so dass die Unterschiede im 12. Monat nicht mehr signifikant waren. Auffällig ist, dass die Probanden der HC-Gruppe trotz der ab dem 6. Monat sinkenden Kilojouleaufnahme, die sogar noch unter der Energieaufnahme vor der

Intervention lag, dennoch wieder an Gewicht zugenommen haben. Die plausibelste Erklärung würde hierfür das bereits aufgeführte „under-reporting“ liefern.

Ebenfalls im Einklang mit der zuvor diskutierten Entwicklung der Energieaufnahme und Gewichtsreduzierung stehen die Daten des Verlustes an Fettmasse. Auch hier verloren die Probanden der HP-Gruppe in den ersten sechs Monaten signifikant mehr Fettmasse und nahmen dann ab dem 6. Monat mehr an Fettmasse zu, als die Probanden der HC-Gruppe.

Diesen Beobachtungen entgegen stehen die Daten über die Entwicklung des Taillenumfanges und des Taillen-Hüft-Verhältnisses. Die Teilnehmer der HP-Gruppe konnten nicht nur deutlich mehr an Taillenumfang (-10,1 cm) verlieren als die HC-Gruppe (-4,2 cm), sondern sie konnten diese Reduzierung deutlich besser über die gesamten 12 Monate halten. Zu diesem Zeitpunkt betrug die Umfangsreduzierung - trotz der Zunahme an Gewicht und Fettmasse -8,4 cm. Diese Ergebnisse sind deshalb so interessant, weil der Taillenumfang ein Maß für das abdominale Fettgewebe ist, welches als Einflussfaktor für metabolische Komplikationen gilt. Dementsprechend ist insbesondere eine Reduzierung dieses stoffwechselaktiven Fettgewebes in Bezug auf Verhinderung bzw. Verbesserung des metabolischen Syndroms und weiterer metabolischer Erkrankungen als bedeutsam anzusehen. Der Wirkmechanismus, der diese Verbesserungen durch die proteinreiche, kohlenhydratarme Diät bewirkt hat, konnte bisher nicht geklärt werden. Zudem sind weitere Studien notwendig, die insbesondere die längerfristige Reduzierung des abdominalen Fettgewebes bei proteinreichen, kohlenhydratarmen Diäten untersuchen.

Ein weiterer Faktor, der bei der Gewichtsreduktion und dessen Stabilisierung einen Einfluss hat, ist die Compliance der Teilnehmer. Die Urinwerte für die Nitrogenausscheidung liegen während der gesamten Studiendauer zwischen den beiden Gruppen deutlich auseinander, wobei sie bei der HP-Gruppe höher waren. Diese Ergebnisse unterstützen die Werte der Ernährungsprotokolle, bei denen ebenfalls über den gesamten Interventionszeitraum signifikante Unterschiede in der Proteinaufnahme zu sehen sind.

Für die Aufnahme der Kohlenhydrate und Fette liegen als Nachweis lediglich die Ernährungsprotokolle vor. Demnach waren die Unterschiede in der Kohlenhydrataufnahme während der gesamten zwölf Monate signifikant unterschiedlich; die Fettaufnahme lag, entsprechend den Vorgaben, bei beiden Gruppen knapp unter 30 %. Die Einhaltung der Makronährstoffvorgaben wäre demzufolge über den gesamten Inter-

ventionszeitraum erfüllt. Allerdings geben Due et al. an, dass es nicht bekannt ist, ob die Diät während der Ernährungsberatungsperiode fettreduziert geblieben ist. Die nicht erreichte Gewichtsstabilisierung könne daher auf eine mangelnde Einhaltung der Fettreduktion zurückzuführen sein (Due et al. 2004, S. 1289).

Zudem ist ein Trend in Richtung Aufnahme der alten Ernährungsmuster bei den Probanden zu erkennen (siehe Abbildung 12).

Positiv zu bewerten ist der Anteil von 82 % der Probanden, die die Studie beendet haben. Insbesondere in der HP-Gruppe gab es nur zwei Teilnehmer (4 %), die die Studie vorzeitig beendet haben. Einen positiven Einfluss auf die Compliance der Teilnehmer wird das hohe Nahrungsangebot in dieser Studie gehabt haben, da die Probanden zunächst in einem speziellen Shop (900 Lebensmittel zur Auswahl) und in der zweiten Phase in einem Supermarkt nach Wahl einkaufen konnten. Limitierungen gab es nur bedingt durch die MNZ. Die von einigen Wissenschaftlern angeführte geringere Auswahl an Lebensmitteln bei einer proteinreichen, kohlenhydratarmen Diät scheint in dieser Studie keine Rolle gespielt zu haben. Eine Erklärung liefert die Tatsache, dass ein Kohlenhydratgehalt von 45 % noch genügend Auswahl bei kohlenhydrathaltigen Lebensmitteln liefert – im Gegensatz zu Diäten mit einem sehr geringen Kohlenhydratgehalt.

Insgesamt zeigen die Ergebnisse dieser Studie, dass die Stabilisierung der Gewichtsabnahme nach einer aktiven, stark kontrollierten Phase der Gewichtsreduzierung – unabhängig von der Diätform – schwer zu halten sind. Die initialen größeren Erfolge bei der HP-Diät verlieren sich innerhalb eines Jahres. Die Nachuntersuchung im Monat 24 zeigte allerdings, dass die Teilnehmer der proteinreichen Diät die Abnahme aus dem 12. Monat halten konnten, wohingegen die Teilnehmer der HC-Gruppe weiterhin an Gewicht zunahmen. Nach zwei Jahren war die Gewichtsabnahme mit 6,4 kg in der HP-Gruppe doppelt so hoch wie in der HC-Gruppe. Aufgrund der zu diesem Zeitpunkt geringen Probandenzahl sind diese Daten nicht aussagekräftig genug. Für die Zukunft fehlen daher Studien, die die Gewichtsabnahme von proteinreichen, kohlenhydratarmen Diäten – möglichst im Vergleich zu Diäten mit geringerem Protein- und höheren Kohlenhydratgehalt – von einer Dauer, die über ein Jahr hinaus geht, untersuchen.

Des Weiteren zeigten sich positive Auswirkungen der HP-Diät auf das abdominale Fettgewebe, die bis zu einem Jahr gehalten werden konnten. Hier sind ebenfalls wei-

tere Studien notwendig, um zu ermitteln, ob diese Verbesserungen über ein Jahr hinaus stabil bleiben.

8.3.2 Layman et al. (2009): A Moderate-Protein Diet Produces Sustained Weight Loss and Long-Term Changes in Body Composition and Blood-Lipids in Obese Adults.

Studienziel

Ziel dieser Studie war es, die früheren Ergebnisse von Layman et al. mittels einer großen Multizenterstudie auszuweiten. Hierbei handelt es sich zum einen um eine Studie aus dem Jahre 2003, die im Kapitel „Short term“ dargestellt ist und zum anderen um eine Studie aus dem Jahre 2005, bei der eine proteinreiche Diät in Verbindung mit Bewegung untersucht worden ist.

In dieser Studie sollten die Compliance und die langfristigen Veränderungen der Körperzusammensetzung und der Blutfettwerte bei zwei energiebeschränkten Diäten untersucht werden. Zum einen eine proteinreiche, kohlenhydratarme Diät und zum anderen eine kohlenhydratreiche, fettarme Diät. Die entscheidende Frage hierbei ist, wie „freilebende“ Probanden diese Diäten umsetzen können und ob die kurzfristigen Veränderungen, die nach 4 Monaten Diätintervention eingetreten sind, auch längerfristig gehalten werden können.

Teilnehmer und Studiendauer

An dieser Studie nahmen 130 übergewichtige und adipöse Frauen und Männer im Alter von 40-56 Jahren teil. Ihr BMI lag zwischen 25-30 kg/m², das maximale Gewicht betrug 140 kg. Nichtraucher; es durften keine studienbeeinträchtigenden Medikamente eingenommen werden.

Die gesamte Studiendauer betrug 12 Monate, wobei die Studie in zwei Phasen unterteilt worden ist.

Phase: 4 Monate aktiver Gewichtsverlust

Phase: 6 Monate Gewichtsstabilisierung

Studiendesign

Es handelt sich bei dieser Studie um eine randomisierte, kontrollierte Multizenterstudie der Evidenzklasse 1 b.

Die Teilnehmer wurden randomisiert einer von zwei Diäten zugeordnet; einer proteinreichen, kohlenhydratarmen (HP) und einer kohlenhydratreichen, fettarmen (HC). In der HP-Gruppe befanden sich zu Beginn der Studie 64 Teilnehmer und in der HC-Gruppe befanden sich 66 Teilnehmer. Die HP-Diät sollte einen Proteingehalt von 1,6 g/kg/KG und ein Kohlenhydrat/Proteinverhältnis von weniger als 1,5 haben und die HC-Diät eine Menge von 0,8 g/kg/KG Protein mit einem KH/Proteinverhältnis von > 3,2.

Die Energieaufnahme pro Tag war auf 7100 kJ für Frauen und 7940 kJ für Männer beschränkt.

Die Probanden sollten ihre bisherige körperliche Aktivität während der Intervention beibehalten, ebenso das Nichtrauchen.

In dieser Studie sind die Makronährstoffe nur als allgemeine Beschreibung der Diät in Prozenten des Energiegehaltes angegeben. Die Proteinmenge wird im Verhältnis zum Körpergewicht angegeben, zudem wird die Menge der Fettaufnahme vorgegeben, daraus ergibt sich dann die Kohlenhydratmenge.

MNZ

Proteireiche Diät (HP)

Kohlenhydratreiche Diät (HC)

~ 40 % Kohlenhydrate

~ 55 % Kohlenhydrate

30 % Protein

15 % Protein

30 % Fett

30 % Fett

Es gab Menüpläne mit Mahlzeiten für jeden Tag.

Betreuung

Die Probanden standen über die gesamte Studienzeit mit einem Ernährungsberater in Kontakt und es gab wöchentliche Treffen von einer Stunde Dauer. Hierbei wurden u.a. Informationen über die Mahlzeiten, den Austausch von Lebensmitteln und die Portionsgröße vermittelt. Zudem wurden Fragen beantwortet, Ernährungsprotokolle besprochen und die Probanden wurden gewogen.

Die wöchentlichen Treffen mit den Ernährungsberatern waren ein Pflichtbestandteil dieser Studien, bei mehrmaliger Abwesenheit erfolgte der Ausschluss aus der Studie.

Compliance

Um die Einhaltung der Diätvorgaben zu überprüfen, wurden die Probanden aufgefordert wöchentlich 3-Tages-Ernährungsprotokolle zu schreiben. Darüber hinaus wurde der Harnstoffgehalt im Urin bestimmt.

Bis zum 4. Monat schieden 15 Probanden von der HC-Gruppe aus, wovon sechs Teilnehmer Probleme hatten, sich an die Diät zu halten. In der HP-Gruppe schieden 12 Probanden aus, einer davon wegen Unfähigkeit die Diätvorgaben zu erfüllen.

Zwischen dem 4. und 12. Monat schieden in der HC-Gruppe weitere 21 Teilnehmer aus, 5 wegen Unfähigkeit den Diätvorgaben zu folgen. Aus der HP-Gruppe nahmen 11 Probanden nicht länger an der Studie teil, einer davon wegen Problemen mit den Diätvorschriften.

Insgesamt beendeten wegen der Unfähigkeit, die Diätvorgaben einzuhalten, 11 Teilnehmer aus der HC-Gruppe und 2 Teilnehmer aus der HP-Gruppe die Diätintervention vorzeitig.

Ergebnisse

Energie- und Makronährstoffaufnahme

Während der gesamten Studiendauer blieben die Energie- und Makronährstoffaufnahmen mit den Diätvorgaben konsistent. Nachfolgend sind die einzelnen Komponenten separat aufgeführt.

Die Energieaufnahme war während der gesamten Intervention nicht signifikant unterschiedlich zwischen den Gruppen. Jedoch lag sie mit 6200 kJ (Monat 4) und 6800 kJ (Monat 12) in der HC-Gruppe unter der durchschnittlichen Energieaufnahme der HP-Gruppe (6730 kJ und 7180 kJ; Monat 4 und 12), was eine Differenz von 1600 bis 2230 kJ ausmacht.

Die Proteinaufnahme lag entsprechend der Diätvorgaben in der HP-Gruppe signifikant über der Aufnahme in der HC-Gruppe. Sie war in beiden Gruppen in der Phase des aktiven Gewichtsverlustes und der Phase der Gewichtsstabilisierung konstant und betrug in der HP-Gruppe ca. 115 g/d und in der HC-Gruppe ca. 69 g/d.

Bei der Kohlenhydrataufnahme waren die Werte zwischen den beiden Gruppen ebenfalls signifikant unterschiedlich und entsprachen während der gesamten Studiendauer den Zielvorgaben. In der HP-Gruppe lag sie im 4. Monat bei 162,3 g/d und im 12. Monat bei 168,3 g/d und stieg somit nur geringfügig an. In der HC-Gruppe war der Anstieg von 219,3 auf 231,7 g/d etwas größer.

Der Fettgehalt war entsprechend der Diätvorgaben zwischen den beiden Gruppen nicht signifikant unterschiedlich und lag während der gesamten Studiendauer zwischen 26 und 35 Energie-%.

Das Kohlenhydrat : Protein-Verhältnis, die wichtigste Größe in dieser Studie, entsprach in beiden Gruppen den Zielvorgaben (1,4 HP und 3,2 HC).

Gewicht

Die Werte für die Gewichtsabnahme sind in Tabelle 7 dargestellt.

Tabelle 7: Gewichtsverlust der HP- und HC-Gruppe (nach Layman 2009)

	HP-Gruppe	HC-Gruppe
Gewichtsverlust nach 4 Monaten in kg	-8,2 +/- 0,5 ¹⁹	-7,0 +/- 0,5
Gewichtsverlust nach 12 Monaten in kg (ITT)	-9,3 +/-1,0	-7,4 +/- 0,6
n	52	51
Gewichtsverlust nach 12 Mo. In kg (nur TN, die die Studie beendet haben)	-10,4 +/- 1,2	-8,4 +/-0,9
n	41	30
Gewichtsverlust über 10 % in kg	-16,5 +/- 1,5	-12,3 +/- 0,9
n	20	14

Den Daten ist zu entnehmen, dass sich sowohl die Gewichtsunterschiede als auch die Anzahl der Probanden in den ersten vier Monaten zwischen den Gruppen nicht signifikant unterschieden.

Eine Intention-to-treat Analyse ergab ebenfalls keine signifikanten Unterschiede in der Gewichtsabnahme nach 12 Monaten, auch wenn die HP-Gruppe durchschnittlich 1,9 kg mehr Gewicht verloren hat. Dies spiegelt sich auch bei den Ergebnissen der Studienbeender wieder, bei denen die Probanden der HP-Gruppe 2 kg mehr abgenommen haben. Allerdings gab es große Unterschiede innerhalb der Gruppen. In der HP-Gruppe reichte die Gewichtsabnahme von 0,6 kg bis hin zu 30,8 kg und bei der HC-Gruppe von 1,7 kg bis hin zu 23,2 kg. Dies ließ Layman et al. vermuten, dass es große Unterschiede in der Compliance bezüglich der Einhaltung der Energievorgaben gegeben hat.

Aufgrund dieser deutlichen Unterschiede innerhalb der Gruppen, wurde auch die Gewichtsabnahme über 10 % untersucht. Hierdurch sollten die Probanden herausge-

¹⁹ Mittelwert +/- SEM

filtriert werden, die sich an die Energievorgaben gehalten haben und damit ein Energiedefizit von ca. 2100 kJ. In der HP-Gruppe erreichten mehr Probanden dieses Ziel (n=20) als in der HC-Gruppe (n=14).

Körperzusammensetzung

Nach 4 Monaten lag die Abnahme an Fettmasse, bei gleichen Werten im Verlust an fettfreier Körpermasse, bei der HP-Gruppe um 22 % höher als in der HC-Gruppe (-5,6 +/- 0,4 kg vs. -4,6 +/- 0,3 kg). Nach 12 Monaten stiegen die Unterschiede sogar auf 35 % (Intention-treat-Analyse) bzw. 38 % (Studienbeender) an.

Diskussion:

In der Studie von Layman et al. wurde eine Diätkomposition verwendet, bei der die Proteinmenge in „Gramm pro Kilogramm Körpergewicht“ berechnet wurde. Dies führt zu einer für jede Person individuelle Proteinmenge entsprechend ihrem Gewicht. Im Durchschnitt ergab sich für die HP-Diät ein Proteingehalt von 30 % und für die HC-Diät von 15 %. Demzufolge wurden die Kohlenhydrate der fettarmen, kohlenhydratreichen Diät bei der proteinreichen Diät zugunsten des Proteingehaltes verringert. Weitere Änderungen wurden nicht vorgenommen. Diese Studie erlaubt dadurch einen direkten Vergleich der „klassischen“ fettarmen, kohlenhydratreichen Diät, wie sie u.a. von der Deutschen Gesellschaft für Ernährung empfohlen wird, mit einer proteinreichen, kohlenhydratarmen Diät.

Diese Studie zeichnet sich durch ein hohes Maß an Patientenbetreuung aus, welche in Form von Ernährungsberatung und Diätüberwachung über den gesamten Studienzeitraum durchgeführt wurde. Dies kann ursächlich dafür sein, dass die Vorgaben der Energie- und Makronährstoffaufnahmen in beiden Gruppen über den gesamten Zeitraum eingehalten worden sind. Ebenso die Kohlenhydrat-Protein-Verhältnisse.

Über die 12 Monate der Intervention kam es zu einem Verlust von 45 % der Studienteilnehmer, was wiederum nicht für eine verbesserte Diät-Compliance spricht. Da Studienausscheider die Regel sind, ist es interessant, sich die Gründe für das Ausscheiden anzusehen. Insgesamt schieden 10 % der Teilnehmer wegen der Unfähigkeit, die Diät einzuhalten aus. 90 % der Teilnehmer gaben persönliche Gründe an. Diese Angaben lassen vermuten, dass nur ein geringer Teil Probleme mit der Diät selber hatte, so dass die hohe Ausscheiderate relativiert werden würde. Inwieweit die „persönlichen Gründe“ im Zusammenhang mit der Diät stehen, ist unklar, was eine abschließende Beurteilung erschwert. Daher lässt sich aufgrund dieser Studie nur

bedingt eine Aussage darüber treffen, inwiefern die langfristige Ernährungsberatung die Compliance zu der Diät verbessert.

In der HP-Gruppe kam es zu weniger Studienabbruchern und es gaben deutlich weniger Probanden an, die Diätvorgaben nicht eingehalten haben zu können (2 % HP vs. 8 % HC). Demzufolge war die Compliance der Probanden der proteinreichen Diät besser als die der fettarmen, kohlenhydratreichen Diät. Bei einer energiebeschränkten Diät ist es wichtig, dass die aufgenommenen Nahrungsmittel sättigend sind, damit trotz der geringeren Kilojouleaufnahme kein Hungergefühl auftritt. Die hohe Sättigungswirkung des Proteins könnte daher eine Erklärung sein, warum die Probanden diese Diät anscheinend besser durchhalten konnten.

Außerdem gab es mehr Probanden in der HP-Gruppe, die über 10 kg Gewicht verloren haben (31 % HP vs. 21 % HC), was ebenfalls für eine bessere Compliance mit der proteinreichen, als mit der kohlenhydratreichen Diät spricht.

Es kam, trotz der zu vermutenden verbesserten Sättigungswirkung nicht zu einer signifikant größeren Gewichtsabnahme, weder nach vier, noch nach 12 Monaten. Trotz fehlender Signifikanz wurde in der HP-Gruppe sowohl nach 4 Monaten, als auch nach 12 Monaten mehr Gewicht verloren (1,2 kg bzw. 2 kg). Diese Gewichtsabnahme könnte durch den für Protein bekannten thermogenen Effekt hervorgerufen worden sein.

Die Ergebnisse dieser Studie deuten darauf hin, dass bei relativ gleicher Kilojouleaufnahme die HP-Diät zu einer leicht verbesserten Gewichtsabnahme führt, die aufgrund des identischen Energiedefizites auf anderen Ursachen, wie proteininduzierte thermogene Effekte, zu basieren scheinen.

Darüber hinaus kam es in beiden Gruppen zu einer Verbesserung der Körperzusammensetzung, die in der HP-Gruppe um etwa 27 % stärker war, als in der HC-Gruppe. Im Gegensatz dazu war der Verlust an fettfreier Körpermasse in beiden Gruppen nahezu identisch. Entsprechend war das Verhältnis vom Verlust an Fettmasse zu fettfreier Körpermasse für die HP-Gruppe günstiger. Dies galt insbesondere für die Probanden, die über 10 kg Gewicht verloren haben und damit die beste Diät-Compliance hatten.

Diese Ergebnisse lassen vermuten, dass bei einer guten Compliance zu der Diät eine proteinreiche, kohlenhydratarme Diät Vorteile hinsichtlich der Gewichtsabnahme und der Körperzusammensetzung hat.

8.3.3 Clifton et al. (2008): Long-term effects of a high-protein weight-loss diet

Bei dieser Studie handelt es sich um eine Fortführung der Studie von Noakes et al. aus dem Jahre (2005) mit dem Titel: „*Effect of an energy restricted, high-protein, low-fat diet relative to a conventional high carbohydrate, low-fat diet on weight loss, body composition, nutritional status, and markers of cardiovascular health in obese women.*“

Studienziel

Das Ziel von Clifton et al. war es, die Effizienz von Diäten mit einem erhöhten Proteinanteil auf die Gewichtsstabilisierung nach einer Phase der intensiven Gewichtsreduzierung festzustellen.

Teilnehmer und Studiendauer

In die Studie wurden 119 australische Frauen im Alter von 20 -65 Jahren und einem BMI zwischen 27 und 40 kg/m² aufgenommen. Es durften keine Nieren- oder Lebererkrankungen vorhanden sein, ebenso wie Diabetes mellitus Typ 1 und 2.

Die Studie ist in zwei Phasen unterteilt. Eine Phase mit aktivem Gewichtsverlust von 12 Wochen Dauer (Phase I) und eine Phase über 52 Wochen, in der das reduzierte Gewicht stabilisiert werden sollte (Phase II). Die erste Phase entspricht der oben genannten Studie von Noakes et al.

Studiendesign

Die Einstufung der Studie erfolgt in die Evidenzklasse 1 b. Sie hatte ein parallel Design, d.h. die Teilnehmer wurden randomisiert einer von zwei Diäten zugeordnet. Zum einen handelte es sich dabei um eine proteinreiche (HP) und zum anderen um eine kohlenhydratreiche Diät (HC). In der HP-Gruppe befanden sich zu Studienbeginn 58 Probanden, in der HC-Gruppe 61. Beide Diäten waren isokalorisch mit einer Energiemenge von 5600 kJ und die MNZ war vorgegeben. In der zweiten Phase sollten die Vorgaben aus der Vorgängerstudie von den Probanden weitergeführt werden.

MNZ

Die MNZ war für die Diäten in Prozent der Gesamtenergie vorgeschrieben. Zudem gab es eine Beschränkung der gesättigten Fettsäuren auf unter 10 %.

Proteinreiche Diät (HP)

46 % Kohlenhydrate

34 % Protein

20 % Fett

Kohlenhydratreiche Diät (HC)

64 % Kohlenhydrate

17 % Protein

20 % Fett

Betreuung

Während der ersten Phase erhielten die Probanden alle 4 Wochen individuelle Treffen mit Ernährungsberatern. In der zweiten Phase gab es alle 3 Monate individuellen Kontakt mit den Ernährungsberatern.

Compliance

Die Einhaltung der Makronährstoffvorgaben wurde mittels 3-Tage-Ernährungsprotokollen kontrolliert, die die Probanden im 3, 6, 9 und 12 Monat der Intervention führen sollten. Zudem wurde die Nitrogenausscheidung im 24-h Urin vor und am Ende der Intervention untersucht.

Von den 119 Probanden beendeten insgesamt 79 Probanden (66 %) die 64 Wochen-Intervention. Die Anzahl der Studienbeender war mit zweidrittel der ursprünglich rekrutierten Probanden zufriedenstellend. In der proteinreichen Diätgruppe wurde die Intervention von knapp 10 % mehr Teilnehmern durchgehalten als von den Teilnehmern der kohlenhydratreichen Diät (71 % (HP) vs. 62 % (HC)).

Die Ernährungsprotokolle, die von 72 Probanden ausgefüllt und zurückgegeben wurden, zeigten eine schlechte Compliance zu den Diätvorschriften. Dies bestätigen auch die Daten über den Nitrogengehalt im Urin, welche nicht signifikant unterschiedlich waren.

Ergebnisse

Die Auswertung der Daten erfolgt mittels per-to-Protokoll Analyse und anhand der Compliance, die mit einer Einhaltung von 80 % Diätvorgaben definiert wurde.

Bei der Untersuchung der Daten wurde eine Unterteilung in zwei Gruppen vorgenommen. Zum einen wurden die Daten entsprechend der zugeteilten Originalgruppen (engl. „original diet allocation“ bzw. „allocated groups“) dargestellt und zum anderen wurde eine Einteilung entsprechend der Ergebnisse der Ernährungsprotokolle gemacht (engl. „reported dietary intake“). Diese wurden von insgesamt 72 Probanden ausgefüllt zurückgegeben.

Am Ende gab es eine Gruppe, die nach den Ernährungsprotokollen eine hohe Proteinaufnahme („reported high protein (RHP)“) hatten und eine, deren Proteinaufnahme eher niedrig war („reported low protein (RLP)“) Die Proteinaufnahme sollte dabei in der RHP-Gruppe bei über 88 g/d liegen. Es stellte sich heraus, dass die Probanden, die als „compliant“ eingestuft wurden, dem oberen Tertile der berichteten Proteinaufnahme entsprachen.

Energie- und Makronährstoffaufnahme

Die Energieaufnahme sollte in der Studie 5600 kJ betragen, lag aber de facto deutlich höher. Die HC-Gruppe verzehrte etwa 6391 kJ täglich und die Probanden der HP-Gruppe 6583 kJ. Die Standardabweichung betrug im Schnitt 1200 kJ.

Nach den Vorgaben der Diäten sollte die Proteinaufnahme in der HP-Gruppe 110 g/d betragen und etwa doppelt so hoch sein, wie die der HC-Gruppe (17 % HC vs. 34 % HP). Über die Dauer der Intervention sank sie in der HP-Gruppe um 12 % und stieg in der HC-Gruppe um 3 % an. Damit betrug die Proteinmenge in der HP-Gruppe 95 g/d und war noch um 3,6 % größer als in der HC-Gruppe. Diese Unterschiede sind zwar statistisch noch signifikant, aber dennoch zu gering, um eindeutige Ergebnisse im Vergleich der proteinreichen und kohlenhydratreichen Diät zu liefern.

Bei Einteilung der Gruppen nach den „reported groups“ betrug die aufgenommene Proteinmenge, aufgrund der zu den Vorgaben höheren Energieaufnahme, 109 g/d und entsprach damit dem Ziel von 110 g/d Proteinverzehr. Die Unterschiede zwischen der HP- und HC- Gruppe waren statistisch signifikant, auch wenn sie mit 6,8 % Unterschied in der Proteinaufnahme nicht der geforderten Differenz von 17 % entsprachen.

Beide Gruppen verzehrten im Schnitt 8-9 % mehr Fett, als die vorgesehene Höchstmenge von 20 %. Zudem lagen beide Gruppen, insbesondere bei den für ihre Diät spezifischen Makronährstoffen, über dem Soll. Die HC-Gruppe nahm 13 % zu wenig Kohlenhydrate auf und die HP-Gruppe nahm 13 % zu wenig Protein auf. In den Abbildungen 15 und 16 ist die vorgeschriebene MNZ der tatsächlichen MNZ gegenüber gestellt, ergänzt um die Daten der „reported groups“.

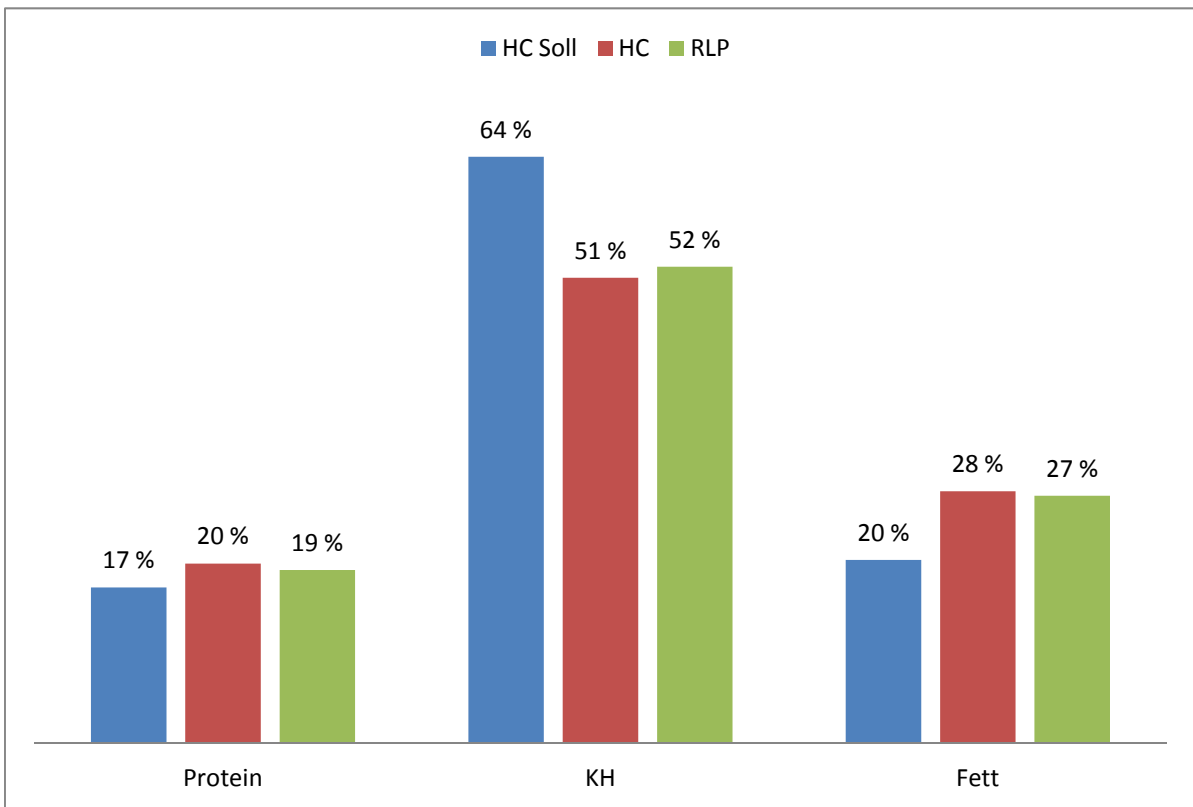


Abbildung 15: MNZ der HC-Gruppe (nach Clifton et al. 2008)

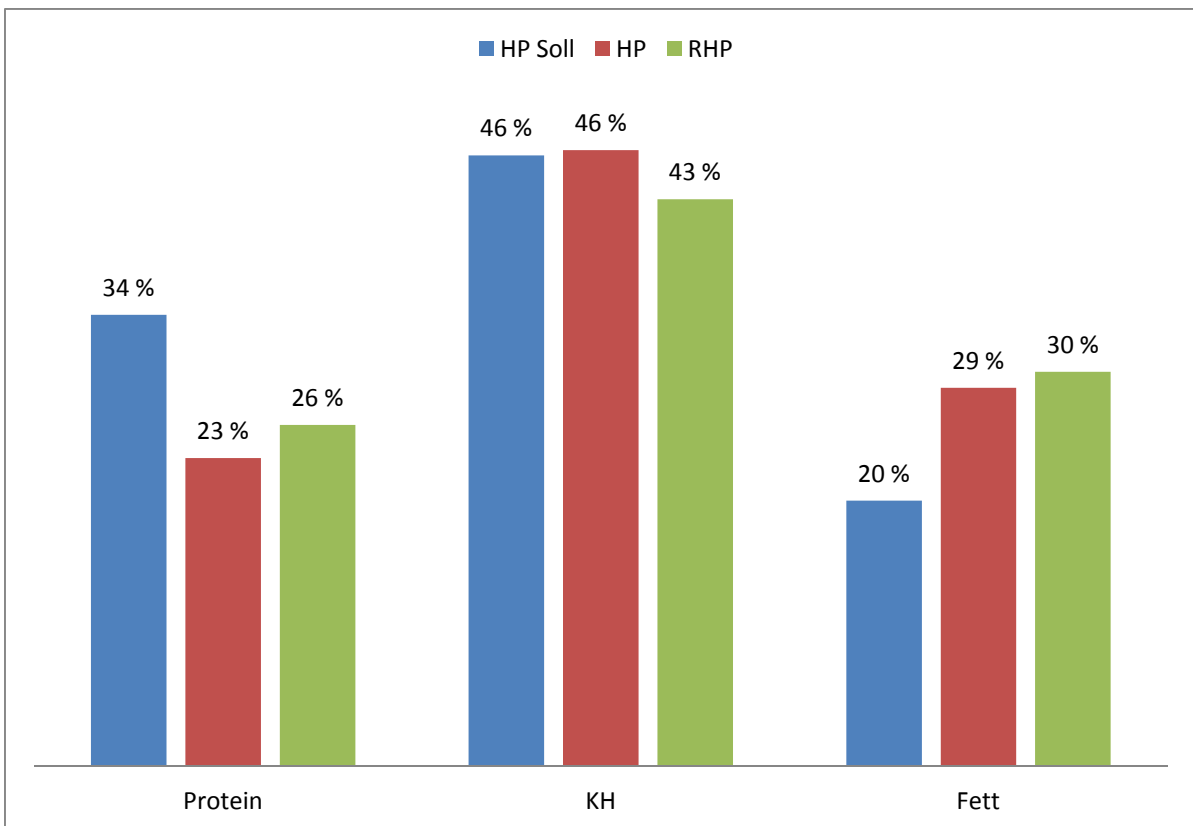


Abbildung 16: MNZ der HP-Gruppe (nach Clifton et al. 2008)

Gewicht

Der Gewichtsverlust war bei Betrachtung der „allocated groups“, also den Probanden, die ein Ernährungsprotokoll abgegeben hatten, mit 4,6 +/- 5,5 kg in der HP-Gruppe und 4,4 +/- 6,1 kg in der HC-Gruppe nicht signifikant unterschiedlich.

Nach Einteilung der Probanden in „reported high protein“ (RHP) und „reported low protein“ (RLP) ergab sich für RHP-Gruppe mit einer Proteinaufnahme von > 88 g/d ein fast doppelt so großer Gewichtsverlust als in der RLP-Gruppe. Diese Ergebnisse wurden bei einer Aufteilung der Gruppe nach einer hohen und niedrigen Nitrogenausscheidung im 24-h Urin bestätigt.

Körperzusammensetzung

Die Veränderungen der Körperzusammensetzung sind zusammen mit den Werten über das Körpergewicht (nach 64 Wochen) für die „allocated groups“ und die „reported groups“ in nachfolgender Tabelle aufgeführt. Zusätzlich wurde die Tabelle um jeweils eine Spalte mit der Differenz zwischen HC-Gruppe (bzw. RLP-Gruppe) und der HP-Gruppe (bzw. RHP-Gruppe) ergänzt.

Tabelle 8: Gewichtsverlust und Körperzusammensetzung nach 64 Wochen (modifiziert nach Clifton et al. 2008)

	HC (n = 22)	HP (n = 27)	HC - HP	RLP (n = 30)	RHP (n = 22)	RLP - RHP
Gewicht (kg)	4,4 +/- 6,1 ²⁰	4,6 +/- 5,5	0,2	3,4 +/- 4,4	6,5 +/- 7,5	- 3,1
Gesamtfett (kg)	3,5 +/- 3,8	3,5 +/- 3,8	0	2,7 +/- 3,1	4,7 +/- 4,2	- 2
Zentrales Fett- gewebe (g)	2,0 +/- 1,8	1,8 +/- 1,9	0,2	1,7 +/- 1,5	2,3 +/- 2,0	- 0,6
Peripheres Fettgewebe (kg)	1,5 +/- 2,0	1,4 +/- 2,1	0,1	0,9 +/- 1,8	2,4 +/- 2,1	- 1,5

Es zeigt sich, dass am Ende der Intervention weder bei der Gewichts- noch bei der Fettabnahme ein Unterschied zwischen der HC- und der HP-Gruppe besteht. Dem gegenüber stehen die Ergebnisse der „reported groups“. Hier ist sowohl bei der Gewichtsabnahme eine Differenz erkennbar als auch bei den Ergebnissen der Fettmas-

²⁰ Mittelwert +/- SD

senreduzierung. Insgesamt verloren die Probanden mit der erhöhten Proteinaufnahme 3,1 kg mehr Gewicht und 2 kg mehr Fettmasse als die Probanden mit der niedrigeren Proteinaufnahme. Der Anteil der gesamten Fettmasse von dem Gewichtsverlust betrug in der RHP-Gruppe 72 %.

Diskussion:

Die Ergebnisse zeigen, dass es keine Unterschiede in der Gewichts- und Fettabnahme und dessen Stabilisierung am Ende der 64 Wochen-Studie gegeben hat. Aufgrund der schlechten Compliance zu den Diäten und wegen mangelnder Unterschiede im Protein- und Kohlenhydratanteil zwischen den beiden Interventionsgruppen wurden die beiden Gruppen zusammengefasst und nur die Ergebnisse, denen ein Ernährungsprotokoll zugrunde lag, berücksichtigt. Die sogenannte „per-to-Protokoll-Analyse“ ergab einen fast doppelt so großen Gewichtsverlust für die RHP-Gruppe.

Mittels multipler Regression wurde die Beziehung zwischen berichteter Nahrungsaufnahme und der Gewichtsentwicklung untersucht. Es kam heraus, dass die Proteinaufnahme in Gramm direkt im Bezug zum Gewichtsverlust am Ende der Intervention stand.

Die Auswertung der Studien aufgrund der berichteten Nahrungsaufnahme und Probanden Compliance unterscheidet diese Studie von allen anderen, die im Rahmen dieser Diplomarbeit betrachtet werden. Die meisten Studien zu diesem Themenkomplex verwenden eine Intention-to-treat-Basis zur Datenauswertung.

Exkurs:

Während bei der Intention-to-treat (ITT) Analyse die Daten aller Probanden, die zu Beginn der Studie dabei gewesen sind, ausgewertet werden, auch wenn diese während der Studie ausgeschieden sind, werden in dieser Studie nur die Daten derer berücksichtigt, die die Studie beendet haben und zudem die Ernährungsprotokolle geführt und abgegeben haben. Die Probanden, genauer gesagt, ihre Daten wurden zur Auswertung der Ergebnisse am Ende der Intervention erneut der proteinreichen oder proteinärmeren Gruppe zugeordnet. Durch diese Methode erhält man ein genaueres Abbild darüber, wie erfolgreich eine proteinreiche Diät ist, wenn sie entsprechend der Vorgaben durchgehalten wird. In dieser Studie zeigte sich, dass eine proteinreiche Diät, bei Einhaltung, tatsächlich Vorteile in der Reduzierung von Körpergewicht- und Fettmasse hat.

Auf der anderen Seite, gibt es durchaus Gründe, die für eine ITT-Analyse sprechen, auch wenn diese Methode dem Ursprung nach für Medikamentenuntersuchungen und weniger für die Untersuchung von Diäten gedacht ist. Durch die ITT-Analyse bleiben die Vergleichbarkeit der Patientengruppen und die Zahl der Teilnehmer (Teststärke) erhalten, was bei der per-to-Protokoll-Auswertung nicht gesichert ist. In dieser Studie gab es anstelle von 119 Probanden nur 72 Probanden, deren Protokolle zur Analyse vorhanden waren. Darüber hinaus spiegelt die ITT-Analyse die tägliche Praxis der Probanden mit der Diät besser wieder. Dies gilt insbesondere bei einer Intervention, wo die Probanden zu Hause leben und selbständig für ihre Nahrungsversorgung (Einkauf, Kochen, etc.) sorgen. In der Regel werden Diätvorschriften nicht zu jedem Zeitpunkt und auch nicht immer zu hundert Prozent eingehalten. Dies ist zu erwarten und deswegen in die Überprüfung der Wirksamkeit einer Diät unter Alltagsbedingungen einzukalkulieren. Zudem sind Abweichungen von den Diätvorschriften, im extremsten Fall der Abbruch der Studie, oftmals nicht zufällig, sondern hängen mit der Diät selber zusammen. Daher ergeben sie einen Hinweis darauf, wie praktikabel die Diät ist.

Die Diät wurde von mehr Probanden aus der HC-Gruppe als aus der HP-Gruppe abgebrochen. In beiden Gruppen gab jeweils nur ein Proband an, die Diätvorgaben nicht eingehalten haben zu können. Die Abbildungen 15 und 16 über die Einhaltung der Diätvorgaben zeigen, dass beide Gruppen Probleme hatten, die Vorgaben einzuhalten. Somit scheint die Hauptursache für das Ausscheiden nicht die Art der Diät, sondern das Diäthalten an sich gewesen zu sein.

Zusammenfassend zeigen die Ergebnisse der per-to-Protokoll-Analyse, dass die HP-Diät bei Einhaltung der Diätvorgaben sowohl in der Gewichtsabnahme, als auch in der Verbesserung der Körperzusammensetzung der HC-Diät überlegen war.

8.3.4 Delbridge et al. (2009): One-year weight maintenance after significant weight loss in healthy overweight and obese subjects: does diet composition matter

Studienziel

Nach dem Erreichen eines großen und schnellen Gewichtsverlustes mittels einer Diät mit geringer Energiemenge (VLED) sollte die Gewichtsentwicklung bei einer anschließenden 12 monatigen Phase der Gewichtsstabilisierung untersucht werden.

Hierbei wurde eine proteinreiche, fettarme Diät mit einer kohlenhydratreichen, fettarmen Diät verglichen.

Teilnehmer und Studiendauer

Es wurden insgesamt 141 Männer und Frauen im Alter 19 bis 74 Jahren und einem BMI von über 31 oder über 27 mit Begleiterkrankungen (Komorbidität) ausgewählt. Ernsthafte Erkrankungen, Hormonstörungen, psychische Erkrankungen und Alkohol oder Drogenabhängigkeit waren Ausschlusskriterien, ebenso wie Schwangerschaft, Stillzeit oder geplante Schwangerschaft bei den Frauen.

Die Studie dauerte insgesamt 15 Monate und wurde in zwei Phasen unterteilt, eine Phase der intensiven Gewichtsabnahme und eine der Gewichtsstabilisierung.

Phase I: VLED für 3 Monate

Phase II: Gewichtsstabilisierung für 12 Monate

Studiendesign

Es handelt sich um ein paralleles randomisiertes Studiendesign der Evidenzklasse 1b. In der ersten Phase unterlagen alle Probanden einer Diät zur Gewichtsreduzierung mit geringem Energiegehalt, in der sie mindestens 10 % ihres Ausgangsgewichtes verlieren sollten. In der zweiten Phase erfolgte eine Aufteilung der Probanden in zwei Gruppen, eine davon mit einer proteinreichen, fettarmen Diät (HP) und die andere mit einer fettarmen, kohlenhydratreichen Diät (HC). Neben den Diäten wurden die Probanden ermuntert, gesunde Verhaltensweisen wie Bewegung (z.B. Aerobic \geq 3 Mal/Woche) anzunehmen.

Während Phase I wurden die Probanden mit einer Formuladiät ernährt (Optifast, Nestlee, Frankfurt), die drei Mal täglich als Mahlzeitenersatz genommen wurde. Zudem durften täglich zwei Tassen stärkearmes Gemüse mit etwas Öl (5 ml) verzehrt werden. Die VLED Diät lieferte ca. 2100 bis 2300 kJ/d.

In der zweiten Phase sollte der Energiegehalt der Diät dem Energiebedarf der Probanden entsprechen. Dieser wurde ermittelt, indem der Grundumsatz anhand der Harris-Benedic Formel errechnet und mit einem Aktivitätsfaktor von 1,3 multipliziert wurde.

MNZ

Die Vorgaben waren 15 % Protein und max. 30 % Fett für die HC-Gruppe und 30 % Protein und max. 30 % Fett für die HP-Gruppe.

Proteinreiche Diät (HP)

40 % Kohlenhydrate

30 % Protein

< 30 % Fett

Kohlenhydratreiche Diät (HC)

55 % Kohlenhydrate

15 % Protein

< 30 % Fett

Betreuung

Während der ersten Phase sollten die Probanden alle zwei Wochen in die Klinik kommen, um gewogen und bezüglich der Anwendung der VLED Diät beraten zu werden.

In der zweiten Phase erhielten die Probanden einmal im Monat eine Ernährungsberatung, die ihnen helfen sollte, eine Energiemenge entsprechend ihrem Energiebedarf zu verzehren; insbesondere dann, wenn die Probanden begannen, an Gewicht zuzunehmen. Es wurden Themen wie langsames Essverhalten, „Snacking“, Lesen von Lebensmittiletiketten und Essen unterwegs besprochen. Zudem wurde die Führung der Ernährungsprotokolle angeleitet.

Beiden Gruppen wurden Kohlenhydrate mit einem niedrigen glykämischen Index empfohlen.

Compliance

Die Compliance zu den Diäten wurde durch 3-Tages-Ernährungsprotokolle zwischen 8. - 9. Monat und zwischen 14. - 15. Monat der Studie kontrolliert und die tatsächliche Proteinaufnahme wurde mittels des Nitrogengehaltes, der anhand des Harnstoffes im Urin kalkuliert wurde, überprüft.

179 Probanden begannen die Studie. In der ersten Phase stiegen 20 Probanden wegen der Unfähigkeit, die Formula-Diät durchzuhalten aus und 14 Probanden erreichten nicht die geforderten 10 % Gewichtsabnahme. Zudem entschieden sich 4 Probanden, die Studie nicht weiter fortzusetzen. Somit begannen 141 Probanden (70 Männer und 71 Frauen) die zweite Phase der Studie. Hiervon waren 70 Probanden in der HC-Gruppe und 71 in der HP-Gruppe. Die Gruppen bestanden je zur Hälfte aus Männern und Frauen.

Insgesamt beendeten 84 Probanden (60 %) die Studie, jeweils 42 aus der HP- und der HC-Gruppe.

Ergebnisse

Energie- und Makronährstoffaufnahme

Anhand der Ernährungsprotokolle wurde eine Energieaufnahme von 6380 kJ im 9. Monat und 6674 kJ im 15. Monat (Ende der Intervention) für die Probanden der HP-Gruppe ermittelt. Hierbei handelt es sich um einen statistisch nicht signifikanten Anstieg. Dies gilt auch für die HC-Gruppe, die im 9. Monat durchschnittlich 6884 kJ aufnahmen und im 15. Monat 7048 kJ. Insgesamt lag die Energieaufnahme der HC-Gruppe um etwa 420 kJ über der HP-Gruppe. Es war auffällig, dass die Frauen in dieser Studie dazu neigten, ihre Energieaufnahme niedriger anzugeben (möglicherweise ein Fall von „under-reporting“) als zuvor kalkuliert. Die durchschnittlich kalkulierte Energieaufnahme betrug 8570 kJ, die durchschnittlich berichtete hingegen 5750 kJ. Bei den Männern trat dieses Phänomen nicht auf.

Die Proteinaufnahme wurde in dieser Studie anhand der Ernährungsprotokolle (EP) und des Harnstoffgehaltes im Urin (kalk. HSdU) ermittelt. Im neunten Monat gab es keine Unterschiede in der Proteinaufnahme bei der HC-Gruppe zwischen Ernährungsprotokoll und kalk. HSdU. Zum 15. Monat ergaben sich signifikante Unterschiede, wobei die kalk. HSdU über der EP-Aufnahme lag. Die Proteinaufnahme in der HP-Gruppe war sowohl im 9. als auch im 15. Monat zwischen kalk. HSdU und EP signifikant unterschiedlich. Dabei lag die Aufnahme nach kalk. HSdU über der Aufnahme nach EP. Insgesamt waren die Unterschiede, mit Ausnahme der Ergebnisse im 9. Monat nach EP, zwischen HC- und HP-Gruppe sowohl nach Ernährungsprotokollen, als auch nach kalkuliertem Harnstoff des Urins signifikant. Die Entwicklung der Proteinaufnahme ist in Abbildung 17 für die HP- und HC-Gruppe nach EP und nach kalk. HSdU dargestellt.

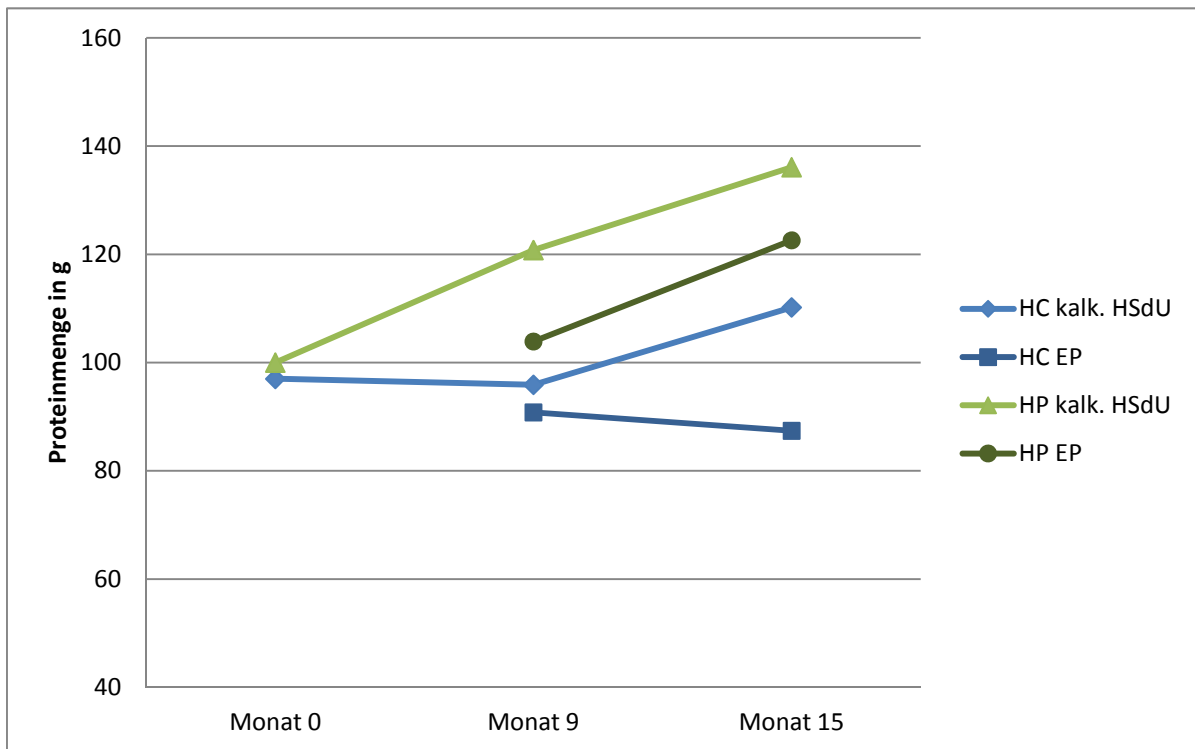


Abbildung 17: Proteinaufnahme der HC- und HP-Gruppe innerhalb von 15 Monaten (nach Delbridge 2009)

Die Makronährstoffaufnahmen anhand der Ernährungsprotolle in Energieprozent sind nachfolgend dargestellt. Die Bestimmung erfolgte anhand einer in der Studie angegebenen Grafik, da keine genauen Werte angegeben sind.

In der HC-Gruppe lag, die Proteinaufnahme mit knapp über 20 % im 9. und 15. Monat über den vorgesehenen 15 %. Die HP-Gruppe entsprach im 9. Monat genau der Vorgabe von 30 % und lag im 15. Monat leicht darunter.

Die Kohlenhydrataufnahme war in der HC-Gruppe in beiden Monaten niedriger als 55 %, insbesondere im 15. Monat (etwa 45 %). In der HC-Gruppe lag die Kohlenhydrataufnahme etwa 5 % niedriger als die Empfehlung von 40 %.

Die Fettaufnahme lag in der HC-Gruppe im 9. Monat unter 30 % und im 15. Monat um 30 %, ebenso wie die HP-Gruppe in beiden Monaten.

Zusammengefasst ist die HP-Gruppe bei allen drei Makronährstoffen nicht signifikant von den Vorgaben abgewichen, wohingegen in der HC-Gruppe signifikante Unterschiede in der Protein- und Kohlenhydrataufnahme waren, wobei die Protein- über und die KH-Aufnahme unter den Vorgaben lag.

Gewicht

Am Ende der ersten Phase wurden im Schnitt $16,5 \pm 0,5^{21}$ kg abgenommen, was einem durchschnittlichen Gewichtsverlust von 14,7 % entspricht. In Bezug auf beide Gruppen (HP und HC), die auch die zweite Phase starteten, sahen die Werte wie folgt aus:

HC (n = 70): - 17,6 \pm 0,8

HP (n = 71): - 14,7 \pm 0,7

In der zweiten Phase nahmen die Probanden, die die Studie beendet haben (CO), in der HC-Gruppe 4,3 kg und in der HP-Gruppe 3 kg wieder an Gewicht zu. Insgesamt nahmen die Probanden der HC-Gruppe $14,3 \pm 2,0$ kg ab und die der HP-Gruppe $14,8 \pm 1,5$ kg. Somit gab es keine signifikanten Unterschiede in der Gewichtsabnahme. Die ITT-Analyse ergab für die HC-Gruppe eine Gesamtgewichtsabnahme von 13,8 und für die HP-Gruppe von 14,3 kg und bestätigt damit die Ergebnisse der „Completer“.

Körperzusammensetzung

Die Ergebnisse von Beginn der Studie bis zum Ende der zweiten Phase der CO- und der ITT-Analyse sind in nachfolgender Tabelle dargestellt:

Tabelle 9: Gewicht und Körperzusammensetzung Ende Phase II (modifiziert nach Delbridge 2009)

	CO		ITT	
	HC (n = 40)	HP (n = 42)	HC (n= 70)	HP (n=68)
Gewicht (kg)	- 14,3 \pm 2,0	- 14,8 \pm 1,5	- 13,8 \pm 1,3	- 14,3 \pm 1,1
Fettmasse (kg)	- 10,5 \pm 1,7	- 9,3 \pm 2,1	- 10,9 \pm 1,2	- 9,9 \pm 1,5
Fettfreie Masse (kg)	- 2,9 \pm 0,5	- 4,2 \pm 0,6	- 2,9 \pm 0,5	- 3,6 \pm 0,6
Taillenumfang (cm)	- 15,4 \pm 1,7	- 16,5 \pm 1,4	- 14,1 \pm 1,1	- 14,5 \pm 1,1

²¹ Mittelwerte \pm SEM

Wie bei der Gewichtsabnahme zeigen sich auch hier im Wesentlichen keine signifikanten Unterschiede. Lediglich bei den Probanden, die die Studie beendet haben, gab es einen leichten, statistisch nicht signifikanten Vorteil in der Erhaltung der Muskelmasse und dem Taillenumfang für die HP-Gruppe.

Diskussion:

In dieser Studie konnte die initiale Gewichtsabnahme von beiden Gruppen gut gehalten werden. Insgesamt kann es zu einer Wiedezunahme von etwa 20 %. In der ersten Phase der Studie bekamen die Probanden nur eine geringe Menge an Energie, die dann in der zweiten Phase auf eine dem Energiebedarf angepasste Menge angehoben wurde. Die Wiedezunahme ist zum einen dadurch erklärbar, dass der Energiegehalt von 2100 kJ etwa verdreifacht wurde und die Anpassung des Stoffwechsels nicht unmittelbar erfolgte und zum anderen, dass die Probanden mehr Energie zu sich genommen haben, als zur Gewichtsstabilisation notwendig. Die Studie liefert nur wenig Informationen über den Verlauf der Energieaufnahme, wahrscheinlich bedingt dadurch, dass die Energiezufuhr in der zweiten Phase individuell erfolgte. Bei beiden Gruppen war die Tendenz zum Ende der Intervention ansteigend.

Die Ergebnisse dieser Studie zeigen allerdings keine Unterschiede in der Gewichtsabnahme und Verbesserung der Körperzusammensetzung zwischen der proteinreichen, fettarmen Diät und der kohlenhydratreichen, fettarmen Diät. Lediglich minimale Unterschiede sind zu Gunsten der HP-Diät feststellbar. So war die Wiedezunahme in der zweiten Phase um 1,3 kg geringer und die fettfreie Körpermasse konnte um 1,3 kg besser gehalten werden. Zudem war die Reduzierung des Taillenumfanges um 1 cm größer.

Grundsätzlich wäre es denkbar, dass es zu keinen signifikanten Unterschieden in der Gewichtsabnahme und Körperzusammensetzung gekommen ist, weil die Makronährstoffvorgaben von den Probanden nicht korrekt eingehalten worden sind. Die Proteingruppe zeigte aufgrund der Ernährungsprotokolle eine sehr gute Compliance mit den Vorgaben, was durch die kalkulierte Proteinaufnahme aus den Harnstoffwerten des Urins bestätigt wurde. In der HC-Gruppe hingegen wurden die Kohlenhydrat- und Proteinvorgaben nicht eingehalten; 5 % zu wenig KH und 5 % zu viel Protein. Somit kam es zu einer Annäherung an die Vorgaben der proteinreichen, kohlenhydratararmen Diät. Es ist allerdings nicht sicher, ob die Abweichungen von den Vorgaben groß genug waren, um ernstzunehmende Auswirkungen auf die Ergebnisse zu ha-

ben, da der Unterschied in Kohlenhydrat- und Proteinaufnahme dennoch 10 % betrug.

8.4 Abschließende Diskussion

In den zuvor aufgeführten Studien wurde die Gewichtsentwicklung in Anschluss an eine Gewichtsabnahme untersucht. Wie auch bei den Short Term Studien, wurden Diäten verglichen, die sich im Kohlenhydrat- und Proteingehalt, nicht aber im Fettanteil unterschieden. Zwei der Studien hatten dabei einen Fettgehalt von maximal 20 % und ebenfalls zwei einen von max. 30 %. Der Proteingehalt in den HP-Gruppen lag zwischen 25 und 35 % und der Kohlenhydratgehalt der HC-Diäten zwischen 55 und 64 %. Damit entsprechen die HC-Diäten in allen Studien den Vorgaben einer kohlenhydratreichen, fettarmen Diät und die HP-Diäten liegen innerhalb des zuvor beschriebenen gängigen Bereiches.

Drei dieser Studien waren Fortführungen von vorherigen Gewichtsverluststudien, die HP- und HC-Diäten miteinander verglichen hatten. Eine Vorgängerstudie zeigte eine signifikant bessere Gewichtsabnahme für die HP-Diät (Skov et al.), bei den beiden anderen gab es keine signifikanten Unterschiede in der Gewichtsabnahme zwischen den beiden Diäten (Clifton et al. und Layman et al.).

Delbridge et al. hingegen erreichten die initiale Gewichtsabnahme mittels einer VLC Diät. Die randomisierte Zuteilung in die beiden Studiengruppen erfolgte anschließend. Dementsprechend war die Gewichtsabnahme in beiden Gruppen zu Beginn der Studie vergleichbar.

In allen Studien kam es am Ende zu keinen signifikanten Unterschieden in der Gewichtsabnahme, bzw. Gewichtsstabilisation. Die HP-Gruppe aus der Studie von Due et al., bei der aufgrund der vorherigen Studie eine signifikant höhere Gewichtsabnahme bestand, nahm in Long-Term Studie stärker an Gewicht zu, so dass die Unterschiede nicht länger signifikant waren. Es gab allerdings weiterhin Vorteile für die HP-Gruppe bei der Gewichtsabnahme über 10 kg und in der Reduzierung des Taillenumfanges. Eine bessere Gewichtsabnahme bei Einteilung nach einem Gewichtsverlust über 10 %, sowie eine stärkere Verbesserung der Körperzusammensetzung für die HP-Diät konnte auch in der Studie von Layman et al. festgestellt werden.

Die Studie von Clifton et al. zeigte bei Einteilung in Gruppen entsprechend der Compliance eine fast doppelt so starke Gewichtsabnahme in der HP-Gruppe im Vergleich zur HC-Gruppe.

Es ist auffällig, dass in den Studien von Clifton et al. und Delbridge et al. die Einhaltung der Diätvorgaben schlechter war, als bei den beiden anderen Studien. Die Ursache dürfte darin liegen, dass die Vorgaben weniger streng waren und die Betreuung in diesen beiden Studien weniger intensiv war. In der Studie von Clifton gab es in der zweiten Phase nur alle drei Monate eine Ernährungsberatung und bei Delbridge waren die Vorschriften am weitläufigsten und die Ernährungsberatung einmal im Monat. Layman et al. und Due et al. hingegen haben besonderes Augenmerk auf eine gute Betreuung durch Ernährungsberater gelegt (alle zwei bzw. jede Woche). Es scheint daher, dass eine langfristige und kontinuierliche Betreuung tatsächlich die Compliance der Probanden in Bezug auf die Einhaltung der Diätvorgaben verbessert.

Zudem gibt es Unterschiede zwischen den Studien hinsichtlich der Energieaufnahme. Mit Ausnahme von der Studie von Due et al. waren alle energiebeschränkt. In der ad libitum Studie kam es längerfristig zu einer deutlichen Gewichtszunahme in der HP-Gruppe. Worin die Ursache genau gelegen hat, konnte im Rahmen dieser Studie nicht geklärt werden. Aufgrund der steigenden Tendenz von sinkender Proteinaufnahme und steigender Kohlenhydrataufnahme (mit Ausnahme des 9. Monats) wäre ein Rückfall in alte Verhaltensmuster eine naheliegende Erklärung.

Hierbei handelt es sich um ein grundsätzliches Problem in der Behandlung von Adipositas. Die alten Ernährungsgewohnheiten sind bei den meisten Menschen tief verwurzelt, so dass diese nach Beendigung einer Diät wieder aufgenommen werden. Das Erlernen von neuen Ernährungsgewohnheiten und dessen langfristige Umsetzung scheint, trotz Betreuung durch Ernährungsberater, schwierig zu sein. Die Folge ist, dass die Probanden häufig wieder an Gewicht zunehmen.

Den Probanden scheint es allerdings leichter zu fallen, eine Diät durchzuhalten, desto genauer die Diätvorgaben und desto besser die Betreuung ist.

Bei der Einhaltung der Diäten sprechen die größtenteils geringeren Aussteigequoten in der HP-Diät (3 von 4 Studien, die vierte hat identisch viele Studienbeender) dafür, dass sie von den Probanden besser durchgehalten werden kann. Einen wesentlichen Anteil dürfte hierbei die gute Sättigungswirkung von Protein haben.

Es scheint, dass eine proteinreiche Diät einer kohlenhydratreichen Diät bei Betrachtung von Gewichtsabnahme und Verbesserung der Körperzusammensetzung, insbesondere im Bereich des abdominalen Fettgewebes leicht überlegen ist. Bei Betrachtung

tung der reinen Gewichtsabnahme ermöglichen proteinreiche Diäten, die ad libitum verzehrt werden dürfen, kurzfristig eine bessere Gewichtsabnahme als kohlenhydratreiche Diäten. Diese Vorteile gehen längerfristig (etwa nach 6 Monaten) wieder zurück. Bei energiebeschränkten Diäten gibt es, wenn überhaupt, nur eine geringfügig bessere Gewichtsabnahme für HP-Diäten im Vergleich zu HC-Diäten. Die entscheidende Komponente für den Erfolg einer Diät ist auf kurze Zeit gesehen, die Erzielung eines Energiedefizites und langfristig die Beibehaltung einer Ernährung, in der sich Energieaufnahme und -verbrauch die Waage halten.

Mit besonderem Fokus auf die Körperzusammensetzung gibt es Hinweise, dass die Erhaltung der Muskelmasse und die Abnahme des abdominalen Fettgewebes mit einer HP-Diät besser gelingen. Die Ursache für diese Verluste an abdominalem Fettgewebe sind derzeit nicht geklärt, ebenso wenig, warum die Verluste trotz der Gewichtswiederzunahme bestehen blieben. Sollten sich diese Effekte auf das abdominale Fettgewebe durch HP-Diäten in weiteren Studien bestätigen und zudem längerfristig stabil bleiben, wäre dies ein wichtiger Gesichtspunkt in Hinblick auf die Reduzierung von Risikofaktoren für das metabolische Syndrom.

9 Protein und Nierenfunktion

Im Zusammenhang mit proteinreichen Diäten wird häufig von der Befürchtung gesprochen, dass der erhöhte Verzehr von Protein zu einer Schädigung der Nieren und damit zu Nierenerkrankungen führen könnte. Dieser Frage wurde schon vor über einem halben Jahrhundert nachgegangen, genauer im Jahre 1923. Zu diesem Zeitpunkt wurde anhand von Versuchen mit Ratten der Zusammenhang von Proteinaufnahme und der Ureaausscheidung festgestellt; kurze Zeit später wurde auch eine erhöhte Kreatininausscheidung beobachtet. Inzwischen gilt es als gesichert, dass sowohl eine akute, als auch chronische gesteigerte Proteinaufnahme die glomeruläre Filtrationsrate (GFR) erhöht (Martin et al. 2005, S. 2).

Es wurden bis dato zahlreiche Untersuchungen an Menschen durchgeführt, die die Auswirkungen eines erhöhten Proteinverzehrs auf die Nierenfunktion betrafen. Allerdings fanden diese Studien an Probanden statt, die bereits eine bestehende Nierenschädigung bzw. -erkrankung hatten. Bei dieser Studienpopulation stellte sich heraus, dass ein erhöhter Verzehr von Protein tatsächlich negative Auswirkungen auf den Krankheitsverlauf hatte. Demzufolge ist heutzutage die gängige Empfehlung für Patienten mit Nierenleiden, eine reduzierte Proteinaufnahme. Diese Ergebnisse er-

lauben es jedoch nicht, diese Empfehlungen auch auf Menschen mit normaler Nierenfunktion auszuweiten (Martin et al. 2005, S. 3).

In bisher durchgeführten Studien mit erhöhtem Proteinanteil konnte zwar eine Vergrößerung der Nieren und eine erhöhte GFR festgestellt werden, die Albuminausscheidung blieb allerdings unverändert. Die Autoren dieser Studien kamen daher zu dem Schluss, dass trotz dieser Veränderungen keine schädlichen Auswirkungen von proteinreichen Diäten bei gesunden Menschen zu erwarten sind (Skov 1999, Boden 2005).

Martin et al. kamen in ihrem Review zu dem Schluss, dass es derzeit keine Untersuchungen gibt, die einen Zusammenhang zwischen Proteinaufnahme und der Ausbildung oder dem Fortschreiten von Nierenerkrankungen bei gesunden Individuen aufzeigen (Martin et al. 2005, S. 5). Es scheint vielmehr so zu sein, dass die Veränderungen in der Nierenfunktion, die festgestellt werden konnten, einen adaptiven Mechanismus darstellen, der nicht im Zusammenhang mit einem gesteigerten Risiko für chronische Nierenerkrankungen stehen (Martin et al. 2005, S. 4).

Bei einer aktuellen Studie, in der die langfristigen Auswirkungen auf die Nierenfunktion untersucht worden sind, kam es ebenfalls zu keinen Hinweisen darauf, dass die proteinreiche Diät negative Auswirkungen auf die Nieren hat. Sowohl die glomeruläre Filtrationsrate, als auch die Albumin- und Kreatininausscheidung im Urin waren unauffällig (Brinkworth 2010).

10 Fazit

Die kurzfristige Wirksamkeit von LC-Diäten auf die Gewichtsabnahme und Verbesserung der Körperzusammensetzung kann als gesichert angesehen werden. Ebenso scheinen sich Vorteile einer proteinreichen, fettarmen Diäten gegenüber einer kohlenhydratreichen, fettarmen Diät bei einem Verzehr ad libitum zu ergeben. Jedoch lassen unzureichende Langzeiterfolge den Schluss zu, dass die Compliance der Probanden über einen längeren Zeitraum nachlässt und daher eine intensive Betreuung während des gesamten Interventionszeitraumes einen wichtigen Aspekt der Adipositasbehandlung – unabhängig von der Diätform – darstellt.

Eine gesicherte Aussage über die Wirksamkeit einer Diät ist nur möglich, wenn diese Diät von den Studienteilnehmern auch durchgehalten wird, was bedeutet, dass die Diätvorgaben über einen längeren Zeitraum befolgt werden. Wenn die Probanden in

ihre „alten Muster“ verfallen, ist ein ausbleibender (Langzeit-) erfolg in erster Linie hierauf zurückzuführen und weniger auf die Wirksamkeit der Diät. Auf der anderen Seite ist die längerfristige Durchführbarkeit einer Diät ein nicht zu vernachlässigender Faktor. Eine Diät kann, salopp gesagt, noch so wirkungsvoll sein – sie nützt nichts, wenn sie nicht eingehalten wird. Daher sollte bei der Behandlung der Adipositas, nach Ansicht der Autorin, das Hauptaugenmerk auf den Patienten und dessen individuelle Eigenschaften gelegt werden und erst in zweiter Linie auf die Suche nach der „idealen“ Diät. Es ist durchaus denkbar, dass es „die perfekte Diät“ nicht geben wird, sondern dass die jeweilige Diät individuell dem Patienten entsprechend ausgewählt werden sollte. Zudem scheint es wichtig zu sein, die Patienten langfristig zu betreuen und Ihnen Kompetenzen zu vermitteln, die eine Gewichtsstabilisierung nach der initialen Gewichtsabnahme ermöglichen.

Abschließende Meinung der Autorin dieser Diplomarbeit:

Insbesondere wegen der positiven Auswirkungen auf die Körperzusammensetzung und das abdominale Fettgewebe scheint es mir ratsam zu sein, bei nierengesunden Personen, einen Teil der Kohlenhydrate gegen Protein auszutauschen. Dabei sollte eine Proteinzufuhr von 30 % oder 1,6 g/kg/KG wegen der noch nicht gesicherten Datenlage in Bezug auf Risiken durch eine zu hohe Proteinaufnahme, langfristig nicht überschritten werden. Für einen kürzeren Zeitraum (bis 6 Monate) ist auch der Einsatz von ketogenen Diäten, insbesondere wenn eine schnelle Gewichtsreduzierung gewünscht wird, geeignet. Aufgrund der extremen Stoffwechsellage (Ketose) würde ich allerdings von einer Langzeitanwendung abraten.

11 Zusammenfassung

Das Ziel der vorliegenden Diplomarbeit besteht darin, anhand von ausgewählten Studien die Einflüsse von Diäten mit unterschiedlichen Kohlenhydrat- und proteingehalten auf die Gewichtsabnahme und Körperzusammensetzung zu ermitteln. Hierzu wurden zwei Diätformen mit einer konventionellen fettarmen, kohlenhydratreichen Diät verglichen. Zum einen waren dies ketogene Diäten und zum anderen proteinreiche, fettarme Diäten. Das Hauptaugenmerk lag dabei auf den proteinreichen, fettarmen Diäten. Zudem wurden diese in Hinblick ihrer kurz- und langfristigen Wirkung betrachtet.

Zur Analyse der ketogenen Diäten wurden drei Studien ausgewählt, wovon zwei dieselbe Studienpopulation untersucht haben und aufeinander aufbauten (6 Monate und Ausdehnung auf 12 Monate).

Bei einem Großteil der Studien kann eine stärkere initiale Gewichtsabnahme beobachtet werden, die langfristig in vielen Fällen nicht gehalten werden kann. Nach 12 Monaten ist die Gewichtsreduzierung - bedingt durch eine Wiedezunahme - mit der einer kohlenhydratreichen, fettarmen Diät vergleichbar. Die Hauptursache scheint in der Schwierigkeit die starke Kohlenhydratreduzierung langfristig durchzuhalten, zu liegen.

Zur Analyse der proteinreichen, fettarmen Diäten wurden insgesamt 6 Studien ausgesucht, die die kurzfristige Wirkung untersuchten und 4 die die längerfristige Wirkung untersuchten.

Bei den short term Studien sind die Ergebnisse nicht einheitlich. Es zeigte sich jedoch eine Differenzierung nach der Energieaufnahme: ad libitum und energiebeschränkt. Während die ad libitum Diäten zu einer verbesserten Gewichtsabnahme führten, gab es bei den energiebeschränkten, bis auf eine Ausnahme, keine Vorteile für die HP-Diät. Es scheint daher, dass ad libitum Bedingungen notwendig sind, um eine wesentliche Eigenschaft von proteinreichen Diäten, die gute Sättigung, ihre Wirkung zeigen zu lassen.

Die Analyse der long term Studien ergab keine Vorteile in Bezug auf die Gewichtsabnahme für die HP-Diäten. Sowohl bei den Studien, wo zuvor eine größere Gewichtsabnahme in der HP-Gruppe bestanden hat, als auch bei den Studien mit gleicher Ausgangssituation. Es zeigten sich jedoch teilweise Verbesserungen in der Körperzusammensetzung und im abdominalen Fettgewebe.

Es schien langfristig nicht von Bedeutung zu sein, ob der Verzehr ad libitum oder energiebeschränkt war.

Gesundheitliche Risiken scheinen von den HP-Diäten nicht auszugehen, auch wenn Veränderungen in der Nierenfunktion feststellbar waren. Diese scheinen aber ein natürlicher und nicht krankhafter Anpassungsprozess zu sein. Inwiefern dies über mehrere Jahre hinweg zu Komplikationen führen kann, ist derzeit nicht untersucht.

12 Abstract

The goal of this dissertation is to investigate the impact of diets with varying amounts of carbohydrates or proteins on weight loss using selective studies. Two types of diets were compared; a conventional low fat diet and a high carbohydrate diet. Both ketogenic and other high protein, low fat diets were looked into. The main attention was given to high protein, low fat diets. In addition the short and long term impact was studied. 3 studies were chosen to analyze the ketogenic diets. Two of these studies used the same study population (a 6 month study was extended to 12 months). In the majority of cases initially there was a high weight loss, which couldn't be continued in the long term. After 12 months weight loss is comparable to a high carbohydrate and low fat diet, due to weight gain. The main reason appears to be the difficulty in reducing the intake of carbohydrates for a long period.

6 short term and 4 long term studies were chosen to analyze the high protein, low fat diets. The results of the short term studies are not consistent. There is a difference depending on the energy consumption: ad libitum or reduced calories. The ad libitum diets lead to a better weight reduction than the high protein diets with one exception. Therefore, ad libitum conditions are necessary to make an impact.

In the long term studies the high protein diets didn't have any advantage over the other diets. Not only in the studies where the highest weight reduction was found in the HP group, but also in the studies with the same starting point. However, there was an improvement in the abdominal fatty tissue. It doesn't seem to make a difference in the long term if consumption was ad libitum or calorie reduced.

There don't appear to be any medical risks with a high protein diet, although changes in the kidney functions were noted. These seem to be natural and not pathological. Whether this could lead to complications in the long term has not been investigate so far.

Abkürzungsverzeichnis

%-AG	Prozent des Ausgangsgewichtes
ATP	Adenosintriphosphat
E	Eiweiß
Energie-%	Energieprozent
F	Fett
HC-Diät/Gruppe	Kohlenhydratreiche Diät (-gruppe)
HP-Diät/Gruppe	Proteinreiche, fettarme Diät (-gruppe)
ITT	Intention-to-treat (Analyse)
kalk. HSdU	Ermittlung der Proteinaufnahme anhand kalkulierter Werte aus dem Harnstoffgehalt des Urins
KH	Kohlenhydrate
LC-Diät/Gruppe	Sehr kohlenhydratarme Diät (-gruppe)
MNZ	MNZ
PYY	Peptid YY
VLED	Very low energy diet

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Komponenten des täglichen Energieumsatzes (Biesalski 2004, S. 252).....	20
Abbildung 2: postprandialer ATP-Verbrauch (Tappy 1996, S. 393).....	20
Abbildung 3: Entwicklung der MNZ der LC-Diät (nach Brehm 2003).....	30
Abbildung 4: Entwicklung der MNZ der HP-Diät (nach Brehm 2003)	30
Abbildung 5: Gewichtsverlust der LC- und HC-Diät (nach Brehm 2003)	30
Abbildung 6: Gewichtsentwicklung der LC- und HC-Diät über 12 Monate (nach Foster et al. 2003)	32
Abbildung 7: Prozentsatz der Probanden mit positivem Nachweis von Ketonkörper im Urin (Foster et al. 2003)	33
Abbildung 8: Entwicklung von Körpergewicht und ~zusammensetzung (nach Baba 1999).....	46
Abbildung 9: Entwicklung des Körpergewichtes und der ~zusammensetzung (nach Layman 2003).....	49
Abbildung 10: Vergleich der MNK der HP- und HC- Diät (nach Farnsworth 2003)....	51
Abbildung 11: Gewichtsverlust der HC- und HP-Gruppe innerhalb von 12 Wochen Energiebeschränkung und 4 Wochen ~balance (nach Farnsworth 2003)	52
Abbildung 12: Entwicklung der Kohlenhydrat- und Proteinaufnahme innerhalb von 12 Monaten (nach Due 2004)	60
Abbildung 13: Entwicklung der Proteinaufnahme und 24-h Nitrogenausscheidung im Urin (nach Due 2004)	61
Abbildung 14: Gewichtsabnahme (in % der Teilnehmer) > 5 und > 10 kg (nach Due 2004).....	63
Abbildung 15: MNZ der HC-Gruppe (nach Clifton et al. 2008)	77
Abbildung 16: MNZ der HP-Gruppe (nach Clifton et al. 2008)	77
Abbildung 17: Proteinaufnahme der HC- und HP-Gruppe innerhalb von 15 Monaten (nach Delbridge 2009)	84

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Studien der Regressionsanalyse: Zusammenhang von DIT und Protein (modifiziert nach Westerterp, 2004, S. 4).....	23
Tabelle 2: Evidenzklassen (Hauner 2007, modifiziert nach SIGN, 1999).....	24
Tabelle 3: Zusammenfassung der Diäten und Kohlenhydratgehalte (Hession 2009).....	28
Tabelle 4: Übersicht der HP-Diäten "short term"	37
Tabelle 5: Energie- und Makronährstoffaufnahme der Diätgruppen (nach Layman 2003).....	48
Tabelle 6: Beispiel-Tagesplan (modifiziert nach Johnston et al. 2004).....	54
Tabelle 7: Gewichtsverlust der HP- und HC-Gruppe (nach Layman 2009).....	71
Tabelle 8: Gewichtsverlust und Körperzusammensetzung nach 64 Wochen (modifiziert nach Clifton et al. 2008).....	78
Tabelle 9: Gewicht und Körperzusammensetzung Ende Phase II (modifiziert nach Delbridge 2009).....	85

Literaturverzeichnis

Bücher

- ATKINS R.: DR. ATKINS NEW DIET REVOLUTION, NEW YORK: (AVON BOOKS), 1992
- BIESALSKI, HK ET AL. (HG.): Ernährungsmedizin, Nach dem Curriculum Ernährungsmedizin der Bundesärztekammer. 3. erw. Aufl. Stuttgart: (Thieme), 2004.
- DGE (HG.): DGE Beratungs-Standards. [Neuausg.], 1. Aufl. Bonn: (DGE), 2009
- HAHN, A.; STRÖHLE, A.; WOLTERS, M. (HG.): Ernährung, Physiologische Grundlagen, Prävention, Therapie. 2. überarb. und aktualisierte Aufl. Stuttgart: (Wiss. Verl.-Ges.), 2006.
- MÜLLER, MJ (HG.): Ernährungsmedizinische Praxis, Methoden - Prävention - Behandlung. 2., vollständig neu bearbeitete Auflage. (Springer-11773 /Dig. Serial]). Berlin, Heidelberg: (Springer Medizin Verlag Heidelberg), 2007.
- PUDEL, V.; WESTENHÖFER, J. (HG.): Ernährungspsychologie, Eine Einführung. 3. unveränd. Aufl. Göttingen: (Hogrefe Verl. für Psychologie), 2003.

Fachzeitschriften

- ANDERSON, GH; MOORE, SE: Dietary proteins in the regulation of food intake and body weight in humans, in: The Journal of nutrition Jg. 134 H. 4 (2004) S. 974–979.
- BABA, NH ET AL.: High protein vs. high carbohydrate hypoenergetic diet for the treatment of obese hyperinsulinemic subjects, in: International journal of obesity and re-

lated metabolic disorders : journal of the International Association for the Study of Obesity Jg. 23 H. 11 (1999) S. 1202–1206.

BARKELING, B.; RÖSSNER, S.; BJÖRVELL, H.: Effects of a high-protein meal and a high-carbohydrate meal on satiety measured by automated computerized monitoring of subsequent food intake, motivation to eat and food preferences, in: International journal of obesity Jg. 14 H. 9 (1990) S. 743–751.

BATTERHAM, RL ET AL.: Critical role for peptide YY in protein-mediated satiation and body-weight regulation, in: Cell Metabolism Jg. 4 H. 3 (2006) S. 223–233.

BOSCHMANN M. (1999): Suppenkasper oder Leckermaul. aus: Essen als Droge; Neurobiologische Effekte der Nahrung, in: Ernährungsforum, 1999 S. 1–28.

BREHM, BJ ET AL.: A randomized trial comparing a very low carbohydrate diet and a calorie-restricted low fat diet on body weight and cardiovascular risk factors in healthy women, in: The Journal of clinical endocrinology and metabolism Jg. 88 H. 4 (2003) S. 1617–1623.

BRINKWORTH, GD ET AL.: Renal function following long-term weight loss in individuals with abdominal obesity on a very-low-carbohydrate diet vs high-carbohydrate diet, in: Journal of the American Dietetic Association Jg. 110 H. 4 (2010) S. 633–638.

CLAESSENS, M. ET AL: The effect of a low-fat, high-protein or high-carbohydrate ad libitum diet on weight loss maintenance and metabolic risk factors, in: International journal of obesity (2005) Jg. 33 H. 3 (2009) S. 296–304.

CLIFTON, PM; KEOGH, J: Metabolic effects of high-protein diets, in: Current atherosclerosis reports Jg. 9 H. 6 (2007) S. 472–478.

CLIFTON, PM; KEOGH, JB; NOAKES, M.: Long-term effects of a high-protein weight-loss diet, in: The American journal of clinical nutrition Jg. 87 H. 1 (2008) S. 23–29.

DE JONGE, L.; BRAY, GA: The thermic effect of food and obesity: a critical review, in: Obesity research Jg. 5 H. 6 (1997) S. 622–631.

DELBRIDGE, E. ET AL: One-year weight maintenance after significant weight loss in healthy overweight and obese subjects: does diet composition matter?, in: The American journal of clinical nutrition Jg. 90 H. 5 (2009) S. 1203–1214.

DUE, A. ET AL.: Effect of normal-fat diets, either medium or high in protein, on body weight in overweight subjects: a randomised 1-year trial, in: International journal of obesity and related metabolic disorders : journal of the International Association for the Study of Obesity Jg. 28 H. 10 (2004) S. 1283–1290.

FARNSWORTH, E ET AL.: Effect of a high-protein, energy-restricted diet on body composition, glycemic control, and lipid concentrations in overweight and obese hyperinsulinemic men and women, in: The American journal of clinical nutrition Jg. 78 H. 1 (2003) S. 31–39.

FOSTER, GD; EDMAN, JS; KLEIN, S: A randomized trial of a low-carbohydrate diet for obesity, in: The New England journal of medicine Jg. 348 H. 21 (2003) S. 2082–2090.

GRANATA, GP; BRANDON, LJ: The thermic effect of food and obesity: discrepant results and methodological variations, in: Nutrition reviews Jg. 60 H. 8 (2002) S. 223–233.

HALTON, TL; HU, FB: The effects of high protein diets on thermogenesis, satiety and weight loss: a critical review, in: Journal of the American College of Nutrition Jg. 23 H. 5 (2004) S. 373–385.

- HAMM M., BERG A. JR., BERG A.: Erfolgreiches Gewichtsmanagement und gesundheitliche Vorteile bei eiweißbetonter Ernährung, in: CMA, Centrale Marketing-Gesellschaft, Sonderdruck (2008) S.1-4.
- HAUNER, H. ET AL. (2007): Prävention und Therapie der Adipositas, Evidenzbasierte Leitlinie. Herausgegeben von Deutsche Diabetes-Gesellschaft Deutsche Gesellschaft für Ernährung Deutsche Gesellschaft für Ernährungsmedizin Deutsche Adipositas-Gesellschaft. Online verfügbar unter <http://www.adipositas-gesellschaft.de/daten/Adipositas-Leitlinie-2007.pdf>.
- HESSION, M. ET AL.: Systematic review of randomized controlled trials of low-carbohydrate vs. low-fat/low-calorie diets in the management of obesity and its comorbidities, in: Obesity reviews : an official journal of the International Association for the Study of Obesity Jg. 10 H. 1 (2009) S. 36–50.
- JOHNSTON, CS; TJONN, SL; SWAN, PD: High-protein, low-fat diets are effective for weight loss and favorably alter biomarkers in healthy adults, in: The Journal of nutrition Jg. 134 H. 3 (2004) S. 586–591.
- JOHNSTONE, AM ET AL.: Effects of a high-protein ketogenic diet on hunger, appetite, and weight loss in obese men feeding ad libitum, in: The American journal of clinical nutrition Jg. 87 H. 1 (2008) S. 44–55.
- KLAUS S.: Hunger entsteht im Gehirn, in: Ernährung im Fokus H. 7 (2001) S. 176-179.
- LAYMAN, DK ET AL.: A reduced ratio of dietary carbohydrate to protein improves body composition and blood lipid profiles during weight loss in adult women, in: The Journal of nutrition Jg. 133 H. 2 (2003) S. 411–417.
- LAYMAN, DK ET AL.: A moderate-protein diet produces sustained weight loss and long-term changes in body composition and blood lipids in obese adults, in: The Journal of nutrition Jg. 139 H. 3 (2009) S. 514–521.
- LEJEUNE, MP ET AL.: Ghrelin and glucagon-like peptide 1 concentrations, 24-h satiety, and energy and substrate metabolism during a high-protein diet and measured in a respiration chamber, in: The American journal of clinical nutrition Jg. 83 H. 1 (2006) S. 89–94.
- MARTIN, WF; ARMSTRONG, LE; RODRIGUEZ, NR: Dietary protein intake and renal function, in: Nutrition & metabolism Jg. 2 (2005) S. 25.
- MELLINKOFF, SM ET AL.: Relationship between serum amino acid concentration and fluctuations in appetite, in: Obesity research Jg. 5 H. 4 (1997) S. 381–384.
- NOAKES, M.: The role of protein in weight management, in: Asia Pacific journal of clinical nutrition Jg. 17 Suppl 1 (2008) S. 169–171.
- POPPITT, SD; MCCORMACK, D.; BUFFENSTEIN, R.: Short-term effects of macronutrient preloads on appetite and energy intake in lean women, in: Physiology & behavior Jg. 64 H. 3 (1998) S. 279–285.
- SKOV, AR ET AL.: Changes in renal function during weight loss induced by high vs low-protein low-fat diets in overweight subjects, in: International journal of obesity and related metabolic disorders: journal of the International Association for the Study of Obesity Jg. 23 H. 11 (1999) S. 1170–1177.
- SKOV, AR ET AL.: Randomized trial on protein vs carbohydrate in ad libitum fat reduced diet for the treatment of obesity, in: International journal of obesity and related metabolic disorders: journal of the International Association for the Study of Obesity Jg. 23 H. 5 (1999) S. 528–536.

STUBBS, R. ET AL: Breakfasts high in protein, fat or carbohydrate: effect on within-day appetite and energy balance, in: European journal of clinical nutrition Jg. 50 H. 7 (1996) S. 409–417.

TAPPY, L.: Thermic effect of food and sympathetic nervous system activity in humans, in: Reproduction, nutrition, development Jg. 36 H. 4 (1996) S. 391–397.

VELDHORST, M. ET AL: Protein-induced satiety: effects and mechanisms of different proteins, in: Physiology & behavior Jg. 94 H. 2 (2008) S. 300–307.

WEIGLE, D. ET. AL: A high-protein diet induces sustained reductions in appetite, ad libitum caloric intake, and body weight despite compensatory changes in diurnal plasma leptin and ghrelin concentrations, in: The American journal of clinical nutrition Jg. 82 H. 1 (2005) S. 41–48.

WESTERTERP, KR: Diet induced thermogenesis, in: Nutrition & metabolism Jg. 1 H. 1 (2004) S. 1–5.

WESTERTERP-PLANTENGA, MS ET AL.: Appetite at "high altitude" [Operation Everest III (Comex-'97)]: a simulated ascent of Mount Everest, in: Journal of applied physiology (Bethesda, Md Jg. 87 H. 1 (1999) S. 391–399.

WESTERTERP-PLANTENGA, MS ET AL.: Satiety related to 24 h diet-induced thermogenesis during high protein/carbohydrate vs high fat diets measured in a respiration chamber, in: European journal of clinical nutrition Jg. 53 H. 6 (1999) S. 495–502.

WESTMAN, EC ET AL.: The effect of a low-carbohydrate, ketogenic diet versus a low-glycemic index diet on glycemic control in type 2 diabetes mellitus, in: Nutrition & metabolism Jg. 5 (2008).

Internet

[HTTP://WWW.ADIPOSITAS-GESELLSCHAFT.DE/INDEX.PHP](http://www.adipositas-geellschaft.de/index.php): Herausgegeben von Deutsche Adipositas Gesellschaft.

[HTTP://WWW.DGE.DE/PDF/10-REGELN-DER-DGE.PDF](http://www.dge.de/pdf/10-regeln-der-dge.pdf): Vollwertig essen und trinken nach den 10 Regeln der DGE. Herausgegeben von Deutsche Gesellschaft für Ernährung

[HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/GRUNDUMSATZ](http://de.wikipedia.org/wiki/Grundumsatz)

[HTTP://WWW.VEOE.ORG/73.%20PA%20KETOGENE%20DIAETEN.PDF](http://www.veoe.org/73.%20PA%20KETOGENE%20DIAETEN.PDF)VEÖ: Doppelt eintönig! Kohlenhydratarne Diäten garantieren lustarmes Essvergnügen, Pressemitteilung, Wien (2004)

Eidesstattliche Erklärung

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

Julia Martens

Quickborn, den