



Gesundheitsförderung Schweiz

Arbeitspapier 22

Konsum von Süsstoffen. Auswirkungen auf die Gesundheit bei Kindern und Jugendlichen

Literaturübersicht und Empfehlungen

Gesundheitsförderung Schweiz ist eine Stiftung, die von Kantonen und Versicherern getragen wird. Mit gesetzlichem Auftrag initiiert, koordiniert und evaluiert sie Massnahmen zur Förderung der Gesundheit (Krankenversicherungsgesetz, Art. 19). Die Stiftung unterliegt der Kontrolle des Bundes. Oberstes Entscheidungsorgan ist der Stiftungsrat. Die Geschäftsstelle besteht aus Büros in Bern und Lausanne. Jede Person in der Schweiz leistet einen jährlichen Beitrag von CHF 2.40 zugunsten von Gesundheitsförderung Schweiz, der von den Krankenversicherern eingezogen wird.
Weitere Informationen: www.gesundheitsfoerderung.ch

In der Reihe «**Gesundheitsförderung Schweiz Arbeitspapier**» erscheinen von Gesundheitsförderung Schweiz erstellte oder in Auftrag gegebene Grundlagen, welche Fachleuten in der Umsetzung in Gesundheitsförderung und Prävention dienen. Der Inhalt der Arbeitspapiere unterliegt der redaktionellen Verantwortung der Autorinnen und Autoren. Gesundheitsförderung Schweiz Arbeitspapiere liegen in der Regel in elektronischer Form (PDF) vor.

Impressum

Herausgeber

Gesundheitsförderung Schweiz

Autorin

Stefanie Murer, Dr. sc. ETH, Labor für Humanernährung, ETH Zürich

Verantwortlichkeit und Koordination

Jvo Schneider und Thomas Mattig, Gesundheitsförderung Schweiz

Wissenschaftliche Begleitgruppe

- Angelika Hayer, Dipl. oec. troph., Schweizerische Gesellschaft für Ernährung SGE
- Nadine Stoffel-Kurt, MSc, Bundesamt für Gesundheit, Sektion Ernährung und Bewegung
- Karin Haas, Dr. rer. nat., Berner Fachhochschule, Fachbereich Gesundheit
- Adrian Müller, MSc, Schweizerischer Verband dipl. Ernährungsberater/innen HF/FH
- Franziska Widmer Howald, dipl. Ernährungsberaterin FH, Gesundheitsförderung Schweiz

Reihe und Nummer

Gesundheitsförderung Schweiz Arbeitspapier 22

Zitierweise

Murer, S. (2014). *Konsum von Süsstoffen. Auswirkungen auf die Gesundheit bei Kindern und Jugendlichen*. Gesundheitsförderung Schweiz Arbeitspapier 22, Bern und Lausanne

Fotonachweis Titelbild

thinkstockphotos.com

Auskünfte/Informationen

Gesundheitsförderung Schweiz
Dufourstrasse 30, Postfach 311, CH-3000 Bern 6
Tel. +41 31 350 04 04, Fax +41 31 368 17 00
office.bern@promotionsante.ch, www.gesundheitsfoerderung.ch

Originaltext

Deutsch

Bestellnummer

02.0031.DE 05.2014

Dieser Bericht ist auch in französischer Sprache verfügbar (Bestellnummer 02.0031.FR 05.2014).

Download PDF

www.gesundheitsfoerderung.ch/publikationen

ISSN

2296-5661

Inhaltsverzeichnis

| | |
|--|-----------|
| Editorial | 4 |
| Management Summary | 5 |
| 1 Einleitung | 7 |
| 1.1 Ziel | 7 |
| 1.2 Methode | 7 |
| 1.2.1 Literaturrecherche | 7 |
| 1.2.2 Einschluss- und Ausschlusskriterien | 7 |
| 1.2.3 Begriffe für süsstoffhaltige Lebensmittel | 7 |
| 2 Definition von Süsstoffen | 9 |
| 3 Zulassung und Sicherheit von Süsstoffen in der Schweiz | 11 |
| 3.1 Zulassung | 11 |
| 3.1.1 Steviapflanze und Steviolglycoside | 11 |
| 3.2 Sicherheit | 12 |
| 4 Konsum von Süsstoffen bei Kindern und Jugendlichen | 13 |
| 5 Gesundheitliche Auswirkungen des Konsums von Süsstoffen | 15 |
| 5.1 Einfluss von Süsstoffen auf Nahrungsaufnahme und Körpergewicht | 15 |
| 5.1.1 Energiereduktion durch Süsstoffe | 15 |
| 5.1.2 Süsstoffe und Nahrungsaufnahme | 16 |
| 5.1.3 Süsstoffe und Körpergewicht | 17 |
| 5.2 Einfluss von Süsstoffen auf metabolische Risikofaktoren | 19 |
| 5.2.1 Metabolische Risikofaktoren | 19 |
| 5.3 Einfluss von Süsstoffen auf Verhalten | 20 |
| 5.3.1 Suchtverhalten und Geschmackspräferenz | 20 |
| 5.3.2 Aufmerksamkeit und kognitive Leistungsfähigkeit | 21 |
| 5.3.3 Aggression | 21 |
| 5.4 Süsstoffe, Kopfschmerzen und Epilepsie | 21 |
| 5.5 Einfluss von Süsstoffen auf Krebsrisiko | 21 |
| 5.6 Süsstoffe und Zahngesundheit | 22 |
| 5.7 Phenylketonurie | 22 |
| 6 Schlussfolgerungen | 23 |
| 7 Empfehlungen | 24 |
| 8 Quellenangaben | 25 |

Editorial

Gesundes Körpergewicht – unser langfristiger Schwerpunkt

Im Jahr 2012 waren in der Schweiz 41 Prozent der Bevölkerung übergewichtig oder adipös. Die neusten Erhebungen zeigen, dass der durchschnittliche Prozentsatz von Übergewicht und Fettleibigkeit bei Schülerinnen und Schülern in der Schweiz bei 17,5–19 Prozent liegt. Das Risiko für verschiedene Krankheiten steigt mit zunehmendem Body-Mass-Index (BMI). Daher ist es wichtig, dass Übergewicht oder Fettleibigkeit gar nicht erst entstehen. Der Bereich «Gesundes Körpergewicht» ist daher ein Schwerpunkt der langfristigen Strategie 2007–2018 von Gesundheitsförderung Schweiz. Zusammen mit unseren kantonalen Partnern investieren wir einen Grossteil unserer Mittel in den Bereich gesundes Körpergewicht bei Kindern und Jugendlichen. Langfristiges Ziel ist es, den Anteil der Bevölkerung mit einem gesunden Körpergewicht zu erhöhen. Mit einer sowohl die Verhältnisse als auch das Verhalten einschliessenden Strategie will Gesundheitsförderung Schweiz zu einer Trendumkehr in die gesunde Richtung beitragen.

Süsstoffe in Lebensmitteln

Unser Grundlagenbericht aus dem Jahr 2010 hat gezeigt, dass im Rahmen der Ernährung unter anderem der Konsum von Süssgetränken eine wesentliche Rolle bei der Gewichtszunahme spielt. Dieser Befund wurde in unserem im September 2013 publizierten Bericht 3 «Süssgetränke und Körpergewicht bei Kindern und Jugendlichen – Stand der Forschung und Empfehlungen» gestärkt. Die wissenschaftlichen Grundlagen zeigen, dass ein Zusammenhang zwischen Süssgetränkekonsum und Körpergewicht gegeben ist.

Gilt das aber auch für künstlich gesüsste Lebensmittel? Denn im Fokus stehen nicht nur mit Zuckerarten gesüsste Getränke, sondern auch Getränke, die mit künstlichen Süsstoffen versehen sind. Haben diese einen Einfluss auf das Körpergewicht von Kindern und Jugendlichen oder können sie gar die Entstehung von Krankheiten begünstigen? Mit dem

vorliegenden Arbeitspapier reagiert Gesundheitsförderung Schweiz auf konkrete Unsicherheiten und Anfragen aus der Bevölkerung. Ziel des Dokuments ist es, eine aktuelle, wissenschaftlich fundierte Evidenzlage zu den gesundheitlichen Nutzen und Risiken von Süsstoffen bei Kindern und Jugendlichen zu geben.

Wassertrinken als klare Botschaft

Der Forschungsstand zu den gesundheitlichen Auswirkungen des Konsums von Süssgetränken und Getränken, die mit Süsstoffen versehen sind, ist teilweise unbefriedigend. Deshalb lautet eine unserer zentralen Botschaften schlicht: Wasser trinken ist gesund!

In der Schweiz, dem «Wasserschloss Europas», gibt es viele etablierte Partner zum Thema Wasser. Mit gemeinsamen Aktionen möchten wir das Wassertrinken bei Kindern und Jugendlichen fördern.

Den Mitgliedern der wissenschaftlichen Begleitgruppe danken wir herzlich für ihr Engagement, ihre konstruktiven Kommentare und die unterbreiteten Verbesserungsvorschläge. Wir danken auch unseren Partnern für die gute Zusammenarbeit bei allen Massnahmen rund um die Thematik.

Thomas Mattig
Direktor

Jvo Schneider
Co-Leitung Gesundes Körpergewicht

Management Summary

Zusatzstoffe in Lebensmitteln werden nur in der Masse zugelassen, als eine gesundheitliche Unbedenklichkeit für die Bevölkerung gegeben ist. Sie unterstehen einer fortlaufenden Sicherheitsüberprüfung und gehören deshalb zu den am besten untersuchten Inhaltsstoffen in unserer Nahrung. Nicht verwunderlich, geraten sie daher in regelmässigen Abständen ins Kreuzfeuer der Kritik. Vor allem der Einsatz von Süsstoffen wird immer wieder hinterfragt und in der Öffentlichkeit heftig diskutiert. Seit es künstliche Süsstoffe gibt, stehen sie unter Verdacht, gesundheitsschädigend zu sein. Bereits in den frühen 70er-Jahren berichteten Forscher, dass hohe Dosierungen von Süsstoffen bei Ratten zu Blasenkrebs führen könnten. Mit der weltweiten Verbreitung der Übergewichtsepidemie, die auch vor Kindern und Jugendlichen in der Schweiz keinen Halt gemacht hat, haben Süsstoffe in den letzten Jahren vermehrt an Aufmerksamkeit gewonnen. Süsstoffe geben Lebensmitteln den süssen Geschmack, liefern aber im Gegensatz zu Zucker keine zusätzlichen Kalorien. Ob als mögliche Diätmassnahme oder einfach nur einer figurbewussten Ernährung wegen, die Verzehrhäufigkeit von Süsstoffen hat in den letzten drei Jahrzehnten weltweit in allen Altersgruppen stark zugenommen. Befürchtungen, dass Süsstoffe zu mehr Appetit, einer vermehrten Nahrungsaufnahme und zu einer Gewichtszunahme führen, ja sogar süchtig machen könnten, wurden laut.

Die periodische Überprüfung und Bewertung von Süsstoffen und Zusatzstoffen, im Lichte der neuesten Erkenntnisse, ist für unsere Gesundheit von grosser Bedeutung. Trotzdem verunsichern die häufig öffentlich ausgetragenen Debatten immer wieder einen grossen Teil der Bevölkerung. Bei Kindern und Jugendlichen neigt man dabei zu besonderer Vorsicht. Dies ist verständlich. Kinder nehmen im Verhältnis zu ihrem Körpergewicht wesentlich mehr Nahrung auf als Erwachsene und somit potenziell auch mehr Süsstoffe. Hinzu kommt ihre ausgeprägte Vorliebe für süsse Lebensmittel.

Ziel dieses Arbeitspapiers ist es, eine im Jahr 2014 aktuelle, wissenschaftlich fundierte Evidenzlage zu den gesundheitlichen Nutzen und Risiken von Süsstoffen bei Kindern und Jugendlichen zu geben. Im Speziellen wurde der Einfluss von Süsstoffen auf Nahrungsaufnahme, Körpergewicht, Metabolismus, Verhalten, Kopfschmerzen, Epilepsie, Krebs und Zahngesundheit untersucht. Daraus wird eine entsprechende Ernährungsempfehlung abgeleitet. Zudem werden wichtige Hintergrundinformationen zu den in der Schweiz zugelassenen Süsstoffen gegeben.

Bei der Suche nach wissenschaftlichen Publikationen wurden primär systematische Übersichtsarbeiten und randomisierte kontrollierte Studien bei Kindern und Jugendlichen im Alter von ≤ 21 Jahren berücksichtigt.

Das Arbeitspapier macht deutlich, dass die wissenschaftliche Datenlage für die meisten untersuchten gesundheitlichen Auswirkungen unzureichend ist, um das Risikopotenzial von Süsstoffen bei Kindern und Jugendlichen umfassend abschätzen zu können. Lediglich bezüglich Nahrungsaufnahme und Körpergewicht kann mit grosser Sicherheit davon ausgegangen werden, dass Süsstoffe weder den Appetit anregen noch langfristig eine Gewichtszunahme fördern. Der Beitrag von künstlich gesüssten, energiereduzierten Produkten an eine langfristige Gewichtsreduktion scheint aber gering.

Aufgrund der limitierten Evidenzlage empfehlen die Autorin und die wissenschaftliche Begleitgruppe deshalb, in der Ernährung von Kindern und Jugendlichen auf den Konsum von künstlich gesüssten, energiereduzierten Produkten möglichst zu verzichten. Dies, um eine allfällige Präferenz für süsse Lebensmittel nicht zu fördern sowie zu verhindern, dass Kinder gesüsste Lebensmittel mit einer reduzierten Kaloriendichte assoziieren. Künstlich gesüsste Getränke werden – genauso wie Süssigkeiten und salzige Snacks – der obersten Stufe der Schweizer Lebensmittelpyramide zugeordnet und sollten nur in kleinen Mengen genossen werden.

Als geeignete Getränke werden Wasser und ungesüsste Tees empfohlen (gemäss Schweizer Lebensmittelpyramide).

In speziellen Fällen, wie zum Beispiel bei übergewichtigen Kindern mit einem hohen Süssgetränkekonsum, kann ein gezielter Ersatz von Süssgetränken durch Light- oder Zero-Getränke einer weiteren Gewichtszunahme entgegenwirken. Es können so unnötige Kalorien eingespart werden.

1 Einleitung

1.1 Ziel

Ziel dieses Arbeitspapier ist es, eine aktuelle, wissenschaftlich fundierte Evidenzlage zu den gesundheitlichen Nutzen und Risiken von Süsstoffen bei Kindern und Jugendlichen zu geben. Im Speziellen wurde der Einfluss von Süsstoffen auf Nahrungsaufnahme, Körpergewicht, Metabolismus, Verhalten, Kopfschmerzen, Epilepsie, Krebs und Zahngesundheit untersucht. Daraus wird eine entsprechende Ernährungsempfehlung abgeleitet. Zudem werden wichtige Hintergrundinformationen zu den in der Schweiz zugelassenen Süsstoffen gegeben.

1.2 Methode

Folgende Faktoren wurden bei der Literaturrecherche und dem Schreiben des Arbeitspapiers berücksichtigt:

1.2.1 Literaturrecherche

Für die systematische Suche nach wissenschaftlichen Publikationen wurden die Suchmaschinen PubMed und Web of Knowledge verwendet. Zudem wurden Informationen von wichtigen internationalen und nationalen Organisationen herbeigezogen.

Neben den einzelnen Süsstoffnamen (siehe Tabelle 1) wurden folgende Keywords bei der Literatursuche verwendet: sweeteners, artificial sweeteners, low-calorie sweeteners, non-nutritive sweeteners, intense sweeteners, non-caloric sweeteners, sugar-free, diet.

1.2.2 Einschluss- und Ausschlusskriterien

Nach folgenden Kriterien wurde die Literaturrecherche durchgeführt:

Exposition/Intervention

Als Expositionsfaktor galten Lebensmittel (Nahrungsmittel und Getränke) und Tabletten, die Süsstoffe enthalten (einzeln oder in Kombination).

Studiendesign

Primär wurden systematische Übersichtsarbeiten (nach Möglichkeit inkl. Metaanalysen) und Interventionsstudien (randomisierte kontrollierte Studien) berücksichtigt. In einzelnen Fällen wurden als Ergänzung Langzeitbeobachtungsstudien (Kohortenstudien) einbezogen.

Querschnittstudien wurden im Arbeitspapier nicht berücksichtigt, da ihr Studiendesign mit einem hohen Risiko für eine Kausalumkehr einhergeht. Da die Messung der vermuteten Auswirkung (Outcome) gleichzeitig mit der Exposition (Süsstoffkonsum) erfolgt, erlauben Querschnittstudien keine Aussagen zur Kausalität.

Outcome

Einschluss von Studien, die den Konsum von Süsstoffen im Zusammenhang mit Nahrungsaufnahme, Körpergewicht, metabolischen Risikofaktoren (u.a. abdominale Adipositas, Dyslipidämie, Hypertonie), Glukoseregulation, dem metabolischen Syndrom, Diabetes Typ 2, Herz-Kreislauf-Erkrankungen, Verhalten (Suchtverhalten, Geschmackspräferenz, Aufmerksamkeit, kognitive Leistungsfähigkeit, Aggression), Kopfschmerzen, Epilepsie, Krebs und Zahngesundheit untersuchten.

Studienpopulation

Kinder und Jugendliche im Alter von <21 Jahren jeglichen Körpergewichts und sozioökonomischen Hintergrunds. Falls die Evidenzlage für die genannte Altersgruppe unzureichend war, wurden vereinzelt Studien von Erwachsenen oder Tierexperimente hinzugezogen, um die gesundheitlichen Auswirkungen besser abschätzen zu können.

1.2.3 Begriffe für süsstoffhaltige Lebensmittel

In diesem Arbeitspapier wurden folgende Begriffe für süsstoffhaltige Lebensmittel verwendet: Süsstoffe, Süßungsmittel, künstliche Süsstoffe, künstlich gesüsste Lebensmittel, süsstoffhaltige Lebensmittel, nicht kalorogene Süsstoffe/Süßungs-

mittel, nicht kalorische Süsstoffe/Süßungsmittel, kalorienreduzierte Lebensmittel, energiereduzierte Lebensmittel, Light-Produkte, Zero-Produkte, zuckerfreie Lebensmittel, zuckerreduzierte Lebensmittel.

2 Definition von Süsstoffen

Süsstoffe sind synthetisch hergestellte oder natürliche Verbindungen, die nicht zur Gruppe der Kohlenhydrate gehören. Süsstoffe besitzen keinen oder nur einen sehr geringen Nährwert und werden deshalb auch nicht kalorige Süssungsmittel genannt. Sie haben eine deutlich höhere Süsskraft als Saccharose (Haushaltszucker), sodass zum Süssen nur Dosierungen im Milligramm-Bereich benötigt werden (Duffy et al., 1998).

Süsstoffe sind von folgenden weiteren süssenden Zutaten für Nahrungsmittel- und Getränkeprodukte abzugrenzen: Zucker (Glukose, Fructose, Saccharose) und Zuckeraustauschstoffe (Sorbit, Xylit) (Duffy et al., 1998). Zucker und Zuckeraustauschstoffe sind nicht Gegenstand dieses Arbeitspapiers.

Tabelle 1 veranschaulicht die in der Schweiz zugelassenen Süsstoffe, deren Süsskraft (im Vergleich zu Saccharose) sowie deren Brennwert.

Obwohl zwei Süsstoffe, Aspartam und Sucralose, einen höheren Brennwert als 0 kcal/g aufweisen, gehören sie trotzdem zu den nicht kalorigen Süssungsmitteln. Aspartam wird beim Verdauen in eine

kleine Menge Methanol und zwei Aminosäuren (Asparaginsäure und Phenylalanin) aufgespaltet, wobei letztere 4 kcal/g Energie liefern. Aufgrund der hohen Süsskraft von Aspartam ist jedoch nur eine kleine Menge erforderlich, um den gewünschten Süsseffekt zu erreichen. Deshalb sind die zugeführten Kalorien durch Aspartam in der Energiebilanz vernachlässigbar. Sucralose, welche in einem Verfahren aus Saccharose gewonnen wird, weist theoretisch denselben Brennwert wie Haushaltszucker auf. Da Sucralose im menschlichen Körper aber nicht metabolisiert und unverändert im Urin ausgeschieden wird, ist der Brennwert von Sucralose ebenfalls vernachlässigbar klein (Eidgenössische Ernährungscommission, 2009).

Süsstoffe werden seit mehr als 100 Jahren in verschiedensten Nahrungsmitteln und Getränken eingesetzt, beispielsweise in alkoholfreien Getränken, Milchprodukten, Backwaren, Desserts, Salatdressings, Marmeladen und Kaugummis. Auch in Medikamenten werden Süsstoffe verwendet, um ihre Einnahme angenehmer zu machen. Egal in

Tabelle 1: In der Schweiz zugelassene nicht kalorige Süsstoffe (adaptiert von der Eidgenössischen Ernährungscommission, 2009)

| E-Nr. | Süsstoff | ADI ^a (mg/kg Körpergewicht) | Brennwert (kcal/g) | Süsskraft ^b |
|-------|-------------------------------|---|-----------------------|------------------------|
| E950 | Acesulfam K | 0–9 | 0 | 100–200 |
| E951 | Aspartam | 0–40 | 4 | 100–200 |
| E952 | Cyclamat | 0–7 (SCF) 0–11 (JECFA) | 0 | 25–30 |
| E954 | Saccharin | 0–11 | 0 | 300–400 |
| E955 | Sucralose | 0–5 | 4 | 600 |
| E957 | Thaumatococcus | 0–15 | 0 | 2500 |
| E959 | Neohesperidin DC | nicht spezifiziert | 0 | 600 |
| E962 | Aspartam-Acesulfam-Salz | 0–40 und 0–15 | 0 | 350 |
| E960 | Steviolglycoside ^c | 0–4 | 0 | 300 |
| E961 | Neotam | 0–2 | | 7000–13000 |

^a Acceptable Daily Intake, ADI; Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives, JECFA; Scientific Committee on Food of the European Union, SCF; ADI-Werte der SCF und JECFA sind deckungsgleich ausser für Cyclamat

^b Süsskraft im Vergleich zu Saccharose, welche eine Süsskraft von 1 besitzt

^c Zulassung in der Schweiz seit 01.01.2014

welchem Produkt sie verwendet werden, Süsstoffe müssen in der Schweiz auf jeder Etikette eindeutig deklariert werden (Lebensmittelkennzeichnungsverordnung, LKV; 817.022.21) (Abbildung 1).

Jeder Süsstoff hat ein einzigartiges Geschmacksprofil und spezifische Eigenschaften. Einige Süsstoffe süssen schnell, andere verzögert, und einige hinterlassen einen bestimmten Nachgeschmack im Mund, von süss über sauer bis lakritz- oder mentholartig. In der Nahrungsmittel- und Getränkeindustrie werden Süsstoffe häufig miteinander kombiniert (auch in Kombination mit Zuckeralkoholen), um den Geschmack und die Süsse eines Produktes möglichst auf die Vorlieben der Konsumenten abzustimmen, unter zusätzlicher Berücksichtigung von Stabilität, Kosten und weiteren Anforderungen (Eidgenössische Ernährungskommission, 2009). Abbildung 1 zeigt die Kombination der verwendeten Süsstoffe in einer Coca-Cola zero.

Abbildung 1: Etikette mit Süsstoffdeklaration

Kalorienfreies koffeinhaltiges Erfrischungsgetränk.
 Mit Süssungsmitteln. Zutaten: Wasser, Kohlensäure, Farbstoff Zuckerulör (E150d), Süssungsmittel Cyclamat, Acesulfam-K und Aspartam, Säuerungsmittel E338 und Natriumcitrat, natürliche Aromen inkl. Koffein. Enthält eine Phenylalaninquelle. Kühl und trocken lagern.
 Mindestens haltbar bis: siehe Flaschenhals / Verschluss.

| NÄHRWERTE/VALEURS NUTRITIVES PRO/PAR 100ml | | | |
|--|----------------|-------------------------|--------|
| Brennwert / | 0.2 kcal, 1 kJ | Fett / Lipides | 0 g |
| Valeur énergétique | | davon ges. Fettsäuren / | |
| Eiweiss / Protéines | 0 g | dont acides gras sat. | 0 g |
| Kohlenhydrate / Glucides | 0 g | Ballaststoffe / Fibres | 0 g |
| davon Zucker / dont sucres | 0 g | Natrium / Sodium | 0.01 g |

CH-13-660822




3 Zulassung und Sicherheit von Süsstoffen in der Schweiz

3.1 Zulassung

In der Schweiz sind zurzeit 10 Süsstoffe zugelassen: Acesulfam K (E950), Aspartam (E951), Cyclamat (E952), Saccharin (E954), Sucralose (E955), Thaumatin (E957), Neohesperidin DC (E959), Steviolglycoside (E960), Neotam (E 961) und Aspartam-Acesulfam-Salz (E962) (Tabelle 1).

Süsstoffe gehören zu den Lebensmittelzusatzstoffen, deren Anwendung vom BLV fortlaufend überprüft und – falls erforderlich – neu geregelt wird. Für die Zulassung der Zusatzstoffe stützt sich das BLV auf Berichte der Expertenkommission der FAO/WHO für Lebensmittel-Zusatzstoffe (Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives, JECFA) und der EFSA (Bundesamt für Lebensmittelsicherheit und Veterinärwesen, 2014).

Zusatzstoffe gehören zu den am besten untersuchten Inhaltsstoffen in unserer Nahrung und werden nur in dem Masse zugelassen, als eine gesundheitliche Unbedenklichkeit für die Bevölkerung gegeben ist. Die Anwendung von Zusatzstoffen beruht auf dem Positivprinzip: Ein Zusatzstoff, der nicht ausdrücklich erlaubt ist und nicht in der Zusatzstoffverordnung steht (Zusatzstoffverordnung, ZuV; SR 817.022.31), darf in der Schweiz nicht verwendet werden (Bundesamt für Lebensmittelsicherheit und Veterinärwesen, 2014).

Nicht vorgesehene Zusatzstoffe bedürfen einer Bewilligung. Eine Bewilligung ist nicht erforderlich, wenn ein Zusatzstoff in der verwendeten Menge in der Europäischen Union (EU) zugelassen ist. In diesem Fall muss dem BLV die Verwendung des Zusatzstoffes, unter Verweis auf die massgeblichen Vorschriften der EU, gemeldet werden. Vor dem Inkrafttreten der totalrevidierten Zusatzstoffverordnung am 01.01.2014 bestand eine solche Meldepflicht für die Verwendung des Süsstoffs «Steviolglycoside», welcher nun neu gemäss den Vorgaben der Anwendungsliste ohne Bewilligung oder Meldung in der Schweiz zulässig ist (Bundesamt für Lebensmittelsicherheit und Veterinärwesen, 2014).

3.1.1 Steviapflanze und Steviolglycoside

Stevia wird in den Medien als «natürlicher Süsstoff» beschrieben. *Stevia rebaudiana Bertoni*, auf Deutsch Süsskraut oder Honigkraut genannt, ist eine aus Südamerika stammende Staudenpflanze. Die Blätter der Steviapflanze enthalten Steviolglycoside, die für den süsslichen Geschmack verantwortlich sind. Deshalb werden die Steviablätter in Südamerika seit Jahrhunderten zum Süssen gebraucht. Heute wird Stevia in verschiedenen Formen als Süssungsmittel verwendet. Einerseits werden die Blätter und das Kraut wegen des süssen Geschmacks eingesetzt, andererseits werden Steviolglycoside aus den Pflanzenblättern extrahiert und so als Süssungsmittel verwendet. In der Schweiz besteht bei der Zulassung für die Anwendung in Lebensmitteln ein wichtiger Unterschied zwischen der Steviapflanze und den Steviolglycosiden (Bundesamt für Lebensmittelsicherheit und Veterinärwesen, 2014).

Steviapflanze

Das wissenschaftliche Komitee für Lebensmittel der EU (Scientific Committee on Food of the European Union, SCF; heute im Zuständigkeitsbereich der EFSA) kam im Juni 1999 zum Schluss, dass die vorliegenden wissenschaftlichen Daten nicht ausreichen, um die gesundheitliche Unbedenklichkeit für die Verwendung der Steviapflanze zu beurteilen. Es ist nicht auszuschliessen, dass gewisse Inhaltsstoffe der Steviapflanze die Gesundheit der Konsumenten gefährden könnten. Deshalb darf das Steviakraut beziehungsweise deren Blätter in der Schweiz nicht als Lebensmittel oder zum Süssen von Lebensmitteln vermarktet werden. Es gibt jedoch eine Ausnahme: In Kräuterteemischungen dürfen Steviablätter als Zutat verwendet werden, wenn sie maximal 1 bis 2 Prozent der Teemischung ausmachen (Bundesamt für Lebensmittelsicherheit und Veterinärwesen, 2014).

Steviolglycoside

Die Steviolglycoside werden in einem aufwendigen Verfahren aus der Steviapflanze gewonnen und aufgereinigt. In diesem Verfahren können potenziell toxikologisch bedenkliche Substanzen aus der Steviapflanze entfernt werden. Die JECFA hat 2008 Steviolglycoside, die auf einen Gehalt von 95 Prozent standardisiert sind, toxikologisch beurteilt und einen ADI-Wert (Acceptable Daily Intake, akzeptable tägliche Aufnahmemenge, siehe Kapitel 3.2) von 0–4 mg/kg Körpergewicht festgelegt. Die EFSA hat sich 2010 der JECFA-Beurteilung angeschlossen. Als gesundheitlich unbedenklich gelten somit nur Steviolglycoside, welche zu 95 Prozent rein sind, unter der Berücksichtigung des ADI-Wertes. In der Schweiz können Steviolglycoside seit dem 01.01.2014 als Zusatzstoffe ohne Bewilligung oder Meldung vermarktet werden, sofern die entsprechenden Verwendungsbedingungen berücksichtigt werden (Bundesamt für Gesundheit, 2013; Bundesamt für Lebensmittelsicherheit und Veterinärwesen, 2014).

3.2 Sicherheit

Für Zusatzstoffe sind Höchstmengen zur Verwendung in Nahrungsmitteln festgelegt. Diese basieren auf Ergebnissen aus Tierexperimenten, in denen über längere Zeit (meistens mehrere Jahre) überdurchschnittlich hohe Dosen des betreffenden Stoffes verabreicht wurden. Der NOAEL-Wert (No-Observed-Adverse-Effect-Level, Keine-beobachtete-unerwünschte-Ereignis-Dosierung) bezeichnet die Dosis, bei der keine schädigende Wirkung beobachtet wird. Mit einem Sicherheitsfaktor von meistens 100 wird dann aus dem NOAEL-Wert der ADI-Wert (Acceptable Daily Intake, akzeptable tägliche Aufnahmemenge) für den Menschen berechnet (Bundesamt für Lebensmittelsicherheit und Veterinärwesen, 2014).

Der ADI-Wert ist somit die Menge eines Süsstoffs, die eine Person während der gesamten Lebenszeit täglich zu sich nehmen kann, ohne dass dabei eine Gesundheitsgefährdung zu erwarten ist. Der ADI-Wert wird in Milligramm pro Kilogramm Körpergewicht pro Tag angegeben (Tabelle 1). Der Verbraucher muss also, um die für ihn sichere Tagesdosis

zu ermitteln, den ADI-Wert mit seinem Körpergewicht multiplizieren. Gelegentliche Überschreitungen des ADI-Werts sind nicht weiter besorgniserregend, weil sich der ADI-Wert auf die lebenslange Zufuhr bezieht und einen gewissen Sicherheitsspielraum enthält. Überschreitungen über einen längeren Zeitraum sollten aber vermieden werden (Gardner et al., 2012).

In der Lebensmittelgesetzgebung (ZuV) wird allerdings für jeden Süsstoff festgelegt, bei welchen Lebensmitteln er zugesetzt werden darf und in welcher Menge. Diese Mengen sind so berechnet, dass bei einem durchschnittlichen Konsum von Produkten, die mit Süsstoffen gesüsst sind, der ADI-Wert für die Süsstoffe nicht überschritten wird. Somit werden für die Festlegung von Verwendungsmengen in Lebensmitteln auch die Verzehrsgewohnheiten berücksichtigt

4 Konsum von Süsstoffen bei Kindern und Jugendlichen

Wie bereits erwähnt, sind Lebensmittelhersteller lediglich dazu verpflichtet, die Verwendung von Süsstoffen, nicht aber deren genaue Menge, auf den Produktetiketten zu deklarieren (LKV; 817.022.21). Aus diesem Grund können zum Konsum von Süsstoffen keine exakten Mengenangaben gemacht werden. Stattdessen wird der Konsum entweder anhand von Verzehrhäufigkeiten abgeschätzt oder die Menge mittels Verzehrangaben künstlich gesüsster Produkte und deren detaillierten Nährwerttabellen und -datenbanken berechnet (Sylvetsky et al., 2011). Die Verzehrhäufigkeit von Süsstoffen hat in den letzten drei Jahrzehnten weltweit in allen Altersgruppen stark zugenommen (Mattes et al., 2009). Für Schweizer Kinder gibt es leider zurzeit keine Angaben zur Häufigkeit des Verzehrs von künstlich gesüsten Lebensmitteln. Die Studie Health Behaviour in School-aged Children (HBSC) hat Schweizer Schüler und Schülerinnen lediglich nach der Häufigkeit des Konsums von Süsstgetränken gefragt. Demnach reduzierte sich in der Schweiz von 2001/02 bis 2009/10 der Anteil derjenigen Kinder, die täglich mindestens ein zuckergesüstes Getränk tranken, deutlich (Matzke, 2013). Ob dies mit einer Zunahme des Konsums von Light-Getränken verbunden ist, ist unklar – unter Anbetracht der Trends national repräsentativer Untersuchungen in den USA jedoch vorstellbar (Sylvetsky et al., 2012; Swithers, 2013).

Abbildung 2 veranschaulicht die Entwicklung der Verzehrhäufigkeit von zuckergesüsten und künstlich gesüsten Getränken in den USA in den Jahren 1972 bis 2000 sowie die parallel dazu verlaufende Veränderung der Häufigkeit übergewichtiger Amerikaner (Swithers, 2013).

Seit dem Jahr 2000 hat der Süsststoffkonsum in Amerika weiter zugenommen, so die Daten einer kürzlich erschienenen nationalen Langzeituntersuchung. Bei Kindern im Alter von 2 bis 17 Jahren hat sich die Verzehrhäufigkeit von künstlich gesüsten Lebensmitteln beinahe verdoppelt, von 8,7% im Jahr 1999/2000 auf 14,9% im Jahr 2007/08. Dies ist vor allem auf den stark angestiegenen Konsum von künstlich gesüsten Getränken zurückzuführen, von 6,1% im Jahr

Abbildung 2: Entwicklung der Verzehrhäufigkeit von Süsstgetränken (SG) und von künstlich gesüsten Getränken (KSG) sowie der Häufigkeit von Übergewicht und Adipositas in den USA zwischen 1972 und 2000. Die Daten stammen aus national repräsentativen Untersuchungen (adaptiert von Swithers, 2013).

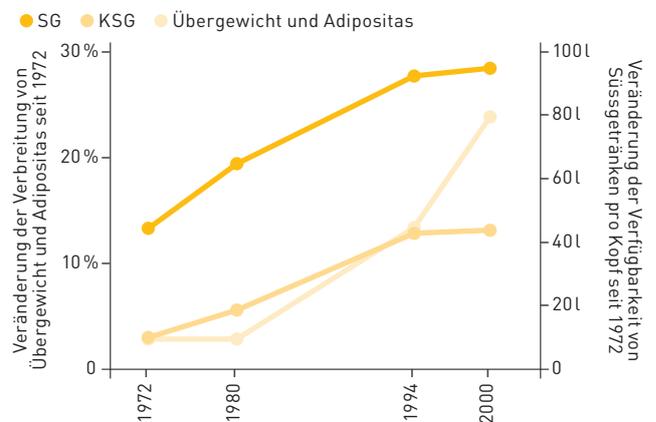
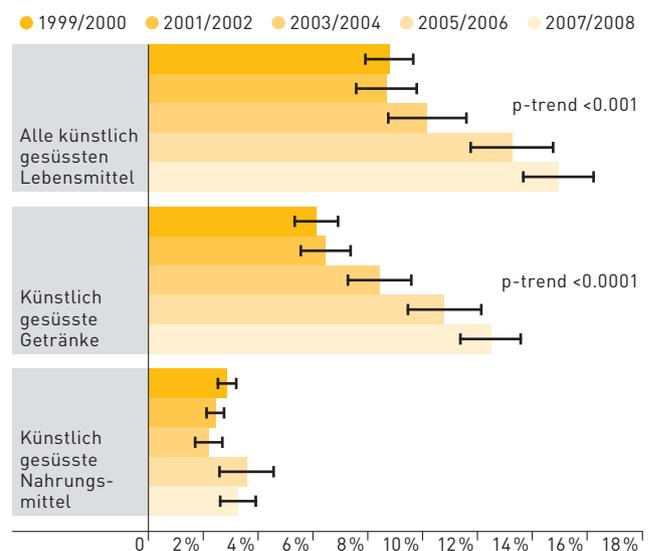


Abbildung 3: Anteil der Kinder (2–17 Jahre) in einer national repräsentativen Untersuchung in den USA von 1999/2000 bis 2007/2008 in % (Mittelwert ± SE), die täglich mindestens einmal künstlich gesüsstes Getränk, künstlich gesüsstes Nahrungsmittel oder beides konsumieren. National Health and Nutrition Examination Survey (NHANES) (Sylvetsky et al., 2012).



1999/2000 auf 12,5% (Abbildung 3). Die deutliche Zunahme der Verzehrhäufigkeit künstlich gesüßter Getränke wurde in allen Gewichts- und Altersklassen sowie bei Personen jedes sozioökonomischen und ethnischen Hintergrunds beobachtet (Sylvetsky et al., 2012).

In Deutschland scheint die Verzehrhäufigkeit von künstlich gesüßten Limonaden ähnlich wie in den USA zu sein. In der EsKiMo-Studie, einer national repräsentativen Ernährungsstudie, gaben 13% der Jugendlichen – 12% der Jungen und 15% der Mädchen – an, kalorienreduzierte Getränke im Befragungszeitraum getrunken zu haben. Die mittlere tägliche Aufnahme betrug 45 ml bei den Jungen und 36 ml bei den Mädchen. Beim Altersverlauf zeigte sich zudem, dass die 16-jährigen Jugendlichen mit 65 ml pro Tag am meisten, die 12 Jahre alten Teilnehmer mit 15 ml pro Tag am wenigsten künstlich gesüßte Getränke konsumierten (Kohler et al., 2007).

Daten zur Verzehrmenge von Süsstoffen (Acesulfam K, Aspartam, Cyclamat, Saccharin) bei Kindern und Erwachsenen wurden in einer detaillierten Übersichtsarbeit zusammengetragen (Renwick, 2006). Diese Übersichtsarbeit kam zum Schluss, dass die durchschnittliche Aufnahme der oben erwähnten Süsstoffe bei gesunden Kindern und Erwachsenen deutlich unter den jeweiligen ADI-Werten liegt. Es konnten aber drei Personengruppen identifiziert werden, die ein erhöhtes Risiko haben, die ADI-Werte gelegentlich zu überschreiten: Erwachsene mit Diabetes, die krankheitsbedingt Zucker häufiger durch Süsstoffe ersetzen müssen, sowie Kinder mit und Kinder ohne Diabetes. Aufgrund ihrer kleinen Körpergröße und der Vorliebe für Süßes nehmen Kinder am meisten Zucker und Süsstoffe pro Kilogramm Körpergewicht zu sich (American Dietetic Association, 2004). In der Übersichtsarbeit stellte man fest, dass bei Kindern und Jugendlichen mit einem überdurchschnittlich hohen Süsstoffkonsum (≥ 95 . Perzentile) gelegentliche ADI-Überschreitungen für Cyclamat beobachtet werden konnten (Renwick, 2006). Diese Erkenntnis führte unter anderem dazu, dass die SCF im Jahr 2000 den ADI-Wert von Cyclamat von 0–11 auf 0–7 mg/kg Körpergewicht pro Tag reduzierte (Tabelle 1) (Bellissimo et al., 2007). Folgestudien sind nötig, um zu zeigen,

ob diese Reduktion des ADI-Werts den Cyclamatkonsum in der Bevölkerung, vor allem bei Kindern, senken konnte.

5 Gesundheitliche Auswirkungen des Konsums von Süsstoffen

5.1 Einfluss von Süsstoffen auf Nahrungsaufnahme und Körpergewicht

Die Häufigkeit übergewichtiger und adipöser Kinder hat in den letzten Jahrzehnten weltweit stark zugenommen (Wang et al., 2006). Diesen Trend konnte man auch in der Schweiz, vor allem während der 90er-Jahre, beobachten (Ledergerber et al., 2011). In den letzten 13 Jahren hat sich die Häufigkeit übergewichtiger und adipöser Primarschulkinder in der Schweiz stabilisiert, jedoch auf einem alarmierend hohen Niveau: Im Jahr 2012 waren 19% der Schweizer Primarschulkinder übergewichtig, 7% davon sogar adipös (Murer et al., 2013).

Zeitgleich mit dieser Entwicklung hat auch der Konsum von Zucker, primär in Form von gesüßten Getränken, dramatisch zugenommen (Abbildung 2) (Popkin et al., 2003; Swithers, 2013). Es ist deshalb nicht weiter erstaunlich, dass dem Zusammenhang zwischen Körpergewicht und Süsstoffen grosses öffentliches und wissenschaftliches Interesse entgegengebracht wird. Eine kürzlich erschienene Metaanalyse kam zum Schluss, dass der Konsum von Süsstoffen sowohl bei Kindern wie bei Erwachsenen eine Gewichtszunahme fördert. Wird über ein Jahr lang täglich ein Süsstoff getrunken konsumiert, führt dies bei Kindern durchschnittlich zu

einer Zunahme des BMI um 0,06 Einheiten (Malik et al., 2013). Eine systematische Übersichtsarbeit der «Haute école de santé Genève» kam ebenfalls zum Schluss, dass zwischen dem Konsum von Süsstoffen und der Zunahme von Körpergewicht bei Kindern ein Zusammenhang besteht (Schneider, 2013). Als mögliche Mittel, die Übergewichtsepidemie einzudämmen, haben Süsstoffe in den letzten Jahren stark an Aufmerksamkeit gewonnen.

5.1.1 Energiereduktion durch Süsstoffe

Wird in einem Lebensmittel Zucker (4 kcal/g) durch Süsstoffe (keine Kalorien) ersetzt, so reduziert sich die Energiedichte (kcal/g) dieses Produkts. Dabei sind die Kalorieneinsparnisse durch Süsstoffe stark von der Zusammensetzung des jeweiligen Lebensmittels abhängig. Wenn Zucker die Hauptenergiequelle eines Produkts ist (z. B. Getränke), reduziert der Zuckerersatz durch Süsstoffe die Energiedichte auf einen vernachlässigbar kleinen Wert. Bei Lebensmitteln mittlerer Energiedichten (z. B. Joghurt, Quark, Pudding) ist Zucker neben Fetten und Eiweissen nur ein kleiner Bestandteil der kalorienliefernden Inhaltsstoffe. Deshalb wird hier nur eine geringe Energiereduktion erreicht. Bei fettreichen Lebensmitteln (z. B. Schokolade) bringt der Ersatz von Zucker durch Süsstoffe relativ wenig, da bei diesen

Tabelle 2: Kohlenhydratgehalt und Energiedichte in Standard-Lebensmitteln sowie in den zuckerreduzierten Varianten (adaptiert von Bellisle et al., 2007)

| Lebensmittel | Standard-Lebensmittel | | Zuckerreduziertes Lebensmittel | | Energiereduktion durch Süsstoffe (in % zum Standard) |
|-------------------------|---------------------------|----------------------------|--------------------------------|----------------------------|--|
| | Kohlenhydrate (pro 100 g) | Energiedichte (kcal/100 g) | Kohlenhydrate (pro 100 g) | Energiedichte (kcal/100 g) | |
| Colagetränk | 10,2 | 40 | 0 | 2 | -95% |
| Trinkjoghurt | 12,8 | 72 | 4 | 42 | -42% |
| Joghurt (fettreduziert) | 13,8 | 75 | 4,9 | 44 | -41% |
| Pudding | 21,2 | 131 | 8,6 | 64 | -51% |
| Kekse | 33 | 445 | 32,5 | 445 | 0 |
| Schokolade | 59 | 513 | 49 | 510 | -1% |
| Kaugummi | 120 | 500 | 60 | 300 | -40% |

Produkten Fett der hauptsächliche Energielieferant ist (Tabelle 2) (Bellisle et al., 2007; Coca-Cola Schweiz, 2012).

Betrachtet man die deutliche Reduktion der Energiezufuhr durch Süsstoffe, ist die Vermutung naheliegend, dass der Konsum von zuckerfreien Nahrungsmitteln mit einer Gewichtsabnahme einhergehen könnte. Dies ist aber nur dann gegeben, wenn die «eingesparten Kalorien» nicht zu einem späteren Zeitpunkt kompensiert werden. Entscheidet sich eine Person z.B. für das Light-Getränk anstelle der zuckergesüßten Alternative, spart sie mit dieser Wahl ungefähr 100 kcal ein. Ist der Konsum des Light-Getränks aber im Verlauf des Tages mit einem Hungergefühl und einer zusätzlichen Kalorienaufnahme verbunden, würde dies den initial «eingesparten Kalorieneffekt» neutralisieren oder gar übersteigen. Zudem könnte sich die Person aufgrund der kalorienbewussteren Wahl des Light-Getränks gleichzeitig einen 150-kcal-Snack gönnen, was die «Kalorienersparnisse» wiederum vernachlässigbar machen würde (Coca-Cola Schweiz, 2012; Gardner et al., 2012). Ob Süsstoffe tatsächlich einen Einfluss auf die Nahrungsaufnahme und bei langfristigen Konsum auf das Körpergewicht von Kindern und Jugendlichen haben, wird in den folgenden Kapiteln erläutert.

5.1.2 Süsstoffe und Nahrungsaufnahme

Foreyt et al. (2012) haben in einer detaillierten Übersichtsarbeit Studien zusammengetragen, welche den Zusammenhang zwischen dem Konsum süsstoffhaltiger Lebensmittel und der Nahrungsaufnahme in Folgemahlzeiten bei Kindern untersucht haben. Alle von den Autoren identifizierten Studien verwendeten ein ähnliches Studiendesign, um diese Fragestellung zu untersuchen: Zuerst mussten die Kinder eine «Pre-load»-Mahlzeit (Getränk oder Nahrungsmittel) konsumieren, die entweder mit Zucker, mit Süsstoffen oder ohne süßende Zutat (z. B. Wasser) angereichert wurde. Dann folgte eine Pause von 0 bis 90 Minuten. Anschliessend wurde eine *Ad-libitum*-Mahlzeit (*nach Belieben*) serviert. Das heisst, dass die Kinder so viel essen konnten, wie sie wollten. Dabei wurde die Nahrungsaufnahme notiert. Zwei Studien stellten fest, dass Knaben im Alter von 9 bis 14 Jahren 30 Minuten nach dem Konsum eines

mit Sucralose gesüßten Getränks (vs. zuckergesüßtes Getränk) eine komplette Kalorienkompensation in der *Ad-libitum*-Mahlzeit zeigten. Das bedeutet, dass die durch den Süsstoff eingesparten Kalorien bei der *Ad-libitum*-Mahlzeit wieder wettgemacht wurden, sodass sich schlussendlich die totale Energieaufnahme («Pre-load»- plus *Ad-libitum*-Mahlzeit) beider Versuchsgruppen nicht unterschied (Bellissimo et al., 2007; Bellissimo et al., 2007). Gleiches konnte man bei 2,5- bis 5-jährigen Kindern feststellen, welche 20 Minuten nach der Einnahme eines mit Aspartam gesüßten Puddings (vs. energiereicher Pudding) ebenfalls eine komplette Kalorienkompensation in der *Ad-libitum*-Mahlzeit zeigten (Birch et al., 1986). Interessant ist, dass man diese Kalorienkompensation bei erwachsenen Probanden, die ebenfalls an dieser Studie teilnahmen, nicht beobachten konnte. Die Erwachsenen nahmen unabhängig von der Energiedichte der «Pre-load»-Mahlzeit gleich viele Kalorien bei der *Ad-libitum*-Mahlzeit zu sich. Dies ist möglicherweise darauf zurückzuführen, dass das Essverhalten Erwachsener stark von gelernten Verhaltensweisen und sozialen Faktoren abhängig ist (Birch et al., 1986).

Weitere Studien liefern Evidenz dafür, dass die Kalorienkompensation durch Süsstoffe bei Kindern vom Timing der «Pre-load»-Mahlzeit relativ zur *Ad-libitum*-Mahlzeit abhängig ist. Zwei Studien zeigten, dass die Einnahme süsstoffhaltiger Getränke (vs. zuckergesüßte Getränke) 60–90 Minuten vor einer *Ad-libitum*-Mahlzeit zu keiner Kalorienkompensation in der Folgemahlzeit und somit zu einer reduzierten totalen Energieaufnahme führte (Anderson et al., 1989; Birch et al., 1989). Wurden die Getränke jedoch kurz vor der *Ad-libitum*-Mahlzeit serviert (0 Min), nahmen die Kinder, die das süsstoffhaltige Getränke konsumierten, mehr Kalorien auf als diejenigen Kinder, die das zuckergesüßte Getränk bekamen (Birch et al., 1989). Weiter konnte festgestellt werden, dass 30 Minuten nach der Einnahme eines süsstoffhaltigen Getränks (vs. Wasser) die Energieaufnahme in der *Ad-libitum*-Mahlzeit reduziert ist. Dies war nach 0 oder 60 Minuten nicht der Fall (Birch et al., 1989).

Eine andere Studie zeigte, dass auch das Alter der Kinder einen Einfluss auf die Kalorienkompensation haben kann. Johnson et al. (2006) fanden, dass der Zuckerersatz durch Süsstoffe in Getränken, welche

als «Pre-load» 30 Minuten vor der Mahlzeit getrunken wurden, bei kleinen Kindern (5–6 Jahre alt) zu keiner, bei älteren Kindern (9–12 Jahre alt) jedoch zu einer deutlichen Energiereduktion führt.

Um den Einfluss chronischen Süsstoffkonsums auf die Nahrungsaufnahme zu untersuchen, führten Birch et al. (1985) mehrere Versuche durch, bei welchen die *Ad-libitum*-Nahrungsaufnahme jeweils 20 Minuten nach der Einnahme eines mit Aspartam gesüßten Puddings (vs. energiereicher Pudding) analysiert wurde. Bei jedem wiederholten Versuch zeigten die Kinder, die den mit Aspartam gesüßten Pudding konsumiert hatten, eine komplette Kalorienkompensation für den energiereduzierten «Pre-load» in der *Ad-libitum*-Mahlzeit. Wurde der energiereduzierte Pudding in der Folge durch einen energiereichen Pudding ersetzt, nahmen die Kinder signifikant mehr Kalorien (ca. 50 kcal) zu sich als zuvor. Dieses Resultat unterstützt somit die Hypothese, dass der Konsum süsstoffhaltiger Lebensmittel bei Kindern dazu führen kann, den süßen Geschmack mit einer reduzierten Kaloriendichte zu assoziieren (Brown et al., 2010).

Folgende Schlussfolgerungen können gezogen werden: Ob Süsstoffe die Nahrungsaufnahme bei Kindern beeinflussen, hängt von mehreren Faktoren ab: von der zeitlichen Distanz zwischen dem Konsum des süsstoffhaltigen Lebensmittels und der Folgemahlzeit, dem Alter der Kinder wie auch von Unterschieden im experimentellen Setting der Studien. Obwohl sich nicht alle Studien einig sind und der Grad wissenschaftlicher Evidenz limitiert ist, kann grundsätzlich eine Tendenz festgestellt werden, dass Süsstoffe, wenn sie als Ersatz von zucker- gesüßten Lebensmitteln zwischen den Mahlzeiten konsumiert werden, während eines Zeitraums von Stunden zu einer reduzierten Energieaufnahme führen können. Dies konnte vor allem bei älteren Kindern festgestellt werden; jüngere Kinder scheinen die «eingesparten» Kalorien besser zu kompensieren. Werden süsstoffhaltige Lebensmittel kurz vor oder während einer Mahlzeit konsumiert, ist eine Mahlzeit-assoziierte Kalorienkompensation wahrscheinlich. Letztendlich ist anzumerken, dass die Resultate der oben erwähnten Studien mit Vorsicht zu interpretieren sind. Es ist durchaus möglich, dass sich das Verhalten der Kinder im Alltag von der

künstlich kontrollierten Versuchsumgebung unterscheidet. Zudem liefern die Studien nur Evidenz dafür, wie sich die Nahrungsaufnahme über Stunden, nicht aber über mehrere Tagen und Wochen verändert (Brown et al., 2010; Foreyt et al., 2012).

Mögliche Mechanismen

Es gibt verschiedene, teilweise sehr unterschiedliche Vermutungen, über welche Mechanismen Süsstoffe den Appetit und damit die Nahrungsaufnahme beeinflussen könnten. In einer Übersichtsarbeit haben Mattes et al. (2009) mögliche Mechanismen diskutiert und kritisch evaluiert. Es sind dies einerseits physiologische Unterschiede während der Verdauung (z.B. Stimulation der kephalischen Phase, osmotische und nährstoffbedingte Effekte, Sekretion von Darmpeptiden wie des Glucagon-like peptide-1), aber auch verhaltensbedingte, psychologische Effekte (erhöhte Schmackhaftigkeit der Süsstoffe, Gewöhnungseffekt, Wissen über reduzierte Kaloriendichte durch Lebensmitteletiketten und Überkompensation, Aktivierung des Belohnungssystems, Assoziation des süßen Geschmacks mit reduzierter Kaloriendichte). Interessant ist, dass all die Mechanismen suggerieren, dass Süsstoffe den Appetit, das Hungergefühl oder die totale Kalorienaufnahme fördern würden. Das Fazit der Autoren war aber, dass die zurzeit verfügbaren Tier- und Humanstudien die vorgeschlagenen Mechanismen entweder widerlegen oder die Evidenzlage unzureichend ist, um sie zu bestätigen (Mattes et al., 2009).

5.1.3 Süsstoffe und Körpergewicht

Nur wenige randomisierte kontrollierte Interventionsstudien haben den Einfluss von Süsstoffen auf das Körpergewicht bei Kindern und Jugendlichen untersucht. Diese Studien wurden in einer Übersichtsarbeit (Foreyt et al., 2012) zusammengefasst und werden ergänzend mit neusten Publikationen nach Erscheinung dieser Arbeit in diesem Kapitel vorgestellt.

Mehrere Studien haben analysiert, wie sich der Ersatz von zucker- gesüßten durch süsstoffhaltige Getränke auf die Körpergewichtszunahme bei Kindern und Jugendlichen auswirkt (Ebbeling et al., 2006; de Ruyter et al., 2012; Ebbeling et al., 2012). In der grössten und aussagekräftigsten Studie haben

641 mehrheitlich normalgewichtige Schulkinder über einen Zeitraum von 18 Monaten entweder täglich 250 ml eines zuckerfreien, künstlich gesüssten Getränks oder 250 ml eines zuckergesüssten Getränks (104 kcal) zu sich genommen. Nach 18 Monaten konnte man einen deutlichen Erfolg feststellen: Diejenigen Kinder, welche die künstlich gesüssten Getränke konsumierten, haben signifikant weniger Gewicht und Körperfett zugelegt (de Ruyter et al., 2012). Dieser Befund deckt sich mit den Resultaten einer ebenfalls bedeutenden Studie, welche bei 224 übergewichtigen und adipösen Jugendlichen, die angaben, täglich mindestens ein Süsstgetränk zu konsumieren, durchgeführt wurde. Die Jugendlichen in der Experimentalgruppe wurden animiert, ihren Süsstgetränkekonsum zu reduzieren. Sie erhielten wöchentlich über eine Zeitdauer von einem Jahr kalorienfreie Getränke (Wasser, Light-Getränke) nach Hause geliefert. Die Kontrollgruppe konnte ihren Getränkekonsum wie gehabt fortsetzen. Nach einem Jahr zeigte sich ebenfalls, dass die übergewichtigen Jugendlichen in der Experimentalgruppe weniger Gewicht zugenommen hatten als die Jugendlichen in der Kontrollgruppe (Ebbeling et al., 2012). Leider war der Gewichtsunterschied zwischen den beiden Gruppen bereits ein Jahr nach der Intervention nicht mehr festzustellen. Die Autoren spekulieren, dass dies womöglich damit zu tun hat, dass die Jugendlichen der Experimentalgruppe wieder in ihr altes Konsummuster zurückfielen (Ebbeling et al., 2012). Dieselbe Forschungsgruppe hatte im Jahr 2006 eine identische Pilotstudie über eine kürzere Zeitdauer (25 Wochen) und mit Probanden aller Gewichtsklassen durchgeführt. Nach dieser kurzen Interventionszeit fanden die Forscher, je nach Gewichtsklasse der Jugendlichen, unterschiedliche Resultate: Die stark übergewichtigen Jugendlichen (oberste BMI-Terzile) der Experimentalgruppe (künstlich gesüsste Getränke) konnten ihr Körpergewicht signifikant reduzieren; bei den Normalgewichtigen (unterste BMI-Terzile) konnte kein Gewichtsunterschied zwischen den beiden Gruppen festgestellt werden. Weiter war der Gewichtsverlust bei denjenigen Jugendlichen mit

dem höchsten Süsstgetränkekonsum zu Beginn der Studie am grössten (Ebbeling et al., 2006).

Andere Studien haben untersucht, ob künstlich gesüsste Lebensmittel im Vergleich zu Placebo oder zuckergesüssten Lebensmitteln übergewichtigen Kindern helfen, ihr überschüssiges Körpergewicht zu verlieren (Knopp et al., 1976; Rodearmel et al., 2007; Williams et al., 2007). Die erste Studie, die sich mit dieser Thematik befasste, wurde im Jahr 1976 kurz nach der Bewilligung von Aspartam in den USA durchgeführt. Knopp et al. (1976) verabreichten übergewichtigen Kindern und Jugendlichen, die auf einer Diät (1000 kcal/Tag) waren, entweder 2,7 g Aspartam/Tag¹ oder eine Placebo-Tablette über eine 13-wöchige Studienzeit. Während dieser Zeit verloren beide Gruppen an Gewicht. Die Forscher fanden aber keine signifikanten Gruppenunterschiede. Zum identischen Schluss kam eine Studie, welche den Effekt von zwei unterschiedlichen 1500-kcal-Diäten über 12 Wochen (Süsstgetränke als Snack erlaubt vs. nur künstlich gesüsste Getränke erlaubt) auf Körpergewichtsverluste bei übergewichtigen Mädchen untersuchte (Williams et al., 2007). Die America on the Move Study fand, dass eine kleine Verhaltensänderung über 6 Monate (täglich Ersatz von 100 kcal zuckergesüssten Lebensmitteln durch Sucralose-gesüsste Alternativprodukte in Kombination mit 2000 Schritten zusätzlicher Bewegung pro Tag) übergewichtigen Kindern half, ihr Gewicht zu reduzieren. Aufgrund der dualen Verhaltensintervention kann der Effekt von Sucralose in dieser Studie jedoch nicht isoliert beurteilt werden (Rodearmel et al., 2007).

Zusammenfassend kann gesagt werden, dass die Resultate randomisierter kontrollierter Studien darauf hindeuten, dass Süsststoffe grundsätzlich einen neutralen Einfluss auf das Körpergewicht von Kindern und Jugendlichen haben. Werden künstlich gesüsste Produkte als Ersatz zuckerhaltiger Lebensmittel eingesetzt, können sie den Körpergewichtsverlauf der Kinder (Gewichtszunahme während Wachstum) positiv beeinflussen. Dies konnte v. a. bei Übergewichtigen und bei Jugendlichen mit einem hohen Süsstgetränkekonsum beobachtet werden (Foreyt et al., 2012).

¹ 2,7 g Aspartam entspricht der Menge von Aspartam beim Konsum von 15 künstlich gesüssten Limonaden (335 ml) sowie dem ADI eines 70 kg schweren Erwachsenen (Foreyt et al., 2012)

5.2 Einfluss von Süsstoffen auf metabolische Risikofaktoren

Unter dem metabolischen Syndrom wird eine Bündelung von Risikofaktoren verstanden. Zu den Risikofaktoren gehören, neben dem Hauptkriterium der abdominalen Adipositas, eine Dyslipidämie (Fettstoffwechselstörung), eine Glukoseintoleranz oder eine Hypertonie (erhöhter Blutdruck).

Patienten mit dem metabolischen Syndrom besitzen ein dreifach höheres Risiko als Gesunde, eine kardiovaskuläre Krankheit zu entwickeln, sowie ein fünffach erhöhtes Risiko, an Diabetes Typ 2 zu erkranken (Alberti et al., 2006; Zimmet et al., 2007). Das metabolische Syndrom wurde lange Zeit als eine Erwachsenenkrankheit angesehen. In den letzten Jahren wird es jedoch zunehmend auch bei Kindern und Jugendlichen diagnostiziert. Eine Metaanalyse schätzte, dass weltweit 10% der Kinder am metabolischen Syndrom erkrankt sind, wobei die Häufigkeit stark vom Gewicht der Kinder abhängig ist. So vermutet man, dass 2% der normalgewichtigen und bis zu 32% der adipösen Kinder und Jugendlichen diese metabolischen Risikofaktoren exprimieren (Tailor et al., 2010).

5.2.1 Metabolische Risikofaktoren

Nur gerade drei randomisierte kontrollierte Interventionsstudien wurden identifiziert, die den Effekt von Süsstoffen auf metabolische Risikofaktoren bei Kindern und Erwachsenen analysiert haben. Diese Studien fanden, dass Süsstoffe (im Vergleich zu zuckergesüßten Getränken) keine vorteilhaften, aber auch (im Vergleich zu Wasser oder Placebo) keine negativen metabolischen Auswirkungen haben. Die oben beschriebene Studie von Knopp et al. (1976) konnte keine signifikanten Unterschiede im Blutdruck, in der Blutglukosekonzentration oder im Lipidprofil nach einer 13-wöchigen Intervention mit hochdosierten Aspartamtabletten (vs. Placebo) nachweisen. Eine ebenfalls bereits oben erwähnte Studie fand keine bedeutenden Unterschiede zwischen dem Konsum von Süsstoffen und künstlich gesüßten Getränken bezüglich des Blutdrucks, des Lipidprofils wie auch des Bauchumfangs über eine 12-wöchige Studienzeit (Williams et al., 2007). Bei übergewichtigen Erwachsenen führte der Ersatz

von zuckergesüßten Getränken durch künstlich gesüßte Getränke über eine Interventionszeit von 6 Monaten zu keinen signifikanten metabolischen Verbesserungen. Wurden die Süsstoffgetränke während 6 Monaten aber durch Wasser ersetzt, so führte dies zu einer Senkung der Blutglukosekonzentration der übergewichtigen Probanden (Tate et al., 2012).

Im Vergleich zu den neutralen Befunden der Interventionsstudien kam die Mehrheit der Langzeitbeobachtungsstudien bei Erwachsenen zum Schluss, dass der Konsum von süsstoffhaltigen Getränken über Jahre mit einem erhöhten Risiko assoziiert ist, das metabolische Syndrom, Diabetes Typ 2 und kardiovaskuläre Krankheiten zu entwickeln. Die Autorin einer kürzlich erschienenen Übersichtsarbeit betont zudem, dass der Konsum von Süsstoffen in keiner dieser Langzeitstudien das Risiko für diese metabolischen Krankheiten signifikant reduzieren konnte (Swithers, 2013). Es wurde vorgeschlagen, dass der Zusammenhang zwischen erhöhtem Süsstoffkonsum und einer negativen gesundheitlichen Auswirkung eine umgekehrte Kausalität widerspiegeln könnte. Dass also Leute mit einem höheren BMI oder mit einer Prädisposition zur Gewichtszunahme eher Süsstoffe konsumieren und man deshalb unter Süsstoffkonsumenten vermehrt metabolische Krankheiten beobachtet (Mattes et al., 2009; Gardner et al., 2012). Die Autorin der Übersichtsarbeit bestätigt, dass regelmässige Süsstoffkonsumenten tendenziell einen höheren BMI aufweisen als Nicht-Konsumenten. Mehrere Studien hätten aber das Körpergewicht der Probanden in der statistischen Auswertung berücksichtigt und trotzdem ein erhöhtes Risiko für metabolische Krankheiten gefunden (Swithers, 2013). Dennoch sollten diese Langzeitbeobachtungsstudien mit Vorsicht interpretiert werden, so ein Statement der American Heart Association und der American Diabetes Association (Gardner et al., 2012). Weitere gut kontrollierte Interventionsstudien sind dringend nötig, um den Langzeiteffekt von Süsstoffen auf metabolische Risikofaktoren zu untersuchen (Gardner et al., 2012).

Darmhormone und Glukosemetabolismus

Ob Süsstoffe nach ihrer Einnahme eine kurzfristige Auswirkung auf den Blutzuckerspiegel sowie die Insulinkonzentration haben, ist seit längerer Zeit

umstritten. Die Entdeckung von süßen Geschmacksrezeptoren im Magen-Darm-Trakt hat diese Kontroverse in den letzten Jahren erneut angeregt. *In-vitro*-Studien und Tierexperimente lieferten Evidenz dafür, dass künstliche Süsstoffe an diese süßen Geschmacksrezeptoren binden können und dadurch die Sekretion von Glucagon-like peptide-1 (GLP-1, Darmhormon) stimulieren. GLP-1 fördert die Insulinausschüttung und senkt somit den Blutzuckerspiegel. In Humanstudien konnte dieser Effekt jedoch nicht nachgewiesen werden (Sylvetsky et al., 2011).

Möglich ist aber, dass Süsstoffe, wenn sie in Kombination mit kalorienhaltigen Lebensmitteln eingenommen werden, eine solche Auswirkung haben (Sylvetsky et al., 2011). So fanden Brown et al. (2009), dass der Konsum eines mit Sucralose und Acesulfam K gesüßten Getränks (vs. zuckergesüßtes Getränk) kurz vor einer zuckerhaltigen Mahlzeit die GLP-1-Sekretion bei gesunden Jugendlichen erhöhte. Dies hatte aber keinen Einfluss auf die Insulin- und Glukosekonzentrationen der Jugendlichen. Dieselbe Studie wurde bei Kindern und Jugendlichen, die entweder gesund (Kontrollgruppe) oder an Diabetes Typ 1 oder Typ 2 erkrankt waren, wiederholt. Die Forscher stellten fest, dass der Konsum des künstlich gesüßten Getränks vor der zuckerhaltigen Mahlzeit die GLP-1-Sekretion bei gesunden wie auch bei Kindern mit Diabetes Typ 1 erhöhte. Bei Kindern mit Diabetes Typ 2 blieb die GLP-1-Konzentration hingegen unverändert (Brown et al., 2012). Ob diese Befunde von klinischer Relevanz sind, ist zurzeit noch unklar. Weitere Humanstudien sind notwendig, um eine solide wissenschaftliche Aussage über den Effekt von Süsstoffen auf Darmhormone und den Glukosemetabolismus zu treffen (Brown et al., 2012).

5.3 Einfluss von Süsstoffen auf Verhalten

Das folgende Kapitel befasst sich mit möglichen Auswirkungen von Süsstoffen auf das Verhalten von Kindern und Jugendlichen: Sucht- und Belohnungsverhalten, Geschmackspräferenz, Aufmerksamkeit, Kognition und Aggressivität.

5.3.1 Suchtverhalten und Geschmackspräferenz

Einige Studien wiesen darauf hin, dass beim Konsum von Zucker Opioiden, Endorphinen und Dopamin im Hirn ausgeschüttet werden. Ähnlich wie dies bei suchterzeugenden Substanzen der Fall ist (Rada et al., 2005). Obwohl sich nicht alle Studien einig sind, wiesen vereinzelte Tierexperimente und Versuche am Menschen nach, dass Süsstoffe diese Botenstoffe im Hirn ebenfalls freisetzen und somit das Belohnungssystem aktivieren (Sylvetsky et al., 2011). Süsstoffe scheinen das Belohnungssystem aber weniger stark anzuregen als Zucker, so die Resultate einer funktionellen Magnetresonanztomographiestudie mit erwachsenen Probanden (Smeets et al., 2011). Deshalb vermutet man, dass primär die Kaloriendichte und nicht der süße Geschmack per se das Belohnungs- und Suchtverhalten steuert (Smeets et al., 2011).

Eine weitere Vermutung ist, dass Süsstoffe aufgrund ihres intensiven Süßgeschmacks die Geschmacksprägung beeinflussen und somit die Präferenz für süße Lebensmittel fördern. Bei Kindern wurde dies bis jetzt noch nicht direkt nachgewiesen. Resultate von Tierstudien, bei welchen die Süsstoffaufnahme genauestens kontrolliert und manipuliert werden kann, deuten aber darauf hin: Die Einnahme von Acesulfam K während der Schwangerschaft und der Stillzeit der Mutter sowie die Fütterung von Acesulfam K kurz nach der Geburt erhöhten die lebenslange Präferenz für Süßes bei ihrem Nachwuchs (Zhang et al., 2011; Chen et al., 2013). Die Datenlage von Humanstudien ist aber unzureichend, um eine konklusive Aussage machen zu können.

Möglich ist indes, dass der Konsum künstlich gesüßter Lebensmittel dazu führt, den süßen Geschmack mit einer reduzierten Kaloriendichte zu assoziieren. So nahmen Kinder, die sich an den Konsum eines mit Aspartam gesüßten Puddings gewöhnt hatten, mehr Kalorien (ca. 50 kcal) zu sich, wenn ihnen plötzlich ein energiereicher Pudding präsentiert wurde (siehe Kapitel 5.1.2 für Details) (Birch et al., 1985). Eine ähnliche Studie bei Erwachsenen bestätigt diese Beobachtung (Zandstra et al., 2002).

5.3.2 Aufmerksamkeit und kognitive Leistungsfähigkeit

Die Zahl der gut durchgeführten Studien, die den Einfluss von Süsstoffen auf die Aufmerksamkeit und die kognitive Leistungsfähigkeit untersucht haben, ist limitiert und beschränkt sich auf den Süsstoff Aspartam. Eine dreiwöchige mit Aspartam angereicherte Diät (38 mg Aspartam/kg Körpergewicht pro Tag) führte zu keiner Veränderung im Verhalten oder der kognitiven Leistungsfähigkeit von Kindern, die nach Angaben der Eltern sensitiv auf Zucker reagieren (Wolraich et al., 1994). Dies bestätigten Shaywitz et al. (1994): In einer Crossover-Studie erhielten Kinder mit einer Aufmerksamkeitsdefizit-/Hyperaktivitätsstörung jeden Morgen eine Tablette mit Aspartam (34 mg/kg Körpergewicht pro Tag) oder Placebo. Die hochdosierte Aspartameinnahme (10-mal höher als die durchschnittlich geschätzte Einnahme) führte dabei zu keiner Verhaltens- oder Kognitionsveränderung (Shaywitz et al., 1994).

5.3.3 Aggression

Lediglich eine Studie hat untersucht, ob Süsstoffe die Aggressivität von Kindern beeinflussen. Die Einnahme von mit Aspartam und Saccharin gesüßten Getränken führte bei Knaben zu keiner signifikanten Änderung des Aggressionsverhaltens (Kruesi et al., 1987).

5.4 Süsstoffe, Kopfschmerzen und Epilepsie

Ob hohe Aspartamdosierungen zu Kopfschmerzen und epileptischen Anfällen führen, wird kontrovers diskutiert. Es bestehen aber zurzeit keine Daten, die diesen Zusammenhang bei Kindern (und Erwachsenen) glaubhaft belegen würden (Spiers et al., 1998; Magnuson et al., 2007).

Es ist aber anzumerken, dass gerade bei Kindern die Zahl der Studien sehr limitiert ist und die aussagekräftigste Studie schon einige Jahre zurückliegt. So untersuchten Shaywitz et al. (1994) in einer randomisierten Placebo-kontrollierten Studie den Einfluss von Aspartam (34 mg/kg Körpergewicht) auf die Häufigkeit von epileptischen Anfällen und elektroencephalographischen Veränderungen. Während der zweiwöchigen Interventionszeit registrierten die

Forscher epileptische Anfälle in der Aspartam- und in der Kontrollgruppe, die Zahl der Anfälle und das Elektroenzephalogramm unterschieden sich aber nicht signifikant.

5.5 Einfluss von Süsstoffen auf Krebsrisiko

Zu den hartnäckigsten Vorwürfen gegenüber Süsstoffen gehört jener, dass sie krebserregend sein könnten. Vor allem wurde die gesundheitliche Unbedenklichkeit von Aspartam angezweifelt. Tierexperimente berichteten von einer Häufung von Lymphomen, Leukämien, malignen Hirntumoren, Lungen- und Leberkrebs in Zusammenhang mit dem Konsum von Aspartam (Soffritti et al., 2006; Soffritti et al., 2007; Soffritti et al., 2010). Aufgrund heftiger Diskussionen hat die EFSA im Zuge einer vorgezogenen Nachbeurteilung die Sicherheitsbewertung von Aspartam neu vorgenommen. Dieses Gutachten wurde im Dezember 2013 veröffentlicht und ist eine der umfassendsten Risikobewertungen zu Aspartam, die je durchgeführt wurde. Die EFSA kam zum Schluss, dass aufgrund der aktuellen Datenlage keine Evidenz besteht, dass Aspartam das Krebsrisiko erhöhen kann, und der Konsum von Aspartam nach wie vor unbedenklich ist – im Speziellen auch für Kinder (EFSA ANS Panel, 2013). Das BLV schließt sich der Beurteilung der EFSA-Experten an. Zudem wird das BLV die Entwicklung sowie weitere Studienergebnisse zur Sicherheit von Aspartam verfolgen und bei Bedarf ihre Bewertung anpassen (Bundesamt für Lebensmittelsicherheit und Veterinärwesen 2014). Auch die Sicherheit von Saccharin und Cyclamat wurde in Frage gestellt. Forscher berichteten in den frühen 70er-Jahren, dass extrem hohe Dosierungen von Saccharin und Cyclamat die Inzidenz von Blasenkrebs bei Ratten erhöhten. Einige epidemiologische Untersuchungen beim Menschen stellen diesen Zusammenhang ebenfalls her. Die Mehrzahl der Studien, darunter die aussagekräftigsten, konnten aber keine Assoziation zwischen Saccharin, Cyclamat, Blasenkrebs und anderen Krebsarten finden (Weirauch et al., 2004; Mortensen, 2006; Gallus et al., 2007).

Bezüglich der neueren Generation von Süsstoffen (Acesulfam K, Sucralose, Neohesperidin, Steviol-

glycoside) gibt es keine Hinweise auf ein erhöhtes Krebsrisiko aus Tierstudien. Die Zulassungszeit ist noch zu kurz, um eine epidemiologische Evidenz für ein allfälliges karzinogenes Risiko zu geben (Weihrauch et al., 2004; Mortensen, 2006).

5.6 Süsstoffe und Zahngesundheit

Der Zucker in Lebensmitteln wird durch die im Mund vorhandenen Bakterien in Säure umgewandelt. Werden diese Zuckerrückstände nicht durch Zähneputzen entfernt, kann die Säure die Oberfläche des Zahnschmelzes angreifen, wodurch Löcher entstehen können. Mehrere Übersichtsarbeiten haben festgehalten, dass Süsstoffe nicht fermentierbar sind, den Zahnschmelz nicht angreifen und keine Karies auslösen. Die wissenschaftlichen Belege stützen sich dabei primär auf Untersuchungen an Ratten (Grenby, 1991; Matsukubo et al., 2006).

Zu bedenken ist jedoch, dass Light- und Zero-Getränke zwar keinen Zucker, aber Säuren enthalten, welche zu Erosionen der Zähne führen können (Tahmassebi et al., 2006; Cheng et al., 2009). Sowohl für Zucker wie auch für Säure gilt, dass das Auftreten und der Schweregrad der Zahnschäden primär von der Frequenz und weniger von der Gesamtmenge der Einnahme abhängen (Schneider, 2011).

5.7 Phenylketonurie

Phenylketonurie (PKU) ist eine der häufigsten angeborenen Stoffwechselstörungen. Sie wird mit einer Inzidenz von rund 1 in 7000 Neugeborenen vererbt. Patienten mit einer PKU fehlt ein Enzym im Aminosäurestoffwechsel, welches Phenylalanin in die Aminosäure Tyrosin umwandelt. Phenylalanin ist eine essenzielle Aminosäure und muss mit der Nahrung aufgenommen werden. Unter anderem ist Phenylalanin Bestandteil von Aspartam (siehe Kapitel 2 für Details). Da PKU-Patienten Phenylalanin nicht abbauen können, führt die Aufnahme dieser Aminosäure zu einer Anreicherung im Blut, was unbehandelt zu einer schweren mentalen Entwicklungsstörung führen kann. Wird die Krankheit frühzeitig erkannt und behandelt, kann eine normale geistige

Entwicklung gewährleistet werden. Betroffene müssen aber die Aufnahme von Phenylalanin über die Nahrung ein Leben lang streng kontrollieren und regulieren, damit die Plasmakonzentration im angestrebten therapeutischen Bereich bleibt (Muntau et al., 2000). Zum Nutzen von PKU-Patienten müssen Lebensmittel in der Schweiz, die Aspartam oder Aspartam-Acesulfam-Salz enthalten, den Hinweis «enthält eine Phenylalaninquelle» auf der Etiketle tragen (LKV; 817.022.21).

6 Schlussfolgerungen

Die Tatsache, dass der Ersatz von Zucker durch nicht kalorische Süsstoffe die Energiedichte von Lebensmitteln reduziert, ist unbestritten. Besonders bei Getränken können durch den Einsatz von Süsstoffen beträchtliche Kalorienersparnisse erzielt werden.

Die Datenlage zum Einfluss von Süsstoffen auf den Appetit, die Nahrungsaufnahme und auf das Körpergewicht von Kindern und Jugendlichen ist relativ umfangreich. Im Jahr 2014 gibt es keine Evidenz dafür, dass Süsstoffe den Appetit von Kindern anregen oder langfristig zu einer Gewichtszunahme führen. Es ist aber auch nicht so, dass der Konsum von künstlich gesüßten, energiereduzierten Lebensmitteln dazu führt, dass Kinder und Jugendliche während einer Mahlzeit weniger Kalorien zu sich nehmen. Kinder kompensieren die «eingesparten Kalorien» noch während der Mahlzeit. Zudem helfen künstlich gesüßte Lebensmittel auch nicht dabei, langfristig überschüssiges Körpergewicht zu verlieren. Werden künstlich gesüßte Produkte aber gezielt als Ersatz von zuckerhaltigen Lebensmitteln konsumiert, können sie die natürliche Körpergewichtszunahme von Kindern während des Wachstums positiv beeinflussen. Übergewichtige Kinder und Jugendliche mit einem hohen Süßgetränkekonsum profitieren von einem gezielten Ersatz von zuckerhaltigen Lebensmitteln durch künstlich gesüßte, energiereduzierte Alternativprodukte.

Für alle anderen besprochenen gesundheitlichen Auswirkungen ist die Evidenzlage bei Kindern und Jugendlichen im Moment unzureichend, um eine konklusive Aussage machen zu können. Die Zahl gut durchgeführter Studien beschränkt sich auf ein Minimum. Viele Studien liegen schon einige Jahre zurück, sind von relativ kurzer Interventionsdauer und haben nur wenige Kinder und/oder Jugendliche eingeschlossen. Weitere Longitudinal- und Interventionsstudien sind deshalb dringend notwendig: Im Speziellen in Bezug auf metabolische Risikofaktoren, verschiedene Verhaltensweisen und das Risiko, an Krebs zu erkranken.

Anhand der momentanen Datenlage können jedoch folgende Tendenzen festgestellt werden: Süsstoffe scheinen keinen negativen Einfluss auf die Aufmerksamkeit, die kognitive Leistungsfähigkeit, die Aggressivität, Kopfschmerzen und Epilepsie bei Kindern und Jugendlichen zu haben. Auch bezüglich der metabolischen Risikofaktoren (Bauchumfang, Bluthochdruck, Blutglukosekonzentration, Lipidprofil) und des Süsstoffkonsums von Kindern scheint es keine negativen Assoziationen zu geben. Möglich ist aber, dass Kinder, die regelmässig künstlich gesüßte Lebensmittel konsumieren, den süßen Geschmack mit einer reduzierten Kaloriendichte verbinden. Wird diesen Kindern ein nicht energiereduziertes Produkt serviert, nehmen sie mehr Kalorien auf als erwartet. Zudem gibt es Hinweise von Tierstudien, dass Süsstoffe aufgrund ihres intensiven Süßgeschmacks die Geschmacksprägung auf «süß» fördern, von der man im späteren Leben kaum noch wekommt.

Anhand umfassender Risikobewertungen der ESFA und der JECFA besteht keine Evidenz, dass Süsstoffe krebserregend sind. Ein Konsum von Süsstoffen unterhalb der jeweiligen ADI-Werte ist laut ESFA- und JECFA-Experten und dem BLV unbedenklich und führt zu keinen gesundheitsschädigenden Wirkungen bei gesunden Menschen.

Kinder mit einer PKU können die Aminosäure Phenylalanin, ein Bestandteil von Aspartam, nicht richtig in ihrem Körper abbauen. Sie sollten deshalb aspartamhaltige Lebensmittel unbedingt meiden.

Süsstoffe sind prinzipiell zahnfreundlich. Zu bedenken ist aber, dass Light- und Zero-Getränke – analog zu den gezuckerten Getränken – Säuren enthalten, welche zu Erosionen der Zähne führen können. Zahnerosionen ihrerseits erhöhen das Risiko für Karies.

7 Empfehlungen

Grundsätzlich gibt es aus heutiger Sicht keine Anhaltspunkte, dass Süsstoffe – sofern sie unter den jeweiligen ADI-Werten konsumiert werden – gesundheitlich bedenklich sind.

Die Autorin und die wissenschaftliche Begleitgruppe, bestehend aus Vertretern von Gesundheitsförderung Schweiz, der Schweizerischen Gesellschaft für Ernährung SGE, des Bundesamts für Gesundheit, des Schweizerischen Verbandes dipl. Ernährungsberater/innen HF/FH und der Berner Fachhochschule sind sich aber einig: Das gesundheitliche Risikopotenzial von Süsstoffen bei Kindern und Jugendlichen kann zurzeit nicht abschliessend abgeschätzt werden. Die wissenschaftliche Evidenzlage ist dafür unzureichend. Im Rahmen einer ausgewogenen Ernährung wird ein **massvoller und bewusster Umgang** mit süsstoffhaltigen Lebensmitteln empfohlen. **Idealerweise sollte in der Kinderernährung auf den Konsum von künstlich gesüssten, energie-reduzierten Produkten möglichst verzichtet werden.** Dies, um eine allfällige Präferenz für süsse Lebensmittel nicht zu fördern sowie zu verhindern, dass Kinder gesüsste Lebensmittel mit einer reduzierten Kaloriendichte assoziieren. Künstlich gesüsste Getränke werden – genauso wie Süssigkeiten und salzige Snacks – der obersten Stufe der Schweizer Lebensmittelpyramide (siehe Abbildung 4) zugeordnet und sollten nur in kleinen Mengen genossen werden.

Abbildung 4: Schweizer Lebensmittelpyramide



Als geeignete Getränke werden Wasser und ungesüsste Tees empfohlen (gemäss Schweizer Lebensmittelpyramide).

In speziellen Fällen, wie zum Beispiel bei übergewichtigen Kindern mit einem hohen Süssgetränkekonsum, kann ein gezielter Ersatz von Süssgetränken durch Light- oder Zero-Getränke einer weiteren Gewichtszunahme entgegenwirken. Es können so unnötige Kalorien eingespart werden.

Wichtig: Kinder mit PKU sollten aspartamhaltige Lebensmittel unbedingt meiden.

8 Quellenangaben

- Alberti, K. G., Zimmet, P. & Shaw, J. (2006). Metabolic syndrome – a new world-wide definition. A Consensus Statement from the International Diabetes Federation. *Diabet Med* 23(5): 469-480.
- American Dietetic Association (2004). Position of the American Dietetic Association: use of nutritive and nonnutritive sweeteners. *J Am Diet Assoc* 104(2): 255-275.
- Anderson, G. H., Saravis, S., Schacher, R., Zlotkin, S. & Leiter, L. A. (1989). Aspartame: effect on lunch-time food intake, appetite and hedonic response in children. *Appetite* 13(2): 93-103.
- Bellisle, F. & Drewnowski, A. (2007). Intense sweeteners, energy intake and the control of body weight. *Eur J Clin Nutr* 61(6): 691-700.
- Bellissimo, N., Pencharz, P. B., Thomas, S. G. & Anderson, G. H. (2007). Effect of television viewing at mealtime on food intake after a glucose preload in boys. *Pediatr Res* 61(6): 745-749.
- Bellissimo, N., Thomas, S. G., Goode, R. C. & Anderson, G. H. (2007). Effect of short-duration physical activity and ventilation threshold on subjective appetite and short-term energy intake in boys. *Appetite* 49(3): 644-651.
- Birch, L. L. & Deysher, M. (1985). Conditioned and unconditioned caloric compensation – Evidence for self-regulation of food intake in young children. *Learning and Motivation* 16(3): 341-355.
- Birch, L. L. & Deysher, M. (1986). Caloric compensation and sensory specific satiety: evidence for self regulation of food intake by young children. *Appetite* 7(4): 323-331.
- Birch, L. L., McPhee, L. & Sullivan, S. (1989). Children's food intake following drinks sweetened with sucrose or aspartame: time course effects. *Physiol Behav* 45(2): 387-395.
- Brown, R. J., de Banate, M. A. & Rother, K. I. (2010). Artificial sweeteners: a systematic review of metabolic effects in youth. *Int J Pediatr Obes* 5(4): 305-312.
- Brown, R. J. & Rother, K. I. (2012). Non-nutritive sweeteners and their role in the gastrointestinal tract. *J Clin Endocrinol Metab* 97(8): 2597-2605.
- Brown, R. J., Walter, M. & Rother, K. I. (2009). Ingestion of diet soda before a glucose load augments glucagon-like peptide-1 secretion. *Diabetes Care* 32(12): 2184-2186.
- Brown, R. J., Walter, M. & Rother, K. I. (2012). Effects of diet soda on gut hormones in youths with diabetes. *Diabetes Care* 35(5): 959-964.
- Bundesamt für Gesundheit (2013). Fragen und Antworten zu Stevia und Steviolglykosiden. http://www.bag.admin.ch/faq/index.html?lang=de&themen_id=2&subthemen_id=56. Zugriff: 23.12.2013.

Bundesamt für Lebensmittelsicherheit und Veterinärwesen (2014). Aspartam – Sicherheit von Aspartam. <http://www.blv.admin.ch/themen/04678/04711/04714/index.html?lang=de>. Zugriff: 24.01.2014.

Bundesamt für Lebensmittelsicherheit und Veterinärwesen (2014). Stevia rebaudiana – Süsskraut. <http://www.blv.admin.ch/themen/04678/04711/04738/index.html?lang=de>. Zugriff: 27.01.2014.

Bundesamt für Lebensmittelsicherheit und Veterinärwesen (2014). Zusatzstoffe. <http://www.blv.admin.ch/themen/04678/04711/04741/index.html?lang=de>. Zugriff: 27.01.2014.

Chen, M. L., Liu, S. S., Zhang, G. H., Quan, Y., Zhan, Y. H., Gu, T. Y., Qin, Y. M. & Deng, S. P. (2013). Effects of early intraoral acesulfame-K stimulation to mice on the adult's sweet preference and the expression of alpha-gustducin in fungiform papilla. *Chem Senses* 38(5): 447-455.

Cheng, R., Yang, H., Shao, M. Y., Hu, T. & Zhou, X. D. (2009). Dental erosion and severe tooth decay related to soft drinks: a case report and literature review. *J Zhejiang Univ Sci B* 10(5): 395-399.

Coca-Cola Schweiz (2012). Süsstoffe: Was sind sie, und was ist ihr Nutzen?

de Ruyter, J. C., Olthof, M. R., Seidell, J. C. & Katan, M. B. (2012). A trial of sugar-free or sugar-sweetened beverages and body weight in children. *N Engl J Med* 367(15): 1397-1406.

Duffy, V. B. & Anderson, G. H. (1998). Position of the American Dietetic Association: use of nutritive and nonnutritive sweeteners. *J Am Diet Assoc* 98(5): 580-587.

Ebbeling, C. B., Feldman, H. A., Chomitz, V. R., Antonelli, T. A., Gortmaker, S. L., Osganian, S. K. & Ludwig, D. S. (2012). A randomized trial of sugar-sweetened beverages and adolescent body weight. *N Engl J Med* 367(15): 1407-1416.

Ebbeling, C. B., Feldman, H. A., Osganian, S. K., Chomitz, V. R., Ellenbogen, S. J. & Ludwig, D. S. (2006). Effects of decreasing sugar-sweetened beverage consumption on body weight in adolescents: a randomized, controlled pilot study. *Pediatrics* 117(3): 673-680.

EFSA ANS Panel (2013). Scientific Opinion on the re-evaluation of aspartame (E 951) as a food additive. *EFSA Journal* 11(12): 263 pp.

Eidgenössische Ernährungskommission (2009). Kohlenhydrate in der Ernährung: Stellungnahme und Empfehlung der Eidgenössischen Ernährungskommission (EEK) 2009. Zürich, Bundesamt für Gesundheit, Abteilung Lebensmittelsicherheit, Sektion Ernährungs- und toxikologische Risiken.

Foreyt, J., Kleinman, R., Brown, R. J. & Lindstrom, R. (2012). The use of low-calorie sweeteners by children: implications for weight management. *J Nutr* 142(6): 1155S-1162S.

Gallus, S., Scotti, L., Negri, E., Talamini, R., Franceschi, S., Montella, M., Giacosa, A., Dal Maso, L. & La Vecchia, C. (2007). Artificial sweeteners and cancer risk in a network of case-control studies. *Ann Oncol* 18(1): 40-44.

- Gardner, C., Wylie-Rosett, J., Gidding, S. S., Steffen, L. M., Johnson, R. K., Reader, D. & Lichtenstein, A. H. (2012). Nonnutritive sweeteners: current use and health perspectives: a scientific statement from the American Heart Association and the American Diabetes Association. *Circulation* 126(4): 509-519.
- Grenby, T. H. (1991). Update on low-calorie sweeteners to benefit dental health. *Int Dent J* 41(4): 217-224.
- Johnson, S. L. & Taylor-Holloway, L. A. (2006). Non-Hispanic white and Hispanic elementary school children's self-regulation of energy intake. *Am J Clin Nutr* 83(6): 1276-1282.
- Knopp, R. H., Brandt, K. & Arky, R. A. (1976). Effects of aspartame in young persons during weight reduction. *J Toxicol Environ Health* 2(2): 417-428.
- Kohler, S., Kleiser, C., Richter, A., Stahl, A., Vohmann, C., Heseke, H. & Mensink, G. B. (2007). Trinkverhalten von Jugendlichen in Deutschland: Ergebnisse aus EsKiMo. Springer Gesundheits- und Pharmazieverlag 1(10): 444-450.
- Kruesi, M. J., Rapoport, J. L., Cummings, E. M., Berg, C. J., Ismond, D. R., Flament, M., Yarrow, M. & Zahn-Waxler, C. (1987). Effects of sugar and aspartame on aggression and activity in children. *Am J Psychiatry* 144(11): 1487-1490.
- Ledergerber, M. & Steffen, T. (2011). [Prevalence of overweight and obesity in children and adolescents from 1977 to 2009 – examination of the school medical data of more than 94,000 school-age children in the city of Basel (Switzerland)]. *Gesundheitswesen* 73(1): 46-53.
- Magnuson, B. A., Burdock, G. A., Doull, J., Kroes, R. M., Marsh, G. M., Pariza, M. W., Spencer, P. S., Waddell, W. J., Walker, R., et al. (2007). Aspartame: a safety evaluation based on current use levels, regulations, and toxicological and epidemiological studies. *Crit Rev Toxicol* 37(8): 629-727.
- Malik, V. S., Pan, A., Willett, W. C. & Hu, F. B. (2013). Sugar-sweetened beverages and weight gain in children and adults: a systematic review and meta-analysis. *Am J Clin Nutr* 98(4): 1084-1102.
- Matsukubo, T. & Takazoe, I. (2006). Sucrose substitutes and their role in caries prevention. *Int Dent J* 56(3): 119-130.
- Mattes, R. D. & Popkin, B. M. (2009). Nonnutritive sweetener consumption in humans: effects on appetite and food intake and their putative mechanisms. *Am J Clin Nutr* 89(1): 1-14.
- Matzke, A. (2013). Entwicklung des Konsums von Süssgetränken, Trinkwasser und Mineralwasser in den letzten 20 Jahren bei Kindern und Jugendlichen in der Schweiz und in ausgewählten Ländern Europas. Süssgetränke und Körpergewicht bei Kindern und Jugendlichen. Gesundheitsförderung Schweiz, Bern und Lausanne.
- Mortensen, A. (2006). Sweeteners permitted in the European Union: safety aspects. *Scandinavian Journal of Food and Nutrition* 50(3): 104-116.
- Muntau, A. C., Beblo, S. & Koletzko, B. (2000). Phenylketonurie und Hyperphenylalaninämie. *Monatsschrift Kinderheilkunde* 148: 179-193.

- Murer, S. B., Saarsalu, S., Zimmermann, M. B. & Aeberli, I. (2013). Pediatric adiposity stabilized in Switzerland between 1999 and 2012. *Eur J Nutr.*
- Popkin, B. M. & Nielsen, S. J. (2003). The sweetening of the world's diet. *Obes Res* 11(11): 1325-1332.
- Rada, P., Avena, N. M. & Hoebel, B. G. (2005). Daily bingeing on sugar repeatedly releases dopamine in the accumbens shell. *Neuroscience* 134(3): 737-744.
- Renwick, A. G. (2006). The intake of intense sweeteners – an update review. *Food Addit Contam* 23(4): 327-338.
- Rodearmel, S. J., Wyatt, H. R., Stroebele, N., Smith, S. M., Ogden, L. G. & Hill, J. O. (2007). Small changes in dietary sugar and physical activity as an approach to preventing excessive weight gain: the America on the Move family study. *Pediatrics* 120(4): e869-879.
- Schneider, J. (2011). Süssgetränke versus Wasser. Grundlagen zum Süssgetränke- und Wasserkonsum. Bern und Lausanne, Gesundheitsförderung Schweiz.
- Schneider, J. (Hg.) (2013). Süssgetränke und Körpergewicht bei Kindern und Jugendlichen. Stand der Forschung und Empfehlungen. Gesundheitsförderung Schweiz Bericht 3, Bern und Lausanne.
- Shaywitz, B. A., Anderson, G. M., Novotny, E. J., Ebersole, J. S., Sullivan, C. M. & Gillespie, S. M. (1994). Aspartame has no effect on seizures or epileptiform discharges in epileptic children. *Ann Neurol* 35(1): 98-103.
- Shaywitz, B. A., Sullivan, C. M., Anderson, G. M., Gillespie, S. M., Sullivan, B. & Shaywitz, S. E. (1994). Aspartame, behavior, and cognitive function in children with attention deficit disorder. *Pediatrics* 93(1): 70-75.
- Smeets, P. A., Weijzen, P., de Graaf, C. & Viergever, M. A. (2011). Consumption of caloric and non-caloric versions of a soft drink differentially affects brain activation during tasting. *Neuroimage* 54(2): 1367-1374.
- Soffritti, M., Belpoggi, F., Degli Esposti, D., Lambertini, L., Tibaldi, E. & Rigano, A. (2006). First experimental demonstration of the multipotential carcinogenic effects of aspartame administered in the feed to Sprague-Dawley rats. *Environ Health Perspect* 114(3): 379-385.
- Soffritti, M., Belpoggi, F., Manservigi, M., Tibaldi, E., Lauriola, M., Falcioni, L. & Bua, L. (2010). Aspartame administered in feed, beginning prenatally through life span, induces cancers of the liver and lung in male Swiss mice. *Am J Ind Med* 53(12): 1197-1206.
- Soffritti, M., Belpoggi, F., Tibaldi, E., Esposti, D. D. & Lauriola, M. (2007). Life-span exposure to low doses of aspartame beginning during prenatal life increases cancer effects in rats. *Environ Health Perspect* 115(9): 1293-1297.
- Spiers, P. A., Sabounjian, L., Reiner, A., Myers, D. K., Wurtman, J. & Schomer, D. L. (1998). Aspartame: neuropsychologic and neurophysiologic evaluation of acute and chronic effects. *Am J Clin Nutr* 68(3): 531-537.

Swithers, S. E. (2013). Artificial sweeteners produce the counterintuitive effect of inducing metabolic derangements. *Trends Endocrinol Metab* 24(9): 431-441.

Sylvetsky, A., Rother, K. I. & Brown, R. (2011). Artificial sweetener use among children: epidemiology, recommendations, metabolic outcomes, and future directions. *Pediatr Clin North Am* 58(6): 1467-1480, xi.

Sylvetsky, A. C., Welsh, J. A., Brown, R. J. & Vos, M. B. (2012). Low-calorie sweetener consumption is increasing in the United States. *Am J Clin Nutr* 96(3): 640-646.

Tahmassebi, J. F., Duggal, M. S., Malik-Kotru, G. & Curzon, M. E. (2006). Soft drinks and dental health: a review of the current literature. *J Dent* 34(1): 2-11.

Taylor, A. M., Peeters, P. H., Norat, T., Vineis, P. & Romaguera, D. (2010). An update on the prevalence of the metabolic syndrome in children and adolescents. *Int J Pediatr Obes* 5(3): 202-213.

Tate, D. F., Turner-McGrievy, G., Lyons, E., Stevens, J., Erickson, K., Polzien, K., Diamond, M., Wang, X. & Popkin, B. (2012). Replacing caloric beverages with water or diet beverages for weight loss in adults: main results of the Choose Healthy Options Consciously Everyday (CHOICE) randomized clinical trial. *Am J Clin Nutr* 95(3): 555-563.

Wang, Y. & Lobstein, T. (2006). Worldwide trends in childhood overweight and obesity. *Int J Pediatr Obes* 1(1): 11-25.

Weihrauch, M. R. & Diehl, V. (2004). Artificial sweeteners – do they bear a carcinogenic risk? *Ann Oncol* 15(10): 1460-1465.

Williams, C. L., Strobino, B. A. & Brotanek, J. (2007). Weight control among obese adolescents: a pilot study. *Int J Food Sci Nutr* 58(3): 217-230.

Wolraich, M. L., Lindgren, S. D., Stumbo, P. J., Stegink, L. D., Appelbaum, M. I. & Kiritsy, M. C. (1994). Effects of diets high in sucrose or aspartame on the behavior and cognitive performance of children. *N Engl J Med* 330(5): 301-307.

Zandstra, E. H., Stubenitsky, K., De Graaf, C. & Mela, D. J. (2002). Effects of learned flavour cues on short-term regulation of food intake in a realistic setting. *Physiol Behav* 75(1-2): 83-90.

Zhang, G. H., Chen, M. L., Liu, S. S., Zhan, Y. H., Quan, Y., Qin, Y. M. & Deng, S. P. (2011). Effects of mother's dietary exposure to acesulfame-K in pregnancy or lactation on the adult offspring's sweet preference. *Chem Senses* 36(9): 763-770.

Zimmet, P., Alberti, K. G., Kaufman, F., Tajima, N., Silink, M., Arslanian, S., Wong, G., Bennett, P., Shaw, J., et al. (2007). The metabolic syndrome in children and adolescents – an IDF consensus report. *Pediatr Diabetes* 8(5): 299-306.

Dufourstrasse 30, Postfach 311, CH-3000 Bern 6
Tel. +41 31 350 04 04, Fax +41 31 368 17 00
office.bern@promotionsante.ch

Avenue de la Gare 52, CH-1003 Lausanne
Tél. +41 21 345 15 15, fax +41 21 345 15 45
office.lausanne@promotionsante.ch

www.gesundheitsfoerderung.ch
www.promotionsante.ch
www.promozionesalute.ch