

Energiedichte der Nahrung und Körpergewicht

Wissenschaftliche Stellungnahme der DGE

Angela Bechthold, Bonn

Zusammenfassung

Vor dem Hintergrund der hohen Prävalenz von Übergewicht in der Bevölkerung ist die Identifikation von Einflussfaktoren auf die Gewichtszunahme sowie auf eine erfolgreiche Gewichtsabnahme und -erhaltung von großem Interesse. Zahlreiche Studien zeigen, dass die Energiedichte der Nahrung einer dieser Faktoren ist. Die Deutsche Gesellschaft für Ernährung e. V. (DGE) stellt das Konzept der Energiedichte vor, das bei gleichzeitigem Blick auf die Nährstoffdichte ein nützliches Konzept für die Bewertung von Lebensmitteln außer Getränken ist. Die aktuelle wissenschaftliche Beweislage spricht für eine positive Assoziation zwischen der Energiedichte der Nahrung und dem Körpergewicht. Ein Ernährungsmuster mit niedriger Energiedichte kann helfen, das Körpergewicht zu halten bzw. zu senken. Die DGE schlussfolgert, dass Maßnahmen zur Gewichtskontrolle die Energiedichte der Nahrung berücksichtigen sollten.

Schlüsselwörter: Energiedichte, Körpergewicht, Übergewicht, Adipositas, Gewichtsreduktion

Männer in Deutschland bereits ab der Altersgruppe 30–34 Jahre und Frauen ab der Altersgruppe 55–59 Jahre in der Minderheit sind. 67 % der Männer und 53 % der Frauen sind übergewichtig. Gleichzeitig entwickeln immer mehr Menschen eine Adipositas, fast jeder vierte Erwachsene ist betroffen (23 % der Männer und 24 % der Frauen) [1, 2].

Aufgrund der hohen Prävalenz von Übergewicht ist die Identifikation von Einflussfaktoren auf die Gewichtszunahme sowie auf eine erfolgreiche Gewichtsabnahme und -erhaltung von großem Interesse, um entsprechende Präventions- und Behandlungsmaßnahmen ableiten zu können. Auf den ersten Blick ist die Botschaft und notwendige Maßnahme für eine Gewichtsreduktion klar: Die Energiezufuhr muss unter den Energieverbrauch gesenkt werden. Wie dieses Ziel am besten erreicht werden kann, wird jedoch kontrovers diskutiert. Veränderungen in der Zusammensetzung der Nahrung in Bezug auf ihren Gehalt an den energieliefernden Nährstoffen Kohlenhydrate, Fett und Protein stehen seit Jahrzehnten im Fokus der Diskussion und Forschung. Dieser Ansatz kann jedoch unvollständig oder irreführend sein, wenn die Energiedichte nicht mit einbezogen wird [3].

Einleitung und Zielsetzung

Die Veränderungen der Lebensbedingungen in Deutschland haben zu einer starken Abnahme der körperlichen Aktivität geführt, ohne dass die Ernährung an den dadurch verringerten Energiebedarf angepasst worden ist. Parallel mit den Veränderungen des Lebensstils und der Arbeitswelt fand ein grundlegender Wandel des Ernährungsverhaltens und der Esskultur statt. Diese vielfältigen Veränderungen, die in den Ernährungsberichten der Deutschen Ge-

sellschaft für Ernährung e. V. (DGE) beschrieben werden, sind sehr schnell und nur innerhalb weniger Generationen eingetreten. Damit einhergehend existiert ein großes Angebot von jederzeit und überall verfügbaren, relativ preiswerten und schmackhaften Lebensmitteln, von denen zahlreiche eine hohe Energiedichte haben. Besonders für Verbraucherinnen und Verbraucher mit unzureichendem Wissen über die Zusammensetzung und die Zubereitung von Lebensmitteln wird es immer schwieriger, dauerhaft eine ausgeglichene Energiebilanz zu erreichen [1].

Die Folge ist eine hohe Prävalenz von Übergewicht in der Bevölkerung, das sich häufig bereits im Kindes- bzw. Jugendalter entwickelt und insbesondere sozial benachteiligte Familien betrifft. Die Gewichtszunahme setzt sich im Erwachsenenalter fort, betrifft immer mehr Menschen und führt dazu, dass normalgewichtige

In dieser Stellungnahme werden die Grundlagen zur Berechnung und Bewertung der Energiedichte von Lebensmitteln vorgestellt und die aktuelle wissenschaftliche Datenlage zum Zusammenhang zwischen der Energiedichte der Nahrung und dem Körpergewicht beschrieben und bewertet. Dazu wurde eine Literaturre-

Zitierweise:

Bechthold A (2014) Food energy density and body weight. A scientific statement from the DGE. Ernährungs Umschau 61(1): 2–11

The English version of this article is available online:
 DOI 10.4455/eu.2014.002

cherche in PubMed nach Meta-Analysen und systematischen Reviews durchgeführt sowie für den Zeitraum 01. Mai 2011 (Endpunkt des Recherchezeitraums der aktuellsten verfügbaren Meta-Analyse) bis 25. Juni 2013 nach Interventions- und Kohortenstudien (Suchbegriffe: [“energy density” OR “caloric density” OR “energy dense”] AND [“body weight” OR “body mass index” OR obes* OR overweight OR adiposity]; Limits: Humans; Field: Title/Abstract). Eine tabellarische Darstellung der ausgewählten und der Bewertung der Datenlage in dieser Stellungnahme zugrundeliegenden Studien findet sich in ♦ Tabelle 2.

Energiedichte von Lebensmitteln und Speisen

Lebensmittel bzw. Speisen mit niedriger Energiedichte liefern weniger Energie pro Gewichtseinheit als solche mit hoher Energiedichte. Bei gleicher Menge an Energie kann eine Person von einem Lebensmittel bzw. einer Speise mit niedriger Energiedichte eine größere Portion konsumieren als von einem Lebensmittel bzw. einer Speise mit hoher Energiedichte.

Die Energiedichte von Lebensmitteln und Speisen bzw. einer Kostform hängt maßgeblich von deren Wasser- und Fettgehalt ab [4]. Lebensmittel, die reich an Wasser (liefert keine Energie) und/oder Ballaststoffen (mit ca. 2,3 kcal/g geringer Energiegehalt) sind, weisen i. d. R. eine geringe Energiedichte auf. Bestes Beispiel hierfür sind Gemüse und Obst. Im Gegensatz dazu haben Lebensmittel, die reich an Fett sind, i. d. R. eine höhere Energiedichte, da Fett der Nährstoff mit dem höchsten Energiege-

halt ist (Fett: 9 kcal [37 kJ], Alkohol: 7 kcal [29 kJ], Kohlenhydrate: 4 kcal [17 kJ], Protein: 4 kcal [17 kJ], jeweils pro g). Aber auch kohlenhydratreiche Lebensmittel können insbesondere bei gleichzeitig geringem Wassergehalt eine hohe Energiedichte haben, wie z. B. Weißbrot.

Die meisten naturbelassenen Lebensmittel pflanzlichen Ursprungs zeichnen sich – mit Ausnahme der Pflanzenöle und Nüsse – durch eine geringe Energiedichte und gleichzeitig hohe Nährstoffdichte aus. Getränke und flüssige Speisen wie Suppen haben aufgrund des höheren Wassergehalts eine niedrigere Energiedichte als viele „feste“ Lebensmittel und Speisen. ♦ Abbildung 1 verdeutlicht dies durch die exemplarische Darstellung der Energiedichte ausgewählter Lebensmittel und Speisen.

Berechnungen der durchschnittlichen Energiedichte der Nahrung auf Basis des Lebensmittelverzehrs in Deutschland

Energiedichte der Nahrung bei Erwachsenen in Abhängigkeit von Alter und Geschlecht

Die Nationale Verzehrsstudie II (NVS II) stellt repräsentative Daten zum Lebensmittelverzehr und zum Ernährungsverhalten für die deutschsprachige Bevölkerung bereit. Im Rahmen der NVS II wurden deutschlandweit zwischen November 2005 und Januar 2007 insgesamt 19 329 Frauen und Männer im Alter von 14–80 Jahren befragt. Zur Energiedichte liegen auf Basis von zwei 24-Stunden-Recalls ermittelte gewichtete Daten für 10 215 Erwachsene (19–64 Jahre) vor (♦ Tabelle 1). Getränke

Definitionen

Die Energiedichte ist definiert als Energiegehalt (in kcal oder kJ) pro Gewichtseinheit (z. B. g, 100 g) Lebensmittel.

Die Nährstoffdichte ist das Verhältnis von essenziellen Nährstoffen und Energie in der Nahrung. Sie ist definiert als Menge eines Nährstoffs (z. B. in mg) pro Energieeinheit (z. B. kJ oder MJ).

wurden bei der Berechnung der Energiedichte nicht berücksichtigt. Die Energiedichte der Nahrung lag bei Frauen im Median bei 1,7 kcal/g, bei Männern bei 2 kcal/g [6].

Bei diesen Daten zu beachten ist die potenzielle Unterschätzung des Lebensmittelverzehrs durch Selbstangaben der Teilnehmenden bei Verzehrerhebungen (*underreporting*, s. Kap. „Methodik der Bestimmung der Energiedichte der Ernährung“, S. 4). Berechnungen zur Energiedichte auf Basis der Verbrauchsdaten aus Agrarstatistiken und Einkommens- und Verbrauchsstichproben (potenzielle Überschätzung des wahren Verzehrs) ergeben niedrigere Werte für die durchschnittliche Energiedichte (Frauen ca. 1,4 kcal/g, Männer ca. 1,8 kcal/g) [7].

Energiedichte der Nahrung in Abhängigkeit von Lebensstil und Ernährungswissen

Eine im Ernährungsbericht 2012 beschriebene Auswertung der mittels 24-Stunden-Recalls erhobenen Daten von 6 817 Teilnehmenden der NVS II im Alter von 19–64 Jahren nach Zugehörigkeit zu verschiedenen Bevöl-

	19–24 Jahre		25–34 Jahre		35–50 Jahre		51–64 Jahre		gesamt	
	n	P50	n	P50	n	P50	n	P50	n	P50
Frauen	486	1,88	852	1,71	2 648	1,71	1 740	1,58	5 726	1,70
Männer	469	2,17	614	2,08	1 946	2,03	1 460	1,92	4 489	2,02

Tab. 1: Mediane (P50) der Energiedichte der Nahrung [kcal/g] nach Geschlecht und Alter (Daten der NVS II [6])

kerungsgruppen ergab folgende Ergebnisse zur Energiedichte der Nahrung (Getränke wurden bei der Berechnung der Energiedichte nicht berücksichtigt) [8]:

- Bei sportlich aktiven Frauen und Männern ist die Energiedichte der Nahrung im Median geringer (1,64 kcal/g bzw. 1,94 kcal/g) als in der Gruppe der sportlich nicht Aktiven (1,73 kcal/g bzw. 2,02 kcal/g).
- Bei Raucherinnen und Rauchern ist die Energiedichte der Nahrung höher (1,80 kcal/g bzw. 2,11 kcal/g) als bei Nichtraucherinnen und Nichtrauchern (1,63 kcal/g bzw. 1,93 kcal/g).
- Bei Frauen und Männern, die Supplemente nehmen, ist im Median die Energiedichte der Nahrung geringer (1,61 kcal/g bzw. 1,92 kcal/g) als bei Personen, die keine Supplemente nehmen (1,70 kcal/g bzw. 2,01 kcal/g).
- Wenn Frauen und Männer mehr über Ernährung wissen, ist die Energiedichte ihrer Nahrung geringer (1,62 kcal/g bzw. 1,85 kcal/g) als bei Frauen und Männern mit geringen Ernährungskenntnissen (1,74 kcal/g bzw. 2,00 kcal/g).
- Bei Frauen mit sehr guten oder guten Kochfertigkeiten ist die Energiedichte der Nahrung geringer (1,65 kcal/g) als bei Frauen mit geringen oder keinen Kochfertigkeiten (1,81 kcal/g).
- Frauen und Männer, die nicht in Deutschland geboren wurden, weisen eine geringere Energiedichte der Nahrung auf (1,58 kcal/g bzw. 1,87 kcal/g) als Personen, die in Deutschland geboren wurden (1,69 kcal/g bzw. 2,00 kcal/g).

Energiedichte und Preise von Lebensmitteln

In Deutschland sowie in anderen Ländern sind Lebensmittel mit hoher Energiedichte relativ preiswert [9–12]. D. h., Lebensmittel mit hoher Energiedichte liefern Energie zu geringem Preis, während bei weniger energiedichten Lebensmitteln die Energiemenge einen höheren Preis hat (€/kcal). Daher ist es

unter ökonomischen Gesichtspunkten wahrscheinlich, dass v. a. bei geringem Einkommen Lebensmittel mit hoher Energiedichte bevorzugt konsumiert werden (infolge einer Auswahl nach Preis pro Menge oder Portion) und so eine erhöhte Energiezufuhr begünstigt wird. Die relativ gesehen niedrigen Preise von Lebensmitteln mit hoher Energiedichte könnten somit zur hohen Prävalenz von Übergewicht in der Bevölkerung beitragen, insbesondere bei Verbraucherinnen und Verbrauchern mit niedrigem sozioökonomischem Status [9], deren Risiko für Adipositas erhöht ist [13]. Das Äquivalent dazu ist die Beobachtung, dass qualitativ hochwertige Ernährung häufig einen höheren Preis pro kcal aufweist und von Personen mit höherem Bildungsniveau konsumiert wird [14].

In einer randomisierten kontrollierten Studie in zwei Supermärkten in Manhattan wurde festgestellt, dass Angebote (50 % Preisnachlass) bei den wenig energiedichten Lebensmitteln Gemüse und Obst zu einem vermehrten Kauf und Konsum dieser Lebensmittel führte [15].

Zusammenhang zwischen Energiedichte und Körpergewicht

Methodik der Bestimmung der Energiedichte der Ernährung

Die Energiedichte der täglichen Ernährung kann nach verschiedenen Methoden bestimmt werden. Z. B. kann sie ausschließlich auf Basis der konsumierten Lebensmittel ohne Getränke, auf Basis von konsumierten Lebensmitteln inklusive energiehaltiger Getränke oder auf Basis von allen konsumierten Lebensmitteln inklusive aller Getränke berechnet werden.

JOHNSON et al. (2009) [16] stellten die Hypothese auf, dass der Einschluss der Getränke in die Bestimmung der Energiedichte der Ernährung den erkennbaren Effekt der Energiedichte auf das Körpergewicht abschwächt. Sie postulieren, dass Studien zum Zusammenhang zwischen der Energiedichte und

dem Risiko für Gewichtszunahme auf der Energiedichte aus Lebensmitteln ohne Getränke basieren sollten. Denn ihre systematische Auswertung von Studien hat ergeben, dass der Effekt der Energiedichte auf die Gewichtszunahme auf Änderungen in der Zusammensetzung der Lebensmittel und nicht des Getränkekonsums zurückzuführen ist. Wird die Energiedichte inklusive Getränken berechnet, so entsteht eine Variable, die die Assoziation zwischen Energiedichte und Gewichtszunahme in der Bevölkerung in Richtung eines fehlenden Zusammenhangs verzerrt. Außerdem kann die intraindividuelle Varianz von Tag zu Tag insbesondere dann größer sein als die interindividuelle Varianz, wenn die Energiedichte aus Lebensmitteln inklusive Getränken berechnet wird.

Die Energiezufuhr aus Getränken als wichtiger Einflussfaktor auf die Entstehung von Übergewicht darf jedoch nicht vernachlässigt werden, sie sollte charakterisiert und als Covariate in der Risikoanalyse genutzt werden. Eine Vereinheitlichung dieser methodischen Aspekte werde die Interpretation der wissenschaftlichen Daten zur Entwicklung evidenzbasierter Maßnahmen zur Prävention von Übergewicht erleichtern, so JOHNSON et al. (2009) [16].

Ein weiterer kritischer Aspekt für die Bestimmung der Energiedichte der Ernährung und ihres Zusammenhangs mit dem Körpergewicht ist *underreporting*. Die Daten zur Ernährung beruhen in vielen Fällen auf Selbstangaben der Teilnehmenden, wobei insbesondere die Informationen zur Zufuhr von Energie unzuverlässiger sind als die Erfassung anderer Ernährungsfaktoren und v. a. übergewichtige Personen zu einer Unterschätzung des Verzehrs von energiehaltigen Lebensmitteln und damit ihrer Energiezufuhr neigen [17–19]. Außerdem gibt es Hinweise, dass *underreporting* bei Übergewichtigen speziell bei Lebensmitteln mit hohem Fett- und Zuckergehalt, also i. d. R. hoher Energiedichte, auftritt [20–22]. Auch auf Selbstangaben beruhende Daten zum

(Fortsetzung S. 7)

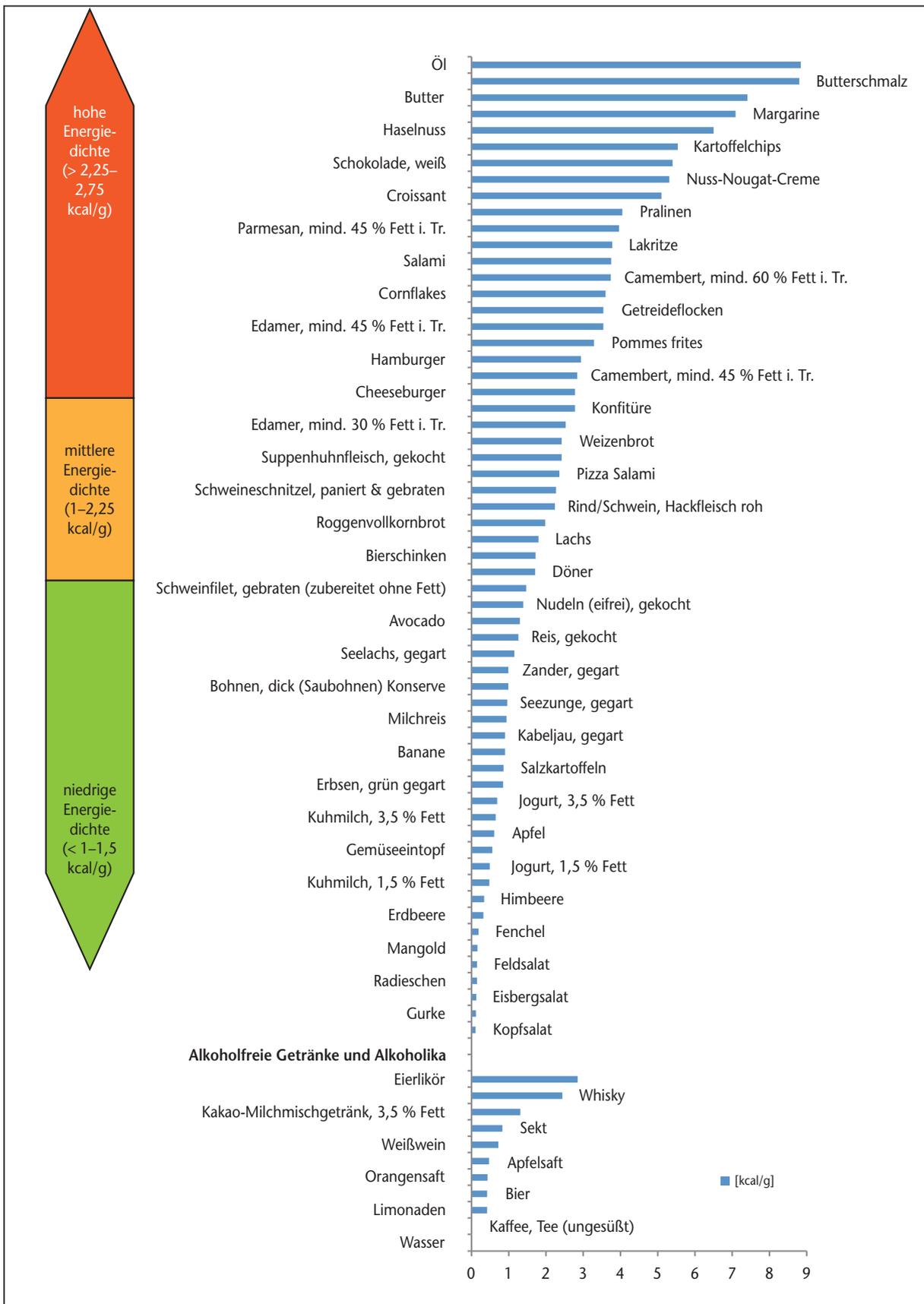


Abb. 1: Energiedichte [kcal/g] beispielhaft ausgewählter Lebensmittel und Speisen. Die Werte reichen von 0 kcal/g für Wasser bis zu 9 kcal/g für Fett/Öl (Quelle: DGExpert Version 1.3.0.1). Einordnung in hohe, mittlere und niedrige Energiedichte nach WORLD CANCER RESEARCH FUND (2012) [5]

Studie (Autoren, Jahr)	Studientyp	Studienpopulation	Dauer (Follow-up)	Exposition	Outcome-Variablen	Methoden/statistische Analyse	Ergebnis
JOHNSON et al. 2009 [16]	systematische Übersichtsarbeit über 8 Kohortenstudien und 16 Querschnittstudien	9 bis 191 023 Kinder und Erwachsene (m und/oder f) pro Studie unter ihren üblichen Lebensbedingungen, die nicht aktiv Gewichtsreduktion anstreben und nicht klinisch krank sind	k. A.	ED der Nahrung mit vs. ohne Berücksichtigung von Getränken, erhoben durch Ernährungsprotokoll, 24-Stunden-Recalls oder FFQ	Körpergewicht und -zusammensetzung, Validität unterschiedlicher ED-Berechnungsmethoden	systematische Literaturrecherche in MEDLINE bis 1. September 2008 und Handrecherche	Studien zum Zusammenhang zwischen ED und Körpergewicht sollten auf einer Analyse der ED von Lebensmitteln außer Getränken beruhen, unter Einbezug der Energiezufuhr aus Getränken als Covariate
MELANSON et al. 2012 [29]	randomisierte klinische Interventionsstudie	157 übergewichtige Frauen und Männer (BMI 31,8 ± 2,2, Alter 38,7 ± 6,7 Jahre), Teilnehmende eines kommerziellen Gewichtsreduktionsprogramms	12 Wochen	Anleitung zu a) niedrige ED b) niedriger glykämischer Index c) Kontrolle der Portionsgröße	Körpergewicht, -zusammensetzung, Risikofaktoren des metabolischen Syndroms, Energie- und Nährstoffzufuhr	Δ Körpergewicht	Mittelwert (SD) a) -4,14 (3,64), b) -3,39 (2,76), c) -3,73 (2,84); p = 0,509 a) -1,36 (1,34), b) -1,11 (1,04), c) -1,32 (1,03); p = 0,539 a) -3,87 (3,34), b) -2,65 (2,97), c) -2,91 (2,59); p = 0,167 a) 3,68 (1,38), b) 3,89 (1,38), c) 4,02 (1,05); p = 0,512
PÉREZ-ESCAMILLA et al. 2012 [26]	systematische Übersichtsarbeit über 17 Interventions- und Kohortenstudien bei Erwachsenen und 6 Kohortenstudien bei Kindern	23 bis 89 432 Kinder, Jugendliche und Erwachsene (m und f) oder pro Studie bei Erwachsenen und 6 Kohortenstudien bei Kindern	4 Wochen bis 4 Jahre (Interventionen) bzw. 6 Monate bis 12 Jahre (Kohorten)	ED der Nahrung (mit oder ohne Getränke bzw. ohne Angabe der ED-Berechnungsmethode)	Körpergewicht, BMI, Fettmasse	systematische Literaturrecherche in PubMed für den Zeitraum Januar 1980 bis Mai 2011; Aktualisierung zum DGAC-Report 2010 [27]	Erwachsene: starke, konsistente Evidenz für eine positive Assoziation zwischen ED und Körpergewicht. Kinder und Jugendliche: mäßig starke Evidenz für eine positive Assoziation ED und Adipositas
RAYNOR et al. 2012 [28]	randomisierte kontrollierte Interventionsstudie (Plotstudie)	44 übergewichtige Frauen (82 %) und Männer (BMI 34,8 ± 4,8, Alter 52,1 ± 7,6 Jahre)	12 Wochen	Anleitung zu a) niedrige ED b) niedriger Energie- und Fettgehalt c) niedrige ED bei niedrigem Energie- und Fettgehalt	Gewichtsverlust, Lebensmittel- und Nährstoffzufuhr (Ernährungsqualität)	Intention-to-treat Δ Körpergewicht (lb)	Mittelwert (SD) a) -20,5 (7,0) b) -16,9 (10,1) c) -12,5 (6,5); p < 0,05
WILKS et al. 2011 [25]	Meta-Analyse von 6 prospektiven Kohortenstudien	48 bis 1 762 Kinder und Jugendliche (m und/oder f) pro Studie zur Analyse	ca. 9 Monate bis 7 Jahre	ED der Nahrung (außer Getränke) erhoben durch Ernährungsprotokoll, 24-Stunden-Recalls oder FFQ	Körperfettmasse	Quelle der eingeschlossenen Studien: frühere systematische Übersichtsarbeit <i>bias-adjustment meta-analysis</i> (Adjustierung für Unterschiede in Studiendesign und -qualität durch Einbezug von Expertenmeinungen)	gepoolte Korrelationschätzer: a) unadjustiert: 0,06 (95 %-KI: 0,01–0,11; p = 0,013) (Heterogenität) b) adjustiert für interne Verzerrungen (Studienqualität): 0,14 (95 %-KI: -0,06–0,34; p = 0,16) c) adjustiert für interne und externe Verzerrungen (Anpassung an Zielvorgaben): 0,17 (95 %-KI: -0,11–0,45; p = 0,24)

Tab. 2: Charakteristika der in die Bewertung des Zusammenhangs zwischen Energiedichte und Körpergewicht eingeschlossenen Studien

Δ = Änderung, 95 %-KI = 95 %-Konfidenzintervall; BMI = Body-Mass-Index; ED = Energiedichte; f = Frauen; FFQ = Verzehrhäufigkeitsfragebogen; k. A. = keine Angabe; kj = Kilojoule (1 kj = 0,239 kcal); lb = Pound (1 lb = ca. 0,45 kg); m = Männer; k. A. = keine Angabe; SD = Standardabweichung

(Fortsetzung von S. 4)

Körpergewicht unterschätzen tendenziell den tatsächlichen Wert, wobei das Ausmaß des *underreporting* proportional zu dem des Übergewichts der entsprechenden Personen ist [23, 24].

Durch dieses mögliche *underreporting* könnte es zu einer Unterschätzung des Zusammenhangs zwischen Energiedichte und Körpergewicht gekommen sein. Die vorliegenden Ergebnisse sind demzufolge als eine konservative Schätzung anzusehen, der wahre Effekt könnte größer sein.

Ergebnisse epidemiologischer Studien

Zur Bewertung der Evidenz des Zusammenhangs zwischen Energiedichte der Ernährung und Körpergewicht des Menschen liegt eine Meta-Analyse [25] von sechs prospektiven Studien vor. Diese Studien waren u. a. bereits in einer systematischen Übersicht aus dem Jahr 2009 [16] eingeschlossen und fünf dieser Studien wurden auch in einer neueren systematischen Übersichtsarbeit [26] über 17 Interventions- und Kohortenstudien mit Erwachsenen und sechs Kohortenstudien mit Kindern und Jugendlichen ausgewertet.

JOHNSON et al. (2009) [16] stellten in ihrem narrativen systematischen Review fest, dass die meisten prospektiven Beobachtungsstudien auf eine positive Assoziation zwischen Energiedichte und Adipositas bei Erwachsenen und Kindern hindeuten, wobei sich Design und Qualität der Einzelstudien erheblich unterscheiden. Unterschiede betreffen das Alter der Teilnehmenden, die Nachbeobachtungszeit (zwischen 9 Monaten und 7 Jahren), ob die Energiedichte als kontinuierliche oder kategorische Variable in die statistische Analyse einfließt, die Berechnung der Energiedichte (Lebensmittel ohne Getränke, Lebensmittel und alle Getränke oder Lebensmittel und energiehaltige Getränke; s. Kapitel „Methodik der Bestimmung der Energiedichte der Ernährung“, S. 4) und die Bestim-

mung des Körpergewichtsstatus (z. B. Körpergewicht oder Fettmasse) sowie die Adjustierung für Störgrößen. Deshalb konnten JOHNSON et al. keinen Gesamteffektschätzer berechnen [16].

WILKS et al. (2011) [25] wendeten eine adaptierte Meta-Analysen-Methode an, die eine Adjustierung für Unterschiede in Studiendesign und -qualität durch einen formalen, transparenten Prozess des Einbezugs von Expertenmeinungen erlauben soll (*bias-adjustment meta-analysis*). Die Schlüsselfrage ihrer Meta-Analyse lautete „Ist die Energiedichte (exklusive Getränke) mit Veränderungen der Körperfettmasse bei Kindern assoziiert?“. Die Meta-Analyse der unadjustierten, zu Korrelationskoeffizienten umgeformten Studienergebnisse ergab einen Korrelationsschätzer von 0,06 (95 %-Konfidenzintervall [95 %-KI] 0,01–0,11; $p = 0,013$), wobei Heterogenität der Studien vorlag. Nach Adjustierung für interne Verzerrungen (Studienqualität) war die Vergleichbarkeit der Studien gegeben und die gepoolte Korrelation betrug 0,14 (95 %-KI -0,06–0,34; $p = 0,16$). Nach Adjustierung für interne und externe Verzerrungen (Anpassung an die für die Meta-Analyse spezifischen Zielvorgaben) betrug die gepoolte Korrelation zwischen Energiedichte und Veränderung der Körperfettmasse bei Kindern 0,17 (95 %-KI -0,11–0,45; $p = 0,24$). Mit den genannten Adjustierungen war somit die Vergleichbarkeit der Studien gegeben, die Assoziation war jedoch nicht mehr statistisch signifikant. Im Vergleich zur unadjustierten Analyse ist der Korrelationskoeffizient erhöht, was laut WILKS et al. darauf hindeutet, dass die Energiedichte möglicherweise eine wichtige Determinante für eine übermäßige Gewichtszunahme ist. Sie fordern Entscheidungsträger auf, Interventionen zur Reduzierung der Energiedichte zur Vorbeugung von Übergewicht bei Kindern durchzuführen und Verbraucherinnen und Verbraucher auf die Bedeutung einer reduzierten Energiedichte hinzuweisen [25].

Das *Dietary Guidelines Advisory Committee* (DGAC) des *US Department of Agriculture* (USDA) führt in den *Dietary Guidelines for Americans* des Jahres 2010 an, dass die Gesamtenergiezufuhr der für die Körpergewichtskontrolle entscheidende Ernährungsfaktor ist und eine geringere Energiedichte der Nahrung die Kontrolle des Körpergewichts erleichtert. Die Evidenz dafür, dass die Energiedichte positiv mit Adipositas bei Kindern assoziiert ist bzw. dass ein Ernährungsmuster mit relativ niedriger Energiedichte Gewichtsverlust und Gewichtserhaltung bei Erwachsenen verbessern kann, wurde als stark und konsistent eingestuft [27]. Grundlage dieser Bewertung des DGAC sind mit Unterstützung des *Nutrition Evidence Library* (NEL) des USDA angefertigte evidenzbasierte systematische Übersichten, die von PÉREZ-ESCAMILLA et al. (2012) [26] unter Einschluss der von Januar 1980 bis Mai 2011 veröffentlichten Studien aktualisiert wurden.

Von den 17 eingeschlossenen Studien mit zwischen 23 und 89 432 **Erwachsenen** waren sieben randomisierte kontrollierte Interventionen (RCTs) und eine Studie eine nicht kontrollierte Intervention, die die Beziehung zwischen Energiedichte und **Gewichtsverlust bei Übergewichtigen bzw. Adipösen** untersuchten; neun Studien waren Kohortenstudien zum Zusammenhang zwischen Energiedichte und Körpergewichtsstatus bzw. -erhaltung bei normalgewichtigen und übergewichtigen bzw. adipösen Erwachsenen. Die angewandten Methoden zur Kalkulation der Energiedichte waren unterschiedlich bzw. z. T. nicht spezifiziert. Auch die Methoden zur Reduktion der Energiedichte im Rahmen der Interventionen variierten (z. B. Ernährungsberatung, Lieferung von Lebensmitteln mit geringer Energiedichte). Vier der sieben RCTs zeigten einen signifikant größeren Gewichtsverlust durch reduzierte Energiedichte (berechnet aus Lebensmitteln ohne Getränke). Ein RCT zeigte, dass ein Snack mit hoher Energiedichte

zusammen mit Mahlzeiten zur Gewichtszunahme führte, ein Snack mit niedriger Energiedichte hatte keinen Effekt. Zwei RCTs stellten keine Unterschiede im Gewichtsverlust durch Ernährung mit hoher im Vergleich zu niedriger Energiedichte fest. Die prospektiven Kohortenstudien ergaben konsistent eine positive Assoziation zwischen **niedriger Energiedichte** und **geringerer Gewichtszunahme oder BMI, besserer Gewichtserhaltung und/oder Gewichtsverlust**.

Sechs prospektive Kohortenstudien mit zwischen 48 und 2 275 normal- und übergewichtigen **Kindern und Jugendlichen** und Nachbeobachtungszeiten von einem bis zwölf Jahren berechneten die Energiedichte ebenfalls auf unterschiedliche Weise. Vier dieser sechs Studien ergaben eine positive Assoziation zwischen Energiedichte und Adipositas, eine Studie ergab keine Assoziation und eine Studie eine inverse Assoziation.

Insgesamt bestätigen PÉREZ-ESCAMILLA et al. (2012) [26] die Ergebnisse der DGAC (2010) [27] und schlussfolgern, dass starke und konsistente Evidenz aus Interventions- und prospektiven Kohortenstudien für eine positive Assoziation zwischen Energiedichte und Körpergewicht vorliegt und dass eine Ernährung mit relativ niedriger Energiedichte Gewichtsverlust und -erhaltung verbessert. Bei Kindern und Jugendlichen liegt mäßig starke Evidenz aus longitudinalen Studien für eine positive Assoziation zwischen Energiedichte und Adipositas vor [26].

Eine nach den genannten systematischen Übersichten bzw. der Meta-Analyse publizierte Pilotstudie mit randomisiertem kontrolliertem Design untersuchte über einen Zeitraum von zwölf Wochen die Auswirkungen einer Lebensstilintervention in Form der Anleitung zu einer Ernährung mit a) niedriger Energiedichte, b) niedrigem Energie- und Fettgehalt bzw. c) niedriger Energiedichte bei niedrigem Energie- und

Fettgehalt auf die Qualität der Ernährung und den Gewichtsverlust bei 44 übergewichtigen Erwachsenen (BMI $34,8 \pm 4,8$). Die Anleitung zur Ernährung mit niedriger Energiedichte (a) erhöhte den Konsum von Obst und verstärkte den Gewichtsverlust im Vergleich zu den anderen Vorschriften [28].

In einer anderen zwölfwöchigen randomisierten klinischen Interventionsstudie erhielten 157 übergewichtige Teilnehmende (BMI $31,8 \pm 2,2$) eines Gewichtsreduktionsprogramms (*Weight Watchers*) einen Ernährungsplan mit individueller Beratung zu entweder a) niedriger Energiedichte, b) niedrigem glykämischen Index, bzw. c) Kontrolle der Portionsgröße und es wurden die Effekte u. a. auf Körpergewicht und -zusammensetzung untersucht. Alle Methoden führten zu einem Verlust von Körpergewicht und Fettmasse, die Veränderungen waren in den drei Gruppen nicht signifikant unterschiedlich [29].

Diskussion und Schlussfolgerungen

Die wissenschaftliche Beweislage spricht für einen positiven Zusammenhang zwischen Energiedichte der Nahrung und Körpergewicht. Ein Ernährungsmuster mit niedriger Energiedichte kann die Körpergewichtsentwicklung positiv beeinflussen.

Die Energiedichte der verzehrten Lebensmittel ist eine wichtige Determinante der Gesamtenergiezufuhr. Experimentelle Studien zeigten, dass eine niedrige Energiedichte der Nahrung zu einer niedrigeren Energiezufuhr bei *ad libitum*-Ernährung sowohl bei Erwachsenen als auch bei Kindern führt [30–41]. Bei Erwachsenen haben Kurzzeitstudien gezeigt, dass der Verzehr von Lebensmitteln mit niedrigerer Energiedichte zu erhöhter Sättigung führt [31, 40]. Die akute Regulation von Sättigung und Hunger wird in erster Linie durch das Volumen der Nahrung bestimmt, sodass die Menge der zuge-

führten Energie bei konstantem Sättigungsvolumen von der Höhe der Energiedichte in diesem Volumen abhängt [3, 42, 43]. Bei Kindern und Jugendlichen deuten die wissenschaftlichen Daten darauf hin, dass der Konsum energiedichterer Lebensmittel zu einem passiven Überkonsum von Energie führen kann [36, 44–46].

An der weiten Verbreitung von Übergewicht sind viele komplex wirkende Einflussfaktoren beteiligt [47]. Zahlreiche Studien zeigen, dass ein hoher Verzehr von Lebensmitteln mit hoher Energiedichte einer dieser Faktoren ist. Fachgesellschaften und Gesundheitsorganisationen weltweit empfehlen die Reduktion der Energiedichte zur Gewichtskontrolle, sowohl für Erwachsene als auch für Kinder [48–53].

Die DGE kommt ebenfalls zu dem Schluss, dass Maßnahmen zur Gewichtskontrolle die Energiedichte der Nahrung berücksichtigen sollten. Eine niedrigere Energiedichte der Nahrung erlaubt den Verzehr größerer Mengen von Lebensmitteln bei reduzierter Energiezufuhr. Das kann helfen, die Compliance bei der Umsetzung von Ernährungsempfehlungen zu erhöhen.

Die Strategie zur Reduktion der Energiedichte der Ernährung ist ein erhöhter Konsum wasser- und ballaststoffreicher Lebensmittel wie Gemüse und Obst und ein niedriger Konsum von fettreichen Lebensmitteln und Lebensmitteln mit zugesetztem Zucker bzw. energieliefernden Getränken (Alkoholika, Säfte und Nektare, zuckergesüßte Erfrischungsgetränke). Ein Ernährungsmuster mit niedriger Energiedichte ist somit gleichzeitig eines mit hoher Nährstoffdichte, sprich hoher ernährungsphysiologischer Qualität. Ein gesundheitsförderndes Ernährungsmuster mit niedriger Energiedichte schließt den Konsum kleiner Mengen Lebensmittel mit hoher Energiedichte wie Rapsöl und Nüsse ein. Eine Orientierung für die Lebensmittelaus-

wahl bietet die Dreidimensionale Lebensmittelpyramide der DGE, die die Lebensmittel entsprechend ihrer ernährungsphysiologischen Qualität auch unter Berücksichtigung der Energiedichte als Beurteilungskriterium einteilt [54].

Eine gesundheitsfördernde Lebensmittelauswahl unter Berücksichtigung der Energiedichte bedeutet also nicht, dass Lebensmittel mit hoher Energiedichte grundsätzlich ausgeschlossen werden. Auch ein einfacher Austausch von Lebensmitteln mit hoher gegen Lebensmittel mit niedriger Energiedichte ist – bis auf den Austausch innerhalb ein und derselben Produktgruppe wie z. B. Würstwaren – nicht sinnvoll. Es kommt darauf an, dass Lebensmittel mit niedriger und mittlerer Energiedichte die Basis der täglichen Ernährung sind und der Verzehr von Lebensmitteln mit hoher Energiedichte begrenzt wird. Dabei ist am Konzept der Energiedichte kritisch anzumerken, dass die Rollen verschiedener Lebensmittel mit hoher Energiedichte durchaus unterschiedlich zu bewerten sind. Pflanzenöle und Nüsse sind energiedicht und dennoch ernährungsphysiologisch wertvoll; häufig unter Zusatz von Fett und Zucker verarbeitete Produkte wie Kartoffelchips, Gebäck und Süßwaren sind energiedicht und haben eine sehr geringe Nährstoffdichte. Diesem Aspekt trägt das Konzept der Energiedichte bisher nicht ausreichend Rechnung und es bleibt zu untersuchen, wie dieser Aspekt in das Konzept der Energiedichte integriert werden kann.

Energieliefernde Getränke wie z. B. zuckergesüßte Erfrischungsgetränke haben im Vergleich zu vielen festen Lebensmitteln eine relativ niedrige Energiedichte (◆ Abbildung 1). Aber die Energie- und Zuckerzufuhr über zuckergesüßte Getränke, Säfte und Nektare wie auch alkoholische Getränke ist nicht zu vernachlässigen. Der Konsum zuckergesüßter Getränke ist ein wichtiger Einflussfaktor auf die Entstehung von Überge-

wicht und Diabetes mellitus Typ 2 [55]. Auch Obstsaft sind (im Gegensatz zu Obst) bei höherem Konsum mit einem höheren Risiko für Diabetes mellitus Typ 2 assoziiert [56]. Energieliefernde Getränke zeichnen sich vermutlich durch eine geringere Sättigungswirkung als vergleichbare feste Lebensmittel aus, was eine erhöhte Energiezufuhr begünstigt [57–59]. Die Frage, wie die Getränkezufuhr im Rahmen der Untersuchung des Zusammenhangs zwischen Energiedichte und Körpergewicht am besten zu berücksichtigen ist, wird noch diskutiert [26]. Derzeit ist festzuhalten, dass die Energiedichte bei gleichzeitigem Blick auf die Nährstoffdichte ein nützliches Konzept für die Bewertung von Lebensmitteln außer Getränken ist. Für Getränke gilt grundsätzlich, dass sie nur einen geringen Anteil der Gesamtenergiezufuhr ausmachen sollten, d. h., energiefreie Getränke wie Wasser und ungesüßter Tee sollten bevorzugt werden.

Die preiswerte und nahezu ständige Verfügbarkeit schmackhafter energiedichterer Lebensmittel macht es vielen Verbraucherinnen und Verbrauchern – insbesondere mit niedrigem sozioökonomischem Status – heute schwer, dauerhaft eine an den individuellen Energiebedarf angepasste Ernährung im Alltag zu realisieren. Wie die beschriebenen Daten der NVS II zeigen (s. Kapitel „Berechnungen der durchschnittlichen Energiedichte der Nahrung auf Basis des Lebensmittelverzehrs in Deutschland“, S. 3), gehen besseres Ernährungswissen und bessere Kochfertigkeiten sowie ein gesundheitsfördernder Lebensstil insgesamt mit einer niedrigeren Energiedichte der Nahrung einher. Dies zeigt die Bedeutung einer handlungsorientierten Ernährungs- und Verbraucherbildung [60] auf. Ob Veränderungen in der Preisstruktur der Lebensmittel die Lebensmittelauswahl und das Essverhalten wie gewünscht beeinflussen können, d. h., die Auswahl und den Konsum von weniger energiedichten Lebensmitteln und insgesamt von einer ge-

sundheitsfördernden Lebensmittelauswahl fördern können, kann derzeit nicht abschließend beantwortet werden und sollte zukünftig systematisch untersucht werden [9, 61].

Für die kritische Durchsicht des Manuskripts geht der Dank an Prof. Dr. Thomas ELLROTT, Prof. Dr. Helmut ERBERSDOBLER, Prof. Dr. Helmut HESEKER, Prof. Dr. Anja KROKE, Dr. Eva LESCHIK-BONNET, Prof. Dr. Hildegard PRZYREMBEL, Prof. Dr. Matthias B. SCHULZE, Prof. Dr. Peter STEHLE, Prof. Dr. Gertrud WINKLER.

Deutsche Gesellschaft für Ernährung e. V.
Referat Wissenschaft
Dipl. oec. troph. Angela Bechthold
Godesberger Allee 18, 53175 Bonn
E-Mail: bechthold@dge.de

Interessenkonflikt

Die Autorin erklärt, dass kein Interessenkonflikt im Sinne der Richtlinien des International Committee of Medical Journal Editors besteht.

Literatur

1. Heseke H. Ernährungssituation in Deutschland. In: Deutsche Gesellschaft für Ernährung e. V. (DGE) (Hg). 12. Ernährungsbericht 2012. Bonn (2012), S. 19–136
2. Mensink GBM, Schienkiewitz A, Haftenberger M (2013) Übergewicht und Adipositas in Deutschland. Bundesgesundheitsbl 56: 786–794
3. Rolls BJ (2009) The relationship between dietary energy density and energy intake. *Physiology & Behavior* 97: 609–615
4. Rolls BJ, Drewnowski A, Ledikwe JH (2005) Changing the Energy Density of the Diet as a Strategy for Weight Management. *Journal of the American Dietetic Association* 195: 98–103
5. World Cancer Research Fund (WCRF UK). *Energie density: finding the balance for cancer prevention*. London (2012), URL: www.wcrf-uk.org/PDFs/EnergyDensity.pdf
6. Krems C. Ergebnisse der Nationalen Verzehrsstudie II zur Energiedichte bei Erwachsenen. Persönliche Mitteilung vom 17. Mai 2013. Max Rubner-Institut, Bundesforschungsinstitut für Ernährung und Lebensmittel, Karlsruhe (2013)

7. Erbersdobler H (2005) Die Energiedichte, eine vernachlässigte Größe? Ernährungs Umschau 52: 136–139
8. Krems C, Walter C, Heuer T, Hoffmann I. Lebensmittelverzehr und Nährstoffzufuhr – Ergebnisse der Nationalen Verzehrsstudie II. In: Deutsche Gesellschaft für Ernährung e. V. (DGE) (Hg). 12. Ernährungsbericht 2012. Bonn (2012), S. 40–112
9. Westenhöfer J (2013) Energy density and the cost of foods in Germany. Ernährungs Umschau international 60: 30–35
10. Drewnowski A (2010) The cost of US foods as related to their nutritive value. Am J Clin Nutr 92: 1181–1188
11. Monsivais P, Drewnowski A (2007) The Rising Cost of Low-Energy-Density Foods. Am Diet Assoc 107: 2071–2076
12. Darmon N, Briand A, Drewnowski A (2004) Energy-dense diets are associated with lower diet costs: a community study of French adults. Public Health Nutrition 7: 21–27
13. Lampert T, Kröll LE, von der Lippe E et al. (2013) Sozioökonomischer Status und Gesundheit. Bundesgesundheitsbl 56: 814–821
14. Monsivais P, Drewnowski (2009) Lower-Energy-Density Diets Are Associated with Higher Monetary Costs per Kilocalorie and Are Consumed by Women of Higher Socioeconomic Status. J Am Diet Assoc 109: 814–822
15. Geliebter A, Ian Ang YH, Bernales-Korins M et al. (2013) Supermarket discounts of low-energy density foods: Effects on purchasing, food intake, and body weight. Obesity Apr 17, 2013: doi: 10.1002/oby.20484 [Epub ahead of print]
16. Johnson L, Wilks DC, Lindroos AK, Jebb SA (2009) Reflections from a systematic review of dietary energy density and weight gain: is the inclusion of drinks valid? Obes Rev 10: 681–692
17. Lichtman S, Pisarska K, Berman ER et al. (1992) Discrepancy between self-reported and actual caloric intake and exercise in obese subjects. New Engl J Med 327: 1893–1898
18. Heitmann BL, Lissner L (1995) Dietary underreporting by obese individuals – is it specific or non-specific? BMJ 311: 986–989
19. Braam LA, Ocke MC, Bueno-de-Mesquita HB, Seidell JC (1998) Determinants of obesity-related underreporting of energy intake. Am J Epidemiol 141: 1081–1086
20. Goris AH, Westertep-Plantenga MS, Westertep KR (2000) Underreporting and under-recording of habitual food intake in obese men: selective underreporting of fat intake. Am J Clin Nutr 71: 130–134
21. Livingstone MB, Prentice AM, Strain JJ et al. (1990) Accuracy of weighed dietary records in studies of diet and health. BMJ 300: 708–712
22. Macdiarmid JJ, Vail A, Cade JE, Blundell JE (1998) The sugar-fat relationship revisited: differences in consumption between men and women of varying BMI. Int J Obes Relat Metab Disord 22: 1053–1061
23. Rowland ML (1990) Self-reported weight and height. Am J Clin Nutr 52: 1125–1133
24. Gorber SC, Tremblay M, Moher D, Gorber B (2007) A comparison of direct vs. self-report measures for assessing height, weight and body mass index: a systematic review. Obes Rev 8: 307–326
25. Wilks DC, Mander AP, Jebb SA et al. (2011) Dietary energy density and adiposity: employing bias adjustments in a meta-analysis of prospective studies. BMC Public Health 11: 48
26. Pérez-Escamilla R, Obbagy JE, Altman JM et al. (2012) Dietary energy density and body weight in adults and children: a systematic review. J Acad Nutr Diet 112: 671–684
27. Dietary Guidelines Advisory Committee (DGAC). Report of the Dietary Guidelines Advisory Committee on the Dietary Guidelines for Americans, 2010, to the Secretary of Agriculture and the Secretary of Health and Human Services. U.S. Department of Agriculture, Agricultural Research Service, Washington, DC (2010)
28. Raynor HA, Looney SM, Steeves EA et al. (2012) The effects of an energy density prescription on diet quality and weight loss: a pilot randomized controlled trial. J Acad Nutr Diet 112: 1397–1402
29. Melanson KJ, Summers A, Nguyen V et al. (2012) Body composition, dietary composition, and components of metabolic syndrome in overweight and obese adults after a 12-week trial on dietary treatments focused on portion control, energy density, or glycemic index. Nutr J 11: 57
30. Bell EA, Rolls BJ (2001) Energy density of foods affects energy intake across multiple levels of fat content in lean and obese women. Am J Clin Nutr 73: 1010–1018
31. Bell EA, Castellanos VH, Pelkman CL et al. (1998) Energy density of foods affects energy intake in normal-weight women. Am J Clin Nutr 67: 412–420
32. Blatt AD, Roe LS, Rolls BJ (2011) Hidden vegetables: An effective strategy to reduce energy intake and increase vegetable intake in adults. Am J Clin Nutr 93: 756–763
33. Duncan KH, Bacon JA, Weinsier RL (1983) The effects of high and low energy density diets on satiety, energy intake, and eating time of obese and nonobese subjects. Am J Clin Nutr 37: 763–767
34. Ello-Martin JA, Ledikwe JH, Rolls BJ (2005) The influence of food portion size and energy density on energy intake: implications for weight management. Am J Clin Nutr 82: 236S–241S
35. Himaya A, Louis-Sylvestre J (1998) The effect of soup on satiation. Appetite 30: 199–210
36. Leahy KE, Birch LL, Rolls BJ (2008) Reducing the energy density of multiple meals decreases the energy intake of preschool-age children. Am J Clin Nutr 88: 1459–1468
37. Rolls BJ, Bell EA, Castellanos VH et al. (1999) Energy density but not fat content of foods affected energy intake in lean and obese women. Am J Clin Nutr 69: 863–871
38. Rolls BJ, Bell EA, Thorwart ML (1999) Water incorporated into a food but not served with a food decreases energy intake in lean women. Am J Clin Nutr 70: 448–455
39. Rolls BJ, Roe LS, Meengs JS (2004) Salad and satiety: Energy density and portion size of a first-course salad affect energy intake at lunch. J Am Diet Assoc 104: 1570–1576
40. Rolls BJ, Roe LS, Meengs JS (2006) Reductions in portion size and energy density of foods are additive and lead to sustained decreases in energy intake. Am J Clin Nutr 83: 11–17
41. Stubbs RJ, Johnstone AM, O'Reilly LM, Barton K, Reid C (1998) The effect of covertly manipulating the energy density of mixed diets on ad libitum food intake in 'pseudo free-living' humans. Int J Obes Relat Metab Disord 22: 980–987
42. Rolls BJ, Bell EA (1999) Intake of fat and carbohydrate: role of energy density. Eur J Clin Nutr 53: S166–S173
43. Yao M, Roberts SB (2001) Dietary energy density and weight regulation. Nutr Rev 59: 247–258

44. Leahy KE, Birch LL, Fisher JO, Rolls BJ (2008) Reductions in entree energy density increase children's vegetable intake and reduce energy intake. *Obesity* 16: 1559–1565
45. Leahy KE, Birch LL, Rolls BJ (2008) Reducing the energy density of an entrée decreases children's energy intake at lunch. *J Am Diet Assoc* 108: 41–48
46. Fisher JO, Liu Y, Birch LL, Rolls BJ (2007) Effects of portion size and energy density on young children's intake at a meal. *Am J Clin Nutr* 86: 174–179
47. Hummel E, Wittig F, Schneider K, Gebhardt N, Hoffmann I (2013) The complex interaction of causing and resulting factors of overweight/obesity. Increasing the understanding of the problem and deducing requirements for prevention strategies. *Ernaehrungs Umschau international* 60: 2–7
48. Centers for Disease Control and Prevention. *Eat more, weigh less?* CDC, Atlanta (2008)
49. Centers for Disease Control and Prevention. *Low-energy-dense foods and weight management: cutting calories while controlling hunger.* CDC, Atlanta (2008)
50. U.S. Department of Agriculture, U.S. Department of Health and Human Services: *Dietary Guidelines for Americans, 2010. 7th Edition*, U.S. Government Printing Office, Washington, DC (2010)
51. World Cancer Research Fund, A. I. f. C. R. *Determinants of weight gain, overweight, and obesity.* AICR, Washington, DC (2007)
52. World Health Organization. *Diet, Nutrition and the Prevention of Chronic Diseases.* Geneva (2003)
53. ESPGHAN Committee on Nutrition, Agostoni C, Braegger C, Decsi T et al. (2011) Role of dietary factors and food habits in the development of childhood obesity: a commentary by the ESPGHAN Committee on Nutrition. *J Pediatr Gastroenterol Nutr* 52: 662–669
54. Oberitter H, Schäbenthal K, von Ruesten A, Boeing H (2013) The DGE-Nutrition Circle – representation and fundamentals of the food-based recommendations of the German Nutrition Society. *Ernaehrungs Umschau international* 60: 24–29
55. Deutsche Gesellschaft für Ernährung e. V. (DGE) (Hg). *Kohlenhydratzufuhr und Prävention ausgewählter ernährungsmitbedingter Krankheiten – Evidenzbasierte Leitlinie.* Bonn (2011). URL: www.dge.de/leitlinie
56. Muraki I, Imamura F, Manson JE et al. (2013) Fruit consumption and risk of type 2 diabetes: results from three prospective longitudinal cohort studies. *BMJ* 347: f5001
57. DiMeglio DP, Mattes RD (2000) Liquid versus solid carbohydrate: effects on food intake and body weight. *Int J Obes* 24: 794–800
58. Mourao DM, Bressan J, Campbell WW, Mattes RD (2007) Effects of food form on appetite and energy intake in lean and obese young adults. *Int J Obes* 31: 1688–1695
59. Mattes RD, Campbell WW (2009) Effects of food form and timing of ingestion on appetite and energy intake in lean young adults and in young adults with obesity. *J Am Diet Assoc* 109: 430–437
60. Bartsch S, Büning-Fesel M, Cremer M et al. (2013) Ernährungsbildung – Standort und Perspektiven. *Ernaehrungs Umschau* 60: M84–M95
61. Hauner H (2013) Können Steuern auf ungesunde Lebensmittel unsere Gesundheit verbessern? *Ernaehrungs Umschau* 60: M82–M83