

# Ernährung

Januar 2013

WISSENSCHAFTLICHER PRESSEDIENST - HERAUSGEBER: PROF. DR. R. MATISSEK  
LEBENSMITTELCHEMISCHES INSTITUT DER DEUTSCHEN SÜSSWARENINDUSTRIE, KÖLN

HEUTE

## „Generation S“

Die sitzende Lebensweise hat erheblichen Einfluss auf die Entstehung des kindlichen Übergewichts

Prof. Dr. Gerhard Huber, Institut für Sport und Sportwissenschaft  
der Universität Heidelberg

Seiten 1–9

## Kochsalzreduktion in verarbeiteten Lebensmitteln: sensorische und technologische Herausforderungen

Tabea Pflaum und Prof. Dr. Peter Köhler,  
Deutsche Forschungsanstalt für Lebensmittelchemie, Freising

Seiten 10–19

### REDAKTION UND RÜCKFRAGEN

:RELATIONS GESELLSCHAFT FÜR KOMMUNIKATION MBH

MÖRFELDER LANDSTR. 72 · 60598 FRANKFURT/M. · TEL.: (069) 963652-0 · FAX: (069) 963652-15 · E-MAIL: WPD@RELATIONS.DE

## „Generation S“

Die sitzende Lebensweise hat erheblichen Einfluss auf die Entstehung des kindlichen Übergewichts

### Zusammenfassung

Der Anteil an übergewichtigen und adipösen Kindern in Deutschland ist nach wie vor sehr hoch. Dafür ist eine ganze Reihe von Einflussfaktoren verantwortlich – der letztendlich das Übergewicht auslösende Mechanismus aber ist das Ungleichgewicht von Kalorienaufnahme und Kalorienverbrauch. Sehr lange und relativ einseitig wurde die Kalorienaufnahme für diese Imbalance verantwortlich gemacht. Es finden sich aber keine belastbaren Daten, die dies rechtfertigen. Im Gegensatz dazu gibt es aber viele Belege für den Rückgang der körperlichen Aktivität – besonders bei Kindern und Jugendlichen. Eine bedeutende Rolle spielt dabei die Verdrängung aktiver Zeit durch Sitzzeit. Dies hat erhebliche Auswirkungen auf die Gesundheit und auf die Energiebilanz. Verschärft wird die Situation durch den Anstieg der Zeit, die vor TV- und Computerbildschirmen zugebracht wird. Der sitzende Lebensstil stellt einen wichtigen Ansatzpunkt dar, wenn es darum geht, den Anteil der übergewichtigen und adipösen Kinder zu reduzieren.

**Prof. Dr. Gerhard Huber, Institut für Sport und Sportwissenschaft der Universität Heidelberg**

### Ausgangssituation und Rahmenbedingungen

Es sind nur etwa 200 Kinder und Jugendliche pro Jahr, bei denen die Diagnose neu gestellt wird. Doch die Krankheit, an der sie leiden, ist ungewöhnlich und deshalb alarmierend. Sie leiden an Diabetes Mellitus Typ 2, dem sogenannten Altersdiabetes, also einer Krankheit, von der über 8 Prozent aller Bundesbürger betroffen sind, die in der Regel aber erst im hohen Alter auftritt [1]. Diese ungewöhnliche Entwicklung ist die Konsequenz eines nach wie vor steigenden Anteils an übergewichtigen und adipösen Kindern in Deutschland. Es sieht auch nicht danach aus, dass sich die Befunde der im Jahr 2006 erstmalig durchgeführten KIGGS Studie grundlegend verändert haben [2]. Auch die letzten bundesdeutschen Einschulungsdaten zeigen allenfalls ein Abflachen der Kurve [3]. So sind in Deutschland zwischen 10 und 15 Prozent der Schul-

kinder übergewichtig, 4 bis 8 Prozent sind adipös. Der Anstieg der Adipositashäufigkeit fällt zeitlich mit der Einschulung zusammen und gibt damit erste Hinweise auf mögliche Ursachen.

In der weltweit angelegten Studie "Health Behaviour in School-aged Children" (HBSC) der Weltgesundheitsorganisation (WHO) findet sich für die Schulkinder in den beteiligten Industrieländern keine Entwarnung. Die Autoren stellen fest, dass die Prävalenz von Übergewicht bei der Jugend in allen untersuchten Ländern hoch blieb [4]. Für diese Entwicklung wird eine Fülle von möglichen Einflussfaktoren beschrieben. Dabei reicht das Spektrum von spezifischen Variablen, wie z. B. dem Schlafverhalten [5–7], über die Ernährung im frühen Kindesalter bis hin zum Geburtsgewicht [8, 9].

Für die weiteren Überlegungen soll aber der Fokus auf den letztendlich die Übergewichtsentstehung auslösenden Mechanismus gerichtet werden. Die gemeinsame Endstrecke aller Faktoren ist das Ungleichgewicht zwischen der Kalorienaufnahme und dem Kalorienverbrauch. Neben den genannten Aspekten wird dieses Verhältnis beeinflusst von:

- sozioökonomischen Faktoren (z. B. Schichtzugehörigkeit, Bildung und Einkommen der Eltern),
- Adipositasfördernden Umgebungen (Wohnsituation, Medienkonsum, ständige Verfügbarkeit von energiedichter Nahrung) sowie
- psychosozialen und kognitiven Einflussfaktoren.

### Zur Entstehung des Übergewichts

Auch das Übergewicht bei Kindern und Jugendlichen ist immer die Folge eines Ungleichgewichts von Kalorienaufnahme und Kalorienverbrauch, wobei hier noch die für Wachstum und Reifung notwendige „Energie“ berücksichtigt werden muss (vgl. dazu die ausführliche Erläuterung in [10]). Vor diesem Hintergrund ist zu klären, ob dieses Missverhältnis durch

- die verstärkte Energieaufnahme,
- den reduzierten Energieverbrauch oder
- eine Kombination aus beiden Möglichkeiten

erzeugt wird. Berücksichtigt man die Zahl der Interventionen und den Stellenwert innerhalb der öffentlichen Diskussion, so scheint in der Gesellschaft mehrheitlich die erhöhte Energieaufnahme („Super Size Me“) verantwortlich gemacht zu werden. Es fehlen zwar belastbare und valide Daten, sowohl zur Energieaufnahme, als auch zum Energieverbrauch, aber es finden sich zahlreiche Indizien, die für einen deutlichen Rückgang des Energieverbrauchs, insbesondere durch den Rückgang der körperlichen Aktivität sprechen. In einer Übersichtsarbeit zur Ätiologie der Adipositas stellen Weinsier et al. fest, dass die gegenläufigen Trends von sinkender Energiezufuhr und ansteigendem Körpergewicht nahelegen, dass die körperliche Bewegung der wichtigste Faktor sein kann, durch den sich der Prävalenzanstieg von Übergewicht erklärt [11]. Auch in der Nationalen Verzehrsstudie II (NVS II) liegen die Werte für „die Energiezufuhr im Normbereich für geringe körperliche Aktivität“ [12]. Aus in Australien

erhobenen Daten schlussfolgerten die Autoren, dass der Hauptfaktor, der zur Übergewichts-/Adipositas-epidemie beiträgt, das zunehmende Sitzen in der Bevölkerung sein muss, da ein genereller Anstieg bei der Energiezufuhr nicht ermittelt werden konnte [13]. Erstmals wird hier das „zu lange Sitzen“ als ein wichtiger ätiologischer Faktor erwähnt.

Der Rückgang der körperlichen Aktivität trifft nach US-amerikanischen Daten besonders für Kinder und Jugendliche zu: Die National Health and Nutrition Examination Survey (NHANES) ermittelte in den Jahren von 1971 bis 1994 einen geringen Unterschied bei der mittleren, dem Alter angepassten Energiezufuhr bei Jungen, während in diesem Zeitraum von rund 20 Jahren eine starke Zunahme bei kindlichem Übergewicht zu verzeichnen war [14]. Dagegen zeigen insbesondere die verfügbaren Daten zur körperlichen Aktivität, dass diese rückläufig ist. Das trifft beispielsweise auch auf die australische Bevölkerung zu, weshalb Wissenschaftler fordern, dass im Bereich Public Health viel mehr getan werden müsse [15].

Eine besondere Rolle für die Energiebilanz spielt der Schulweg. Ein immer geringerer Anteil der Schüler hat einen „aktiven Schulweg“, d. h. legt ihn zu Fuß oder mit dem Fahrrad zurück [15, 16]. Daten aus den USA zeigen, dass die rückläufige Zahl der Schüler mit einem aktiven Schulweg zu einem besorgniserregenden Verlust an körperlicher Bewegung führt [17]. Auch in anderen Ländern wie z. B. Australien findet sich ein signifikanter Rückgang körperlicher Aktivität [19]. Die entscheidende Frage ist deshalb, ob wir auf dem Schulweg Kalorien verbrennen oder die letzten fossilen Brennstoffe verheizen [20]. Auch aus Großbritannien liegen vergleichbare Daten vor. Aus Deutschland finden sich dazu weder Studien noch gibt es eine umfassende Gesundheitsberichterstattung. Insgesamt zeigen sich jedoch ausreichende Befunde für einen deutlichen Rückgang des Gesamtumfangs der körperlichen Aktivität bei einer zumindest stabilen bis leicht reduzierten Energieaufnahme.

Im gleichen Maße wie sich die Bewegungszeiten mit moderater bis starker körperlicher Aktivität reduzieren,

erhöhen sich gegenläufig die Bildschirmzeiten, d. h. die Freizeit, die sitzend vor dem TV Geräte oder dem Computer zugebracht wird [21]. Die Rolle von TV und Computer im Leben der Kinder und Jugendlichen wird immer bedeutsamer. Im Kontext mit der steigenden Prävalenz von Übergewicht und Adipositas ergibt sich daher das folgende Bild:

- Der Energieverbrauch durch körperliche Bewegung geht zurück.
- Dies kommt auch in einer reduzierten körperlichen Leistungsfähigkeit zum Ausdruck.
- Sitzen, die „Aktivität“, die nach dem Schlaf den geringsten Energieverbrauch aufweist, nimmt einen immer größeren Teil des Tages ein.
- Die nahrungsinduzierte Energieaufnahme ist eher rückläufig und liegt keinesfalls über den jeweiligen Empfehlungen der Fachgesellschaften.

Ein wesentlicher Schlüssel zur Bewältigung des Übergewichtsproblems liegt deshalb in der Umkehr des immer geringeren Energieverbrauchs durch körperliche Aktivität. Bisherige Strategien konzentrierten sich vorwiegend auf die Förderung von sportlichen Aktivitäten, was allerdings wenig Erfolg hat [22–26]:

- Die Erhöhung der körperlichen Aktivität allein über den Bereich des Sports scheint nicht ausreichend zu sein.
- Sportunterricht kann diesen Bewegungsmangel nicht kompensieren, da es sowohl zu wenig Sportstunden gibt, als auch die Bewegungsumfänge innerhalb der Sportstunden zu gering sind.
- Im System der Gesundheitsförderung sind keine Strukturen zu finden, die Kinder und Jugendliche langfristig an körperliche Aktivitäten „binden“.

Zur Kompensation scheint es deshalb notwendig, nicht nur die Aktivitätszeit zu erhöhen, sondern auch die langen Phasen der hohen Inaktivität, nämlich des Sitzens, zu reduzieren. Daraus ergeben sich folgende Ziele:

1. Erhöhung des Umfangs der körperlichen Aktivität im Alltag von Kindern und Jugendlichen.
2. Reduzierung der Zeit, die sitzend mit extrem geringem Energieverbrauch zugebracht wird (*sedentary time*).

## Sitzender Lebensstil bei Kindern und Jugendlichen

Die gesellschaftlich bedingten Veränderungen des Lebensstils in den letzten Jahren brachten eine dramatische Erhöhung der Sitzzeiten mit sich. Der Mensch sitzt

- auf dem Wege zu und von der Arbeit sowie zu und vom Kindergarten und der Schule,
- am Arbeitsplatz und in der Schule,
- während der Mahlzeiten,
- in der Freizeit vor dem Bildschirm von TV und Computer.

Das „Biosystem“ Mensch ist orthopädisch keineswegs für das Sitzen konstruiert. Da Sitzen aber durch einen sehr niedrigen Energieverbrauch gekennzeichnet ist, wird es deshalb vom aufrecht gehenden Homo Erectus gerne genutzt. Die energetischen Kosten liegen bei etwa dem einfachen Grundumsatz (1–1.3 MET; siehe auch Erläuterungen im Kasten).

### MET: Die Verrechnungseinheit des Energieverbrauchs durch körperliche Aktivität

Ein MET (Metabolic Equivalent of Task) entspricht einem Kalorienverbrauch von 1 kcal je Kilogramm Körpergewicht pro Stunde und damit in etwa dem Ruheumsatz des Körpers beim Sitzen. Mit Hilfe dieser individuellen Verrechnungsäquivalente lassen sich alle Arten von körperlicher Aktivität einordnen. Während die (Nicht-)Aktivität Schlaf bei 0,9 MET liegt, verdoppelt sich der Grundumsatz schon durch Stehen auf 2 MET. Forciertes Gehen – „Walking“ – liegt bereits bei 4 bis 5 MET, Jogging mit 15 km/h bei 12 MET. Allein schon durch den Wechsel ins Stehen verdoppelt sich im Vergleich zum Sitzen der Kalorienverbrauch. Es liegen zu allen möglichen Arten von körperlicher Aktivität genaue Angaben zur Berechnung der metabolischen Einheiten vor. Eine Übersicht findet sich bei Ainsworth et al. [27]. METs können mit der Aktivitätsdauer zu MET-hour multipliziert werden.

Abbildung 1 zeigt verbreitete Aktivitäten und die dazugehörigen METs. Ein MET entspricht dem Umsatz von 3,5 ml Sauerstoff pro Kilogramm Körpergewicht pro Minute bei Männern und 3,15 ml pro Kilogramm

Körpergewicht pro Minute bei Frauen. Eine andere Definition bezeichnet als ein MET einen Kalorienverbrauch von 4,2 kJ (1 kcal) je Kilogramm Körpergewicht pro Stunde, beides entspricht in etwa dem Ruheumsatz des Körpers.

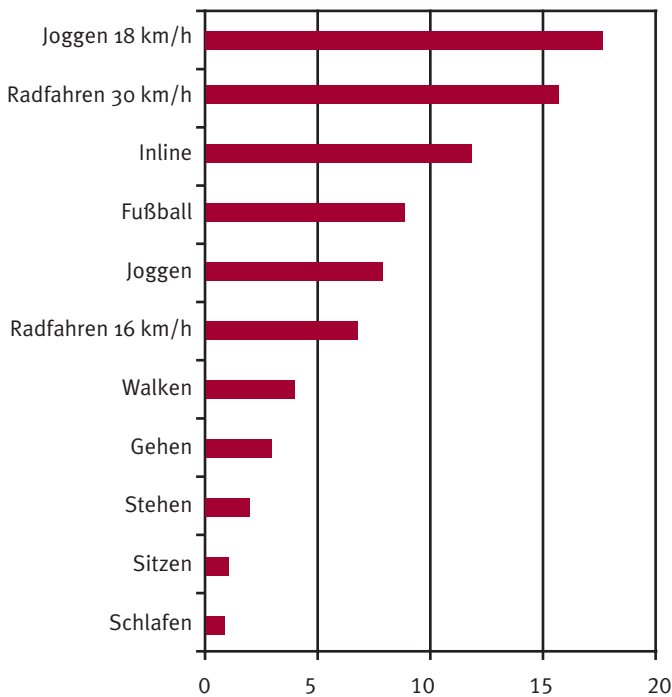


Abbildung 1: Verschiedene Arten von körperlicher Aktivität und die entsprechenden METs

Die unter anderem auch von der WHO geforderten 30 Minuten körperlicher Aktivität pro Tag beziehen sich auf sogenannte moderate körperliche Aktivität (moderate activities), diese haben einen Energieverbrauch von 3 bis 6 MET, die genannten intensiven Aktivitäten (vigorous activities) liegen über 6 MET. Dabei stellt ein wöchentlicher Umfang von etwa 10 Stunden Walking oder 3 Stunden Jogging bereits das Wirkungsoptimum dar. Hierbei handelt es sich um Durchschnittswerte mit einer hohen individuellen und sicherlich auch einer krankheitsspezifischen Varianz.

### Epidemiologie des Sitzens

In der Geschichte der Menschheit gab es noch keine Phase, in der die Menschen so viel Zeit sitzend zu brachten. Es gibt zwar erhebliche individuelle Unter-

schiede [14, 28], aber durchschnittlich findet sich die folgende Verteilung während der Wachzeiten (siehe Abbildung 2):



Abbildung 2: Durchschnittliche Verteilung der Wachzeiten [29]

Im Jahr 2010 zeigte eine Untersuchung erstmalig die Relation zwischen Sitzzeit, körperlicher Aktivität und erhöhtem Versterberisiko [30]. Dies führte in der New York Times zu der Schlagzeile: "Is Sitting a Lethal Activity?" („Ist Sitzen eine tödliche Aktivität?“) [31]. In der Tat zeigen die Befunde für die Menschen, die mehr als sechs Stunden am Tag sitzen,

- eine um 40 Prozent erhöhte Todesrate für Frauen und
- eine um 20 Prozent erhöhte Todesrate für Männer.

Die gesundheitlichen Folgen des sitzenden Lebensstils sind mit denen der körperlichen Inaktivität vergleichbar:

- Sitzen ist nach dem Schlaf die Aktivität mit dem geringsten Energieverbrauch. Die unmittelbare Folge eines sitzenden Lebensstils ist die ungünstige Veränderung der Energiebilanz, die bei gleichbleibender Energieaufnahme zu einem Energieüberschuss führt, der als Fett abgespeichert wird.
- "Use it or lose it", dies gilt für nahezu alle Körperfunktionen. Im Sitzen wird besonders unsere posturale Muskulatur – d. h. die für die aufrechte

Körperhaltung zuständige – nicht genutzt; Abbau und muskuläre Dysbalancen sind die Folge.

- Ebenfalls gestört wird die durch muskuläre Aktion ausgelöste Entzündungshemmung [32, 33].
- Sitzen führt zur Entgleisung einer Reihe von metabolischen Vorgängen, die z. B. für den Glukosetransport in die Muskelzelle sorgen [34].
- Besonders sensibel reagiert der Knochenstoffwechsel auf zu langes Sitzen, da dieser auf den beständigen trophischen Reiz des aufrechten Ganges angewiesen ist.
- Dadurch werden Bewegungsmangelkrankungen begünstigt, zu denen kardiovaskuläre Erkrankungen, Diabetes Typ 2 [35] und Krebserkrankungen [36] zählen.

### Die Rolle des Sitzens für die Entstehung des kindlichen und jugendlichen Übergewichts

Die Kinder- und Jugendzeit wird im Allgemeinen als die körperlich aktivste Lebensphase angesehen. Veränderungen in diesem Zeitabschnitt können nicht ohne Folgen bleiben. So zeigt eine aktuelle Untersuchung von 20.000 Kindern und Jugendlichen im Alter von 4 bis 18 Jahren aus fünf Ländern, bei denen Bewegungsmessungen mit Accelerometern erfasst wurden, dass die durchschnittliche Bewegungszeit bei ca. 30 Minuten pro Tag moderater bis anstrengender Aktivität lag und die Zeit, die sitzend verbracht wurde, 354 Minuten, also nahezu sechs Stunden, betrug [37]. Für die Altersgruppe der Vorschulkinder (3 bis 5 Jahre) zeigte die Untersuchung von Dolinsky et al. eine durchschnittliche Aktivitätszeit von 14,9 Minuten pro Tag, die durchschnittliche tägliche Sitzzeit lag bei mehr als 6 Stunden [38]. Bereits in der Vorschule sind die Sitzzeiten mindestens ebenso lang wie bei älteren Kindern. Doch gravierender ist, dass das Verhältnis von „Aktivzeit zu Sitzzeit“ bei dieser Altersgruppe bei 1 zu 24 liegt, während es bei den älteren Kindern 1 zu 6 beträgt!

Eine aktuell noch laufende Studie ist das auf europäischer Ebene durchgeführte HELENA Projekt (Healthy

Lifestyle in Europe by Nutrition in Adolescence) [39]. Erste Befunde zeigen:

- Die durchschnittliche Sitzzeit beträgt 9,1 Stunden pro Tag und entspricht damit 71 Prozent der ausgezeichneten Zeit (Wachzeit).
- Es findet sich eine signifikant schlechtere kardiorespiratorische Fitness, wenn Kinder und Jugendliche mehr als 70 Prozent ihrer Wachzeit sitzend zubringen.
- Die durchschnittliche Aktivitätszeit beträgt 65 Minuten pro Tag (moderat über 3 MET und anstrengend über 6 MET).
- Mehr als ein Drittel der Stichprobe sitzt jeden Tag länger als 2 Stunden vor dem TV-Gerät, an Wochenenden steigt dieser Anteil auf zwei Drittel.

Obwohl noch keine längsschnittlichen Vergleichsdaten vorliegen, gibt der Zusammenhang zwischen dem Rückgang der körperlichen Aktivität und dem Fitnesszustand einerseits und verlängerten Sitzzeiten andererseits berechtigten Anlass zu Sorge. Allein durch die Erhöhung der Sitzzeiten verändert sich die Energiebilanz gravierend.

### Sitzen, ein Kollateralschaden des Medienkonsums?

Einer der wichtigsten Einflussfaktoren auf die Sitzzeiten ist die „Bildschirmzeit“ vor Fernsehgerät und dem Computer. In einer umfangreichen Metaanalyse von 173 relevanten Studien fanden Nunez et al. in 83 Prozent der Arbeiten negative gesundheitliche Auswirkungen [40]. Bereits im Jahr 1996 konnte gezeigt werden, dass mit jeder zusätzlichen wöchentlichen Stunde TV-Konsum die Adipositasprävalenz um 2 Prozent ansteigt [41]. Auch Mendoza et al. zeigen mit ihren Untersuchungen, in welchem hohem Maße Mediennutzung bereits das Leben von Kindern im Alter von 2 bis 5 Jahren bestimmt und das Risiko, übergewichtig zu werden, erhöht [42]. Es liegen zwar aus Deutschland keine Zahlen vor, jedoch gibt es wenig Anlass, an der Übertragbarkeit der US-Daten auf deutsche Verhältnisse zu zweifeln. Mit dem Vordringen von Smart Phones und Tablet Computern ist mit einer weiteren Verschärfung dieser Situation zu rechnen.

## Lösungsansätze

Die verfügbaren Daten zeigen:

- Der Bewegungsumfang bei Kindern und Jugendlichen in Deutschland nimmt ab, Sitzzeiten nehmen zu.
- Der Fitnesszustand nimmt ab, der Anteil übergewichtiger und adipöser Kinder nimmt zu.

Zahlreiche westliche Nationen haben zur Förderung der Bewegungsaktivitäten in der Bevölkerung entsprechende Leitlinien formuliert. Diese sind auch dazu geeignet, dass Thema des sitzenden Lebensstils zu adressieren. So fordern die offiziellen Leitlinien in den USA ein Minimum von 150 Minuten moderater bis anstrengender körperlicher Aktivität pro Woche. Für Kinder wird diese Empfehlung auf 60 Minuten Aktivität pro Tag erweitert [43]. Der sitzende Lebensstil stellt einen wichtigen Ansatzpunkt dar, wenn es darum geht, den Anteil der übergewichtigen und adipösen Kinder zu reduzieren. Als erste Schritte sind sinnvoll:

### Mehr Aufklärung über die negativen Folgen

Wichtige Adressaten sind hierfür die Eltern, die Erzieher/innen und Lehrer/innen. Die Bedeutung des Bewegungsmangels muss auch über die Kinderärzte/innen kommuniziert werden und z. B. zum Gegenstand der Vorsorgeuntersuchungen gemacht werden. Weiterhin ist die kommunikative Expertise und Macht der Medien vonnöten, die sowohl ein Bewusstsein für die Problematik schaffen als auch praktikable Lösungswege aufzeigen sollten.

### Veränderung der Infrastruktur

Angesichts der beschriebenen Befunde müssen auch die Rahmenbedingungen in Schulen und Kindergärten auf den Prüfstand gestellt werden. Schule muss nicht immer im Sitzen stattfinden, auch der „Stuhlkreis“ im Kindergarten sollte überdacht werden. Das Konzept der bewegten Schule muss überarbeitet und belebt werden.

### Reduzierung der Bildschirmzeiten

Es ist schwierig, Bildschirmzeiten zu reduzieren, so lange das, was auf dem Bildschirm passiert, viel spannender ist, als das, was „draußen“ stattfindet. Einfacher ist es noch bei den Vorschulkindern. Eltern müssen den Zugang zu TV und Computer limitieren.

Einfache Regel: Kein Kind unter 10 Jahren hat ein TV Gerät im Kinderzimmer. Ferner müssen Lebenswelten bewegungsfreundlicher gestaltet und entsprechende Angebote geschaffen werden. Wer hat schon Lust, Fahrrad zu fahren, wenn er aus Sicht der Verkehrsplaner an letzter Stelle rangiert.

### „Aktive“ Wege zum Kindergarten und zur Schule

Es gibt bereits bewährte Ansätze, die einen sicheren und aktiven Weg zum Kindergarten und der Schule gewährleisten. Ein Beispiel ist der „Walking Bus“ für Grundschüler [44]. Hier mangelt es vor allem noch an der Umsetzung, wofür Anreize geschaffen werden müssen.

### Sitzunterbrechungen in der Schule

Wenn sich Sitzen nicht vermeiden lässt, so ist es notwendig, für entsprechende Unterbrechungen zu sorgen: Jede Unterrichtsstunde sollte durch mindestens ein Bewegungselement unterbrochen werden. Die Bedeutung der Thematik liegt auf der Hand. Interventionen sind dringend zu empfehlen.

### Korrespondenzanschrift



Prof. Dr. Gerhard Huber  
 Institut für Sport und Sportwissenschaft  
 der Universität Heidelberg  
 Im Neuenheimer Feld 700  
 69120 Heidelberg  
 E-Mail: gerhard.huber@issw.uni-heidelberg.de

## Literaturverzeichnis

- [1] diabetesDE (Hrsg.) (2009): Deutscher Gesundheitsbericht Diabetes 2010. Kirchheim Verlag, Mainz  
URL: <http://profi.diabetesde.org/gesundheitsbericht/2010/> (Zugriff am 26.11.2012)
- [2] Kurth B.-M., Schaffrath Rosario A. (2007): Die Verbreitung von Übergewicht und Adipositas bei Kindern und Jugendlichen in Deutschland. Bundesgesundheitsblatt Gesundheitsforschung | Gesundheitsschutz 50: 736–743
- [3] Moss A., Wabitsch M., Kromeyer-Hauschild K., Reinehr T., Kurth B.-M. (2007): Prevalence of overweight and adiposity in German school children. Bundesgesundheitsblatt Gesundheitsforschung | Gesundheitsschutz 50 (11): 1424–1431
- [4] Haug E., Rasmussen M., Samdal O., Iannotti R., Kelly C., Borraccino A. Vereecken C., Melkevik O., Lazzeri G., Giacchi M., Ercan O., Due P., Ravens-Sieberer U., Currie C., Morgan A., Ahluwalia N. (HSC Obesity Writing Group) (2009): Overweight in school-aged children and its relationship with demographic and lifestyle factors: results from the WHO-Collaborative Health Behaviour in School-aged Children (HSC) study. Int J Public Health 54 (Suppl 2): 167–179
- [5] Jiang F., Zhu S., Yan C., Jin X., Bandla H., Shen X. (2009): Sleep and obesity in preschool children. Journal Pediatr 154: 814–818
- [6] Bayer O., Rosario A. S., Wabitsch M., von Kries R. (2009): Sleep duration and obesity in children: is the association dependent on age and choice of the outcome parameter? Sleep 32: 1183–1189
- [7] Carter P. J., Taylor B. J., Williams S. M., Taylor R. W. (2011): Longitudinal analysis of sleep in relation to BMI and body fat in children: the FLAME study. BMJ (Clinical research ed.) 342: d2712
- [8] Koletzko B., von Kries R., Monasterolo R.C., Subías J.E., Scaglioni S., Giovannini M., Beyer J., Demmelmair H., Anton B., Gruszfeld D., Dobrzanska A., Sengier A., Langhendries J.P., Rolland Cachera M.F., Grote V. (2009): For the European Childhood Obesity Trial Study Group. Can infant feeding choices modulate later obesity risk? Am J Clin Nutr 89: 1502–1508.
- [9] Koletzko B., Schiess S., Brands B., Haile G., Demmelmair H., von Kries R., Grote V. (2010): Infant feeding practice and later obesity risk. Indications for early metabolic programming. Bundesgesundheitsblatt Gesundheitsforschung | Gesundheitsschutz 53: 666–673
- [10] Huber G. (2009): Neue aktive Wege zum Normalgewicht. Das Deltaprinzip. Deutscher Ärzte Verlag, Köln
- [11] Weinsier R. L., Hunter G. R., Heini A. F., Goran M. I., Sell S. M. (1998): The etiology of obesity: relative contribution of metabolic factors, diet, and physical activity. Am J Med 105: 145–150
- [12] Max Rubner-Institut – Bundesforschungsinstitut für Ernährung und Lebensmittel (2008): Nationale Verzehrsstudie II, Ergebnisbericht Teil 2: 74  
URL: <http://www.was-esse-ich.de/index.php?id=74> (Zugriff am 22.11.2012 )
- [13] Brown A., Siahpush M. (2007): Risk factors for overweight and obesity: results from the 2001 National Health Survey. Public Health 121 (8): 603–613
- [14] Healy G. N., Matthews C. E., Dunstan D. W., Winkler E. a H., Owen N. (2011). Sedentary time and cardio-metabolic biomarkers in US adults: NHANES 2003–06. Eur Heart J 32 (5): 590–597



- [15] Bauman A., Armstrong T., Davies J., Owen N., Brown W., Bellew B., Vita P. (2003): Trends in physical activity participation and the impact of integrated campaigns among Australian adults, 1997–99. *Aust N Z Journal Public Health* 27: 76–79
- [16] Tudor-Locke C., Ainsworth B. E., Popkin B.M. (2001): Active Commuting to School: An Overlooked Source of Childrens' Physical Activity? *Sports Medicine* 31 (5): 309–313
- [17] Cooper A. R., Page A. S., Foster L. J., Qahwaji D. (2003): Commuting to school. *Am J Prev Med* 25 (4): 273–276
- [18] McDonald N. C. (2007): Active transportation to school: trends among U.S. schoolchildren, 1969–2001. *Am J Prev Med* 32 (6): 509–516
- [19] Salmon J., Timperio A. (2007): Prevalence, trends and environmental influences on child and youth physical activity. *Med Sport Sci* 50: 183–199
- [20] Ploeg H. P., Merom D., Corpuz G., Baumann A. E. (2008): Trends in Australian children traveling to school 1971-2003: burning petrol or carbohydrates? *Prev Med* 46 (1): 60–62
- [21] Nelson M. C., Gordon-Larsen P. (2006): Physical activity and sedentary behavior patterns are associated with selected adolescent health risk behaviors. *Pediatrics* 117 (4): 1281–90
- [22] Dollman J., Norton K., Norton L. (2005): Evidence for secular trends in children's physical activity behaviour. *Br J Sports Med* 39 (12): 892–897
- [23] Ortega F. B., Ruiz J. R., Hurtig-Wennlöf A., Meirhaeghe A., González-Gross M., Moreno L. A., Molnar D., Kafatos A., Gottrand F., Widhalm K., Labayen I., Sjöström M. (2011): Physical activity attenuates the effect of low birth weight on insulin resistance in adolescents: Findings from two observational studies. *Diabetes* 60: 2295–2299
- [24] Penpraze V., Reilly J. J., Maclean C. M., Montgomery C., Kelly L. A., Paton J. Y., Aitchison T. et al. (2006): Monitoring of Physical Activity in Young Children: How Much Is Enough? *Victoria* 18: 483–491
- [25] Pate R. R., Davis M. G., Robinson T. N., Stone E. J., McKenzie T. L., Young J. C. (2006): Promoting physical activity in children and youth: a leadership role for schools: a scientific statement from the American Heart Association Council on Nutrition, Physical Activity, and Metabolism (Physical Activity Committee) in collaboration with the Councils on Cardiovascular Disease in the Young and Cardiovascular Nursing. *Circulation* 114: 1214–1224
- [26] Salmon J., Ball K., Crawford D., Booth M., Telford A., Hume C., Jolley D., Worsley A. (2005): Reducing sedentary behaviour and increasing physical activity among 10-year-old children: overview and process evaluation of the "Switch-Play" intervention. *Health Promot Int* 20 (1): 7–17
- [27] Ainsworth B. E., Haskell W. L., Whitt M. C., Irwin M. L., Swartz A. M., Strath S. J., O'Brien W. L., Bassett D. R. Jr., Schmitz K. H., Emplaincourt P. O., Jacobs D. R. Jr., Leon A. S. (2000): Compendium of physical activities: an update of activity codes and MET intensities. *Med Sci Sports Exerc* (32): 498–504
- [28] Owen N., Healy G. N., Matthews C. E., Dunstan D. W. (2010): Too much sitting: the population health science of sedentary behavior. *Exerc Sport Sci Rev* 38 (3): 105–113
- [29] Owen N., Bauman A., Brown W. (2009): Too much sitting: a novel and important predictor of chronic disease risk? *Br J Sports Med* 43 (2): 81–83
- [30] Patel A. V., Bernstein L., Deka A., Feigelson H. S., Campbell P. T., Gapstur S. M., Colditz G. A., Thun M. J. (2010): Leisure Time Spent Sitting in Relation to Total Mortality in a Prospective Cohort of US Adults. *Am J Epidemiol* 172 (4): 419–429

- [31] Vlahos J. (2011): Is sitting a lethal activity? The New York Times, April 14. URL: <http://www.nytimes.com/2011/04/17/magazine/mag-17sitting-t.html> (Zugriff am 22.11.2012)
- [32] Pedersen B. K., Fischer C. P. (2007): Beneficial health effects of exercise – the role of IL-6 as a myokine. *Trends Pharmacol Sci* 28 (4): 152–156
- [33] Brandt C., Pedersen B. K. (2010): The role of exercise-induced myokines in muscle homeostasis and the defense against chronic diseases. *J Biomed Biotechnol* 2010: 520258
- [34] Kennedy J. W., Hirshman M. F., Gervino E. V., Ocel J. V., Forse R. A., Hoenig S. J., Aronson D., Goodyear L. J., Horton E. S. (1999): Acute exercise induces GLUT4 translocation in skeletal muscle of normal human subjects and subjects with type 2 diabetes. *Diabetes* 48: 1192–1197
- [35] Healy G. N., Dunstan D. W., Salmon J., Shaw J. E., Zimmet P. Z., Owen N. (2008): Television time and continuous metabolic risk in physically active adults. *Med Sci Sports Exerc* 40 (4): 639–645
- [36] Lynch B. M., Friedenreich C. M., Winkler E. A., Healy G. N., Vallance J. K., Eakin E. G., Owen N. (2011): Associations of objectively assessed physical activity and sedentary time with biomarkers of breast cancer risk in postmenopausal women: findings from NHANES (2003–2006). *Breast Cancer Res Treat* 130: 183–194
- [37] Ekelund U., Luan J., Sherar L. B., Esliger D. W., Griew P., Cooper A. (International Children's Accelerometry Database (ICAD) Collaborators) (2012): Moderate to vigorous physical activity and sedentary time and cardiometabolic risk factors in children and adolescents. *JAMA* 307: 704–712
- [38] Dolinsky D. H., Brouwer R. J. N., Evenson K. R., Siega-Riz A. M., Østbye T. (2011): Correlates of sedentary time and physical activity among preschool-aged children. *Prev Chronic Dis* 8 (6): A131
- [39] Ortega F. B., Artero E. G., Ruiz J. R., España-Romero V., Jiménez-Pavón D., Vicente-Rodriguez G., Moreno L. A., Manios Y., Béghin L., Ottevaere C., Ciarapica D., Sarri K., Dietrich S., Blair S. N., Kersting M., Molnar D., González-Gross M., Gutiérrez A., Sjöström M., Castillo M. J. (2011): Physical fitness levels among European adolescents: the HELENA study. *Br J Sports Med* 45 (1): 20–9. URL: <http://www.helenastudy.com/files/Ortega-BJSM-2011.pdf> (Zugriff am 03.12.2012)
- [40] Nunez-Smith M., Wolf E., Huang H. M., Chen P. G., Lee L., Emanuel E. J., Gross C. P. (2008): Media and child and adolescent health: a systematic review. *Common Sense Media*. URL: <http://www.common-sense-media.org> (Zugriff am 03.12.2012)
- [41] Gortmaker S. L., Must A., Sobol A. M., Peterson K., Colditz G. A., Dietz W. H. (1996): Television viewing as a cause of increasing obesity among children in the United States, 1986–1990. *Arch Pediatr Adolesc Med* 150: 356–362
- [42] Mendoza J. A., Zimmerman F. J., Christakis D. A. (2007): Television Viewing, computer use, obesity, and adiposity in US preschool children. *Int J Behav Nutr Phys Act* 4: 44–54
- [43] U.S. Department of Health and Human Services (2008): Chapter 3: Active Children and Adolescents. URL: <http://www.health.gov/PAGuidelines/guidelines/chapter3.aspx> (Zugriff am 26.11.2012)
- [44] „Walking Bus“ – Informationen z. B. unter URL: <http://dsg.uni-paderborn.de/forschung/details/article/walking-bus-der-aktive-schulweg/>; <http://www.walking-bus.de>; [http://www.schulministerium.nrw.de/BP/Schulsystem/Schulformen/Grundschule/Vorwort\\_Walking\\_Bus/](http://www.schulministerium.nrw.de/BP/Schulsystem/Schulformen/Grundschule/Vorwort_Walking_Bus/); <http://www.aok.de/nordwest/leistungen-service/aok-westfalen-lippe-aktion-walkingbus-19350.php> (Zugriff am 03.12.2012)

## Kochsalzreduktion in verarbeiteten Lebensmitteln: sensorische und technologische Herausforderungen

### Zusammenfassung

Eine übermäßige Natriumaufnahme wird als Hauptursache für Bluthochdruck angesehen und gilt somit als Risikofaktor für kardiovaskuläre Erkrankungen. Zwar wirkt eine reduzierte Kochsalzaufnahme nicht bei allen Menschen in gleichem Ausmaß blutdrucksenkend, weil nur ein Teil der Bevölkerung salzsensitiv ist, doch eine Reduktion der derzeit üblichen, durchschnittlichen Kochsalzaufnahme von 8 bis 10 g/Tag auf 5 bis 6 g/Tag kann einen positiven Einfluss auf die Gesundheit der Bevölkerung haben. Da Brot und Getreideprodukte in Deutschland für 24 Prozent der täglichen Natriumaufnahme verantwortlich sind, ist die Senkung der Natriumaufnahme durch die Reduzierung des Kochsalzgehaltes dieser Lebensmittelgruppe ein wichtiges Ziel. Gleichsam stellt dies Lebensmitteltechnologien vor besondere Herausforderungen, weshalb Brot in diesem Beitrag exemplarisch herausgegriffen wird.

Zur Reduzierung des Kochsalzgehaltes in Brot und Backwaren stehen derzeit verschiedene Methoden zur Verfügung: der Einsatz von Salzsubstituten, die Verwendung von Salzverstärkern, die Erzeugung einer inhomogenen Salzverteilung und die langsame Salzreduktion in kleinen Schritten. Bisher ist keine Einzelsubstanz bekannt, die sowohl die sensorischen als auch die technologischen Eigenschaften von Kochsalz aufweist. Um bei einer Kochsalzreduktion in Brot die sensorischen und technologischen Eigenschaften aufrechterhalten zu können, werden häufig mehrere Methoden miteinander kombiniert. Zusätzlich werden oft Salzgeschmacksverstärker, Bitterblocker und weitere aromaverbessernde Substanzen zugegeben. Mit diesen Methoden kann der Natriumgehalt in Brot und Backwaren um 20 bis 50 Prozent reduziert werden. Es ist also derzeit möglich, einen Teil des Kochsalzes zu ersetzen. Da der Verbraucher aber nur sensorisch und von der Textur einwandfreie Produkte kaufen wird, muss sichergestellt sein, dass die Reduzierung der Kochsalzkonzentration keine negativen Auswirkungen auf die Qualität der Lebensmittel hat.

**Tabea Pflaum und Prof. Dr. Peter Köhler, Deutsche Forschungsanstalt für Lebensmittelchemie, Freising**

### Ausgangssituation

Natriumionen sind einerseits für den salzigen Geschmack von Lebensmitteln verantwortlich, andererseits weist Natrium auch wichtige technologische Funktionen in Lebensmitteln auf und beeinflusst deren Haltbarkeit. Daher wird Natrium vielen Lebensmitteln in Form von Kochsalz zugesetzt, das damit eines unserer wichtigsten Würzmittel darstellt. Dies kann allerdings zu einer übermäßigen Aufnahme von Natrium führen, was wiederum mit negativen gesundheitlichen Folgen, wie z.B. Bluthochdruck und Herz-

Kreislauf-Erkrankungen einhergehen kann. Daher sind derzeit weltweit Bestrebungen im Gange, den Kochsalzgehalt in Lebensmitteln zu verringern. In den folgenden Ausführungen sind die damit verbundenen Herausforderungen exemplarisch für Brot dargestellt.

### Natriumbedarf und -aufnahme

Der Natriumgehalt im menschlichen Organismus liegt bei 1,4 g/kg. Der Mindestbedarf an Natrium, der zur

Aufrechterhaltung der physiologischen Prozesse erforderlich ist, wird bei Erwachsenen auf 550 mg/Tag geschätzt, was einer Aufnahme von 1,4 g Kochsalz/Tag entspricht [1]. Die tatsächliche Natriumaufnahme in Europa liegt mit 3,1 bis 4,6 g/Tag (7,9 bis 11,7 g Kochsalz/Tag) jedoch deutlich über diesem Wert [2]. Auch in den anderen Industrieländern übersteigt die Natriumaufnahme die physiologisch notwendige Menge um ein Vielfaches, beispielsweise beträgt die Natriumaufnahme in den USA bei Männern 4,2 g/Tag (10,6 g Kochsalz/Tag) und bei Frauen 3,3 g/Tag (8,3 g Kochsalz/Tag) [3]. 70 bis 75 Prozent der täglich verzehrten Natriummengen werden in Europa und Nordamerika über verarbeitete Lebensmittel aufgenommen, während nur 10 bis 15 Prozent endogen in den Nahrungsmitteln enthalten sind und weitere 10 bis 15 Prozent während des Kochens zugegeben werden [4, 5]. Die wichtigsten Natriumlieferanten in Deutschland stellen die Lebensmittelgruppen Brot, Fleisch/Wurst sowie Milchprodukte/Käse dar [6] (siehe Abbildung 1). Die Anteile der einzelnen Lebensmittelgruppen unterscheiden sich zwischen Männern und Frauen, insgesamt werden jedoch jeweils etwa 24 Prozent des Natriums über Brot aufgenommen. Auch in vielen anderen Industrieländern steht Brot an erster Stelle der Natriumlieferanten, in Großbritannien werden beispielsweise 35 Prozent des Natriums über Brot und Getreideprodukte aufgenommen [7]. Dagegen spielen die oft für die hohe Salz-

aufnahme mitverantwortlich gemachten Knabberartikel keine Rolle, da Frauen im Mittel nur 5 g und Männer 8 g Knabberartikel pro Kopf und Tag verzehren [6].

### Gesundheitliche Folgen einer übermäßigen Natriumaufnahme

Eine übermäßige Natriumaufnahme über längere Zeit hinweg führt zu einer Anreicherung von Natrium im Körper. Da der Natriumhaushalt in engem Zusammenhang mit dem Wasserhaushalt steht, hat eine Natriumanreicherung eine erhöhte Wasserretention zur Folge, was wiederum erhebliche Auswirkungen auf den Blutdruck haben kann. Zahlreiche Studien deuten auf einen Zusammenhang zwischen einer übermäßigen Natriumaufnahme und Bluthochdruck hin, der einen bedeutenden Risikofaktor für die Entwicklung von kardiovaskulären Erkrankungen darstellt. Die Weltgesundheitsorganisation (WHO) ist überzeugt von einer positiven Korrelation zwischen einer übermäßigen Natriumaufnahme und Bluthochdruck [7]. Arterielle Hypertonie wiederum wird als Hauptursache für kardiovaskuläre Erkrankungen angesehen, die weltweit an erster Stelle der Todesursachen stehen. Kardiovaskuläre Erkrankungen stellen global betrachtet ein Drittel aller Todesursachen dar, in Deutschland waren im Jahr 2011 sogar 41 Prozent aller Todesfälle auf kardiovaskuläre Erkrankungen zurückzuführen [8].

**Anteil der Natriumaufnahme (%)**

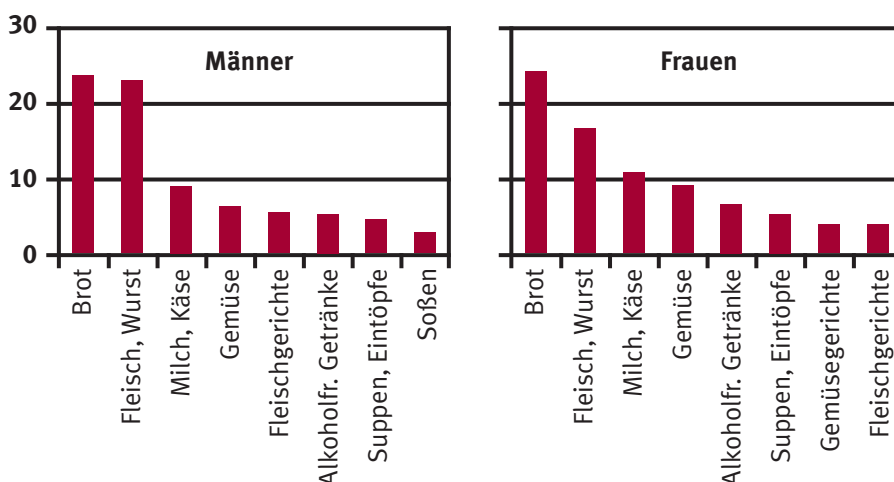


Abbildung 1: Hauptquellen für Natrium und deren prozentualer Beitrag zur täglichen Natriumaufnahme bei Männern und Frauen in Deutschland [6]

Aus diesem Grund empfiehlt die WHO eine Kochsalzaufnahme von maximal 5 g/Tag (entspricht 2,0 g Natrium/Tag). Die deutschen, österreichischen und schweizerischen Fachgesellschaften empfehlen, dass eine Zufuhr von 6 g Kochsalz/Tag (entspricht 2,4 g Natrium/Tag) nicht überschritten werden sollte [1]. Allerdings reagiert der Blutdruck nicht bei allen Menschen in gleichem Maß auf eine Reduktion der Natriumzufuhr, d. h. es gibt eine unterschiedlich stark ausgeprägte Salzsensitivität. Untersuchungen zufolge sind 56 Prozent der hypertensiven und 29 Prozent der normotensiven Bevölkerung salzempfindlich und könnten von einer kochsalzreduzierten Ernährung profitieren [9]. Dass weitere individuelle Gegebenheiten eine Rolle spielen, zeigt sich auch darin, dass sich bei einigen Individuen sogar bei einer salzarmen Kost der Blutdruck erhöht [10]. In einer Stellungnahme aus dem Jahr 2011 kommen das Bundesinstitut für Risikobewertung, das Max Rubner-Institut sowie das Robert Koch-Institut allerdings zu dem Schluss, dass eine alimentäre Salzreduktion auch in der Allgemeinbevölkerung wirksam sein kann [11].

Aufgrund der Diskrepanz zwischen der derzeitigen Kochsalzaufnahme in den Industrieländern und den empfohlenen Höchstmengen von 5 bis 6 g Kochsalz/Tag wurden zahlreiche Maßnahmen zur Reduktion der Kochsalzaufnahme getroffen. In vielen Ländern wurde dieses Thema von der Politik aufgegriffen, und es wurden individuelle Ziele für eine Reduktion der Kochsalzaufnahme gesetzt. Insbesondere Brot und

Backwaren sind in den Fokus geraten, da sie an erster Stelle der Natriumlieferanten stehen. Daher werden derzeit Strategien gesucht, um den Kochsalzgehalt dieser Lebensmittel zu senken.

### Technologische Funktionen von Kochsalz in Brot

Die Verwendung von Kochsalz als Brotzutat beruhte ursprünglich auf dessen technologischen Funktionen. Bereits im Jahr 1878 beschrieb Justus von Liebig die Verbesserung der Brotqualität von Mehl aus ausgewachsenem Roggen durch den Zusatz von Kochsalz und stellte eine optimale Wirkung bei einem Zusatz von 2,4 Prozent Kochsalz (bezogen auf Mehl) fest [12].

**Stärkung der Kleberstruktur.** Abbildung 2 zeigt mikroskopische Aufnahmen des Klebernetzwerkes (rot) in Weizenteig in Abhängigkeit von der Salzkonzentration. Es ist deutlich zu erkennen, dass der Zusatz von Kochsalz beim Anteigen das Klebernetzwerk stärkt und damit die Festigkeit des Teiges erhöht. Gleichzeitig bewirkt die Kochsalzzugabe eine verminderte Wasseraufnahme während des Knetens sowie eine Verlängerung der Teigentwicklungszeit. Erklärt wird dies damit, dass die elektrostatischen Abstoßungen der Kleberproteine durch geringe Salzkonzentrationen ausgeglichen werden und die Kleberproteine dadurch stärker aggregieren [13]. Aus rheologischer Sicht ist eine Kochsalzmenge von 0,3 Prozent (entspricht etwa 0,45 Prozent bezogen auf Mehl) ausrei-

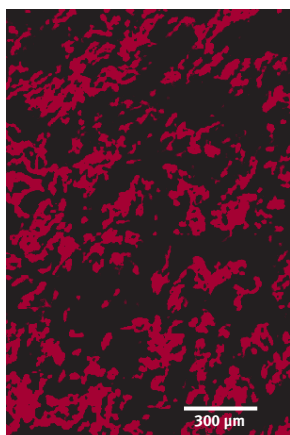


Abbildung 2: Konfokale Laser Scanning Mikroskopie-Aufnahmen von Weizenteig mit 0 Prozent (links), 2 Prozent (Mitte) und 4 Prozent Kochsalz (rechts, jeweils bezogen auf Mehl), nach 60 Minuten Gare bei 30 °C. Anfärbung der Proteine mit Rhodamin B. (Foto: Dr. Margit Beck)

chend [14], dies entspricht auch in etwa der Menge, die für ein maximales Brotvolumen erforderlich ist (0,5 Prozent Kochsalz bezogen auf Mehl) [15].

**Regulierung der Hefeaktivität.** Eine weitere wichtige Funktion von Kochsalz in Brot ist die Regulierung und Standardisierung der Hefeaktivität. Eine richtige Einstellung der Hefefermentation ist entscheidend für die Brotqualität, insbesondere für die Krumenstruktur. Ohne den Zusatz von Kochsalz führt eine übermäßige Hefefermentation zu einem erhöhten Gasgehalt im Teig und einer offenen, unregelmäßigen Krumenstruktur [14]. Mit steigender Kochsalzmenge nehmen die Hefeaktivität und die Bildung von Kohlendioxid ab, sodass bei einer Erhöhung des Kochsalzgehaltes die Gärzeiten entsprechend verlängert werden müssen [16].

**Verlängerung der mikrobiellen Haltbarkeit.** Bereits seit Tausenden von Jahren wird Kochsalz als Konservierungsmittel eingesetzt, vor allem zur Verlängerung der Haltbarkeit von Fleisch und Fisch. Aber auch in Brot spielt Kochsalz für die Verlängerung der mikrobiellen Haltbarkeit eine wichtige Rolle. Mit Wasseranteilen von 35 bis 42 Prozent (Wasseraktivität  $a_w = 0,88-0,95$ ) ist Brot anfällig gegen Verderb, insbesondere durch Schimmelpilze. Der Kochsalzzusatz führt durch die Hydratation der Natrium- und Chloridionen zu einer Senkung der Wasseraktivität im Brot,

wodurch das Wachstum von Mikroorganismen gehemmt und die Haltbarkeit erhöht wird [17].

### Sensorische Funktionen von Kochsalz

Natriumionen sind neben Lithiumionen die einzigen Kationen, die beim Menschen einen rein salzigen Geschmackseindruck induzieren. Andere Kationen wie Kalium und Calcium haben zwar eine salzige Note in ihrem Geschmackseindruck [18], weisen jedoch zusätzlich weitere Geschmacksnoten auf. Natrium ist deshalb so wichtig für den Salzgeschmack, weil ein von der Natriumkonzentration abhängiger Natriumkanal (ENaC: Epithelialer Natriumkanal) an der Wahrnehmung des salzigen Geschmacks beteiligt ist. Von den Natriumsalzen ist Natriumchlorid (Kochsalz) am salzigsten, und es besteht die Tendenz, dass mit zunehmender Größe des Anions die Salzintensität abnimmt. Die sensorische Bedeutung von Kochsalz in Lebensmitteln beruht neben der Vermittlung des Salzgeschmacks auch auf einer Verbesserung des gesamten Aroma- und Geschmackseindrucks [19, 20]. So wurde bei Weizenbrot festgestellt, dass unerwünschte Aroma- und Geschmackseindrücke mit steigendem Kochsalzgehalt immer weiter zurücktreten [21, vgl. Abbildung 3]. Darüber hinaus beeinflusst Kochsalz bei Lebensmitteln weitere sensorische Qualitätsmerkmale, wie z.B. bei Brot die Textur oder die Farbe [15, 22, 23].

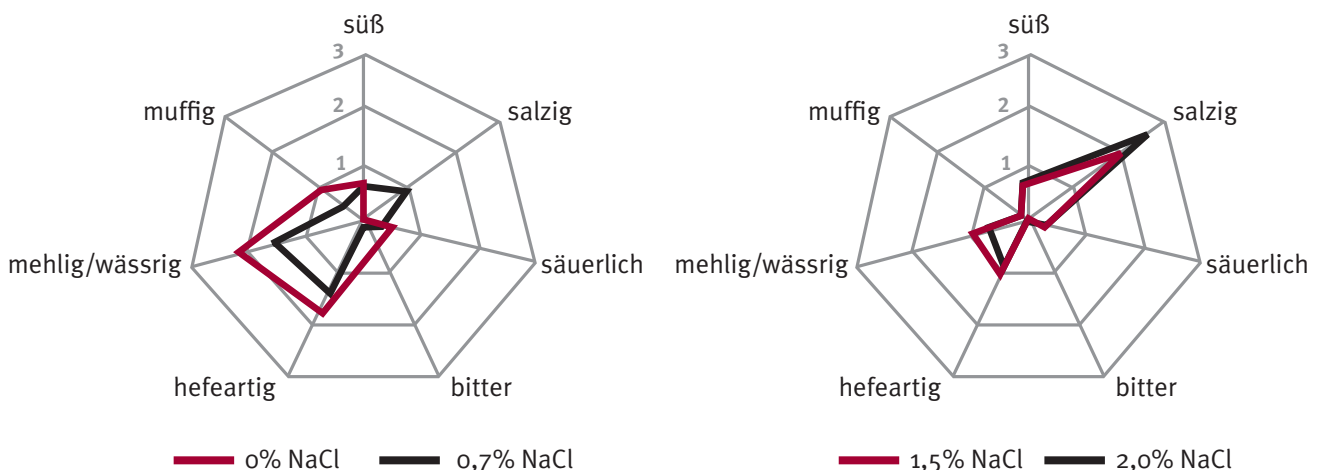


Abbildung 3: Aroma- und Geschmacksprofile von Brotkrume mit 0, 0,7, 1,5 und 2,0 Prozent NaCl (Natriumchlorid) [21]

Die in Deutschland aus sensorischen Gründen zugesetzte Kochsalzkonzentration in Brot liegt bei 1,0 bis 1,7 Prozent (1,5 bis 2,5 Prozent bezogen auf Mehl). Diese Menge liegt somit deutlich über der aus rheologischer Sicht notwendigen Kochsalzmenge von 0,3 Prozent (entspricht etwa 0,45 Prozent bezogen auf Mehl) [15].

### Strategien zur Kochsalzreduktion

Für Brot gestaltet sich die Kochsalzreduktion aufgrund der vielfältigen technologischen und sensorischen Funktionen von Natriumchlorid äußerst komplex, wobei der sensorische Aspekt das Hauptproblem darstellt, da aus technologischer Sicht der Salzgehalt auf bis zu 0,3 Prozent (0,45 Prozent bezogen auf Mehl) gesenkt werden könnte. Aus sensorischer Sicht dagegen ist bereits ein Unterschied von 0,3 Prozent ausgehend von einem Salzgehalt von 1 Prozent (bezogen auf Mehl) signifikant wahrnehmbar [21].

**Salzsubstitute.** Die wichtigste Strategie zur Salzreduktion ist der Einsatz von Ersatzstoffen. Der typische, reine Salzgeschmack wird neben Natrium auch durch Lithium hervorgerufen, welches jedoch aus toxikologischen Gründen als Natriumersatz in Lebensmitteln ausscheidet. Kalium weist ebenfalls eine salzige Geschmackskomponente auf, die aber mit einem metallisch-bitteren Nebengeschmack verbunden ist. Dennoch ist bislang der Einsatz von Kaliumchlorid als partieller Kochsalzersatz in vielen Lebensmitteln weit verbreitet. Das maximale Substitutionsniveau, das ohne negative sensorische Auswirkungen möglich ist, hängt stark vom jeweiligen Lebensmittel ab. In Brot gilt ein Austausch von 20 bis 30 Prozent als sensorisch unproblematisch [20, 24, 25]. Allerdings sind die gesundheitlichen Auswirkungen einer erhöhten Kaliumzufuhr bislang nicht ausreichend erforscht. Eine erhöhte Kaliumzufuhr wirkt zwar blutdrucksenkend, allerdings kann eine übermäßige Kaliumaufnahme eine Hyperkaliämie verursachen, die bei bestimmten Bevölkerungsgruppen (z. B. Personen mit fortgeschrittener Niereninsuffizienz) zu Herz-Rhythmus-Störungen und schließlich zu

einem Herz-Kreislauf-Stillstand führen kann [26]. Auch Kaliumgluconat sowie Calcium- und Magnesiumsalze wie Calciumchlorid, Magnesiumchlorid, Magnesiumacetat und Magnesiumsulfat sind weitere Kochsalzsubstitute, die neben dem Salzgeschmack auch eine bittere Geschmackskomponente aufweisen und somit nur begrenzt zur Substitution von Kochsalz geeignet sind [27, 28]. Eine teilweise Maskierung des Bittergeschmacks kann durch den Zusatz von Süßstoffen (z. B. Thaumatin, Aspartam) erreicht werden [20, 21]. Oft werden auch Kombinationen von mehreren Salzen eingesetzt, um eine maximale Natriumreduktion unter Erhalt der Geschmacksqualität zu erreichen. Dennoch ist mit allen bekannten Kochsalzsubstituten keine vollständige Substitution erreichbar. Ein weiterer Nachteil der Salzsubstitute ist der im Vergleich zu Kochsalz höhere Preis, denn Kaliumchlorid beispielsweise ist fünf- bis zehnmal so teuer wie Natriumchlorid.

**Salzverstärker.** Einige Substanzen, die selbst nicht salzig schmecken, können den Salzgeschmack von salzig schmeckenden Substanzen verstärken. Dazu gehören z. B. die Aminosäuren Glycin, L-Lysin und L-Arginin [20, 29]. Allerdings weisen diese Aminosäuren süße (Glycin), metallische (L-Arginin) und bitter-metallische (L-Lysin) Geschmacksnoten auf. Der Nebengeschmack und die beim Backen auftretende übermäßige Maillard-Reaktion limitieren den Einsatz dieser Substanzen. Glutamat und Ribonucleotide bewirken neben dem Umami-Geschmack ebenfalls eine Verstärkung des Salzgeschmacks, darüber hinaus verbessern diese Substanzen das Aroma in salzreduzierten Lebensmitteln und können den Bittergeschmack maskieren [20, 21, 30, 31]. Auch für Kalium-, Natrium- und Calciumsalze der Milchsäure wurde eine salzverstärkende Wirkung beschrieben [20]. Dies kann erklären, weshalb Weizenkeimbrot aus Sauerteig im Vergleich zu Brot aus nicht fermentiertem Teig nicht nur ein intensiveres Gesamtaroma, sondern auch eine höhere Salzintensität aufweist [32]. Andere salzgeschmacksverstärkende Substanzen sind das Cholinchlorid und die Trehalose, die aber auch einen intensiv fischigen bzw. süßen Nebengeschmack aufweisen und daher praktisch

nicht eingesetzt werden können. Oft werden Salzgeschmacksverstärker zusammen mit Salzsubstituten in Salzersatzmischungen gemeinsam eingesetzt, um eine maximale Salzsubstitution zu erreichen. Bei dem unter dem Namen „Pansalz“ kommerziell erhältlichen Kochsalzersatz handelt es sich beispielsweise um eine Kombination aus Natriumchlorid (57 Prozent), Kaliumchlorid (28 Prozent), Magnesiumsulfat (12 Prozent) und Lysinhydrochlorid (2 Prozent) [33].

**Inhomogene Salzverteilung.** Eine Verstärkung des Salzgeschmacks kann auch durch eine inhomogene Verteilung des Kochsalzes erreicht werden. Bei der Salzgeschmackswahrnehmung handelt es sich, wie bei der Wahrnehmung von Licht, Temperatur, Aroma und anderen Geschmacksrichtungen, um eine Kontrastwahrnehmung [34]. Das bedeutet, dass die wahrgenommene Salzintensität nicht nur von der absoluten Salzkonzentration, sondern auch vom Grad und der Geschwindigkeit der Konzentrationsänderung abhängt. Je größer der Unterschied in der Salzkonzentration ist, desto intensiver wird der Salzgeschmack wahrgenommen. Bei einer ausreichend schnellen Änderung der Stimuluskonzentration kann eine Adaption vermieden und so eine intensivere Wahrnehmung erreicht werden [35, 36]. Dieses Prinzip wurde in Form alternierender Teigschichten mit unterschiedlichen Salzkonzentrationen in Brot angewandt, wodurch die Salzintensität in Brot verstärkt und der Kochsalzgehalt um bis zu 28 Prozent reduziert werden konnte [37, 38]. Da diese Methode für die Brotherstellung wenig praktikabel ist, wurde eine weitere Methode zur Generierung einer inhomogenen Salzverteilung in Brot durch die Verwendung von verkapseltem Salz entwickelt [39]. Salzkristalle mit Korngrößen von 1000 bis 2000 µm wurden mit einem hochschmelzenden Fett überzogen, sodass sich die Verkapselung erst während des Backprozesses auflöste. Die daraus resultierende inhomogene Salzverteilung im Brot führte zu einer höheren sensorisch wahrnehmbaren Salzintensität und ermöglichte eine Reduktion des Kochsalzgehaltes in Brot von 2 Prozent auf 1 Prozent ohne Beeinträchtigung des Salzgeschmacks.

**Schrittweise Salzreduktion.** Eine vergleichsweise einfache Methode ist die langsame Salzreduktion in kleinen Schritten über einen längeren Zeitraum hinweg, die vom Verbraucher auf diese Weise nicht bemerkt und somit akzeptiert wird. Während die Lebensmittel bei einer sofortigen, starken Salzreduktion als fade und wenig schmackhaft empfunden werden [40], sind geringe und moderate Änderungen in der Salzkonzentration deutlich weniger wahrnehmbar [41]. Untersuchungen zeigten, dass der Kochsalzgehalt in Brot durch eine Salzreduktion in mehreren kleineren Stufen innerhalb von sechs Wochen von 2 Prozent auf 1,5 Prozent (bezogen auf Mehl) reduziert werden konnte, ohne dass die Testpersonen den Unterschied feststellten [42]. Um diese Methode in die Praxis umsetzen zu können, ist allerdings eine enge Zusammenarbeit der Lebensmittelindustrie und der Behörden erforderlich. Ein erfolgreiches Beispiel für diese Strategie ist Großbritannien. Im Rahmen einer Salzreduktionskampagne reduzierten die Lebensmittelhersteller den Salzgehalt in Getreideprodukten auf freiwilliger Basis innerhalb von sieben Jahren (1998 bis 2005) um 33 Prozent, und in Brot nahm der Salzgehalt seit Ende der 1980er Jahre um 25 Prozent ab. Eine führende Marke bei Ketchup und Saucen senkte den Salzgehalt in ihren Produkten um 11 bis 18 Prozent, und ein Hersteller von Käseprodukten reduzierte den Salzgehalt sogar um 33 Prozent [20]. Auch in Cerealien des weltweit führenden Herstellers wurde die Salzzugabe nach und nach so weit verringert, dass die Produkte heute nur noch halb so viel Salz enthalten wie noch vor zehn Jahren. Ferner gibt es im Handel Erdnüsse und Cashew-Kerne ohne Salz und wird z. B. Laugen-Knabbergebäck für Kinder mit 30 Prozent weniger Salz angeboten.

**Zusatz von Aromastoffen und aromagebenden Zusatzstoffen.** Bei einer Reduktion des Salzgehaltes in Brot nimmt nicht nur die Intensität des Salzgeschmacks ab, es verschlechtert sich auch das gesamte Aroma- und Geschmackprofil (siehe Abbildung 3). Bei der Salzreduktion muss somit nicht nur der Salzgeschmack durch den Zusatz von Salzsubstituten oder Salzverstärkern aufrecht erhalten, sondern es muss auch das Gesamtaroma berücksichtigt werden. Eine Verbesserung des Brot-



aromas kann beispielsweise durch den Einsatz von aromagebenden Zutaten wie Weizenkleie, Weizenkeimen, Sauerteig, Hefeextrakt, Ribonucleotiden, Aminosäuren und organischen Säuren erreicht werden. Diese Wirkung haben auch bestimmte Aromastoffe. Aromen, die mit einem Salzgeschmack in Verbindung gebracht wurden (z.B. Speck-, Sardinen-, Sardellen- und Käsearoma), verstärkten den Salzgeschmack wässriger Kochsalzlösungen und induzierten sogar in kochsalzfreiem, aber aromatisiertem Wasser einen Salzgeschmack [43]. Bei Aromen, die nicht mit einem Salzgeschmack in Verbindung gebracht werden (z.B. Karottenaroma), wurde dieses Phänomen nicht beobachtet. Allerdings ist in solchen Produkten zu beachten, dass sich der Aromaeindruck grundsätzlich von einem nicht aromatisierten Produkt unterscheidet.

### Fazit

Bislang ist keine Einzelsubstanz bekannt, die sowohl die sensorischen als auch die technologischen Eigenschaften von Kochsalz aufweist. Um bei einer Kochsalzreduktion in Brot und Backwaren die sensorischen und technologischen Eigenschaften aufrechterhalten zu können, werden häufig mehrere Methoden miteinander kombiniert. Selbst hinsichtlich der sensorischen Eigenschaften von Kochsalz existiert keine Substanz, die den reinen Salzgeschmack von Kochsalz aufweist und gleichzeitig das Gesamtaroma in gleicher Weise wie Natriumchlorid beeinflusst. In der Praxis werden aus diesem Grund meist Mischungen aus mehreren unterschiedlichen Substanzen für die Kochsalzsubstitution eingesetzt, um eine maximale Kochsalzsubstitution unter Erhalt der Geschmacksqualität zu erreichen. Dabei wird in der Regel ein Teil des Natriumchlorids durch Kaliumchlorid und auch durch kleinere Mengen an weiteren Salzen wie Magnesiumsulfat oder Calciumchlorid ersetzt.

Zusätzlich werden oft Salzgeschmacksverstärker, Bitterblocker und weitere aromaverbessernde Substanzen zugegeben. Mit diesen Methoden kann der Natriumgehalt um 20 bis 35 Prozent reduziert werden. In einzelnen Ländern, wie z. B. in Großbritannien,

konnte der Salzgehalt auch durch die vergleichsweise einfache Methode einer umfassenden langsamen und schrittweisen Reduktion des Salzgehaltes gesenkt werden.

Eine neue Methode zur Salzverstärkung in Brot stellt die inhomogene Salzverteilung dar, mit der der Kochsalzgehalt in Brot um bis zu 50 Prozent reduziert werden könnte. Daraus wird deutlich, dass es nicht einfach, aber derzeit doch möglich ist, eine beträchtliche Menge an Kochsalz in Backwaren zu ersetzen und so die Natriumaufnahme zu senken. Da der Verbraucher aber nur sensorisch und von der Textur einwandfreie Produkte kaufen wird, muss sichergestellt sein, dass die Reduzierung der Kochsalzkonzentration keine negativen Auswirkungen auf die Qualität der Lebensmittel hat. Ist dies nicht gegeben, steigt zudem die Wahrscheinlichkeit, dass durch Nachsalzen oder durch salzreiche Brotbeläge die Anstrengungen zunichte gemacht werden.

Die Darstellungen für Brot zeigen auch, dass eine pauschale Salzreduktion für alle verarbeiteten Lebensmittel nicht möglich ist, sondern dass vielmehr für jede Produktgruppe untersucht werden muss, ob und wie eine Reduktion möglich ist und wo die Grenzen sind.

### Korrespondenzanschrift



Tabea Pflaum und Prof. Dr. Peter Köhler  
Deutsche Forschungsanstalt für Lebensmittelchemie  
Lise-Meitner-Straße 34  
85354 Freising  
E-Mail: peter.koehler@tum.de

## Literaturverzeichnis

- [1] Deutsche Gesellschaft für Ernährung (DGE), Österreichische Gesellschaft für Ernährung (ÖGE), Schweizerische Gesellschaft für Ernährungsfor- schung (SGE), Schweizerische Vereinigung für Ernährung (SVE) (2012): Referenzwerte für die Nährstoffzufuhr. 1. Auflage, 4., korrigierter Nach- druck, Neuer Umschau Buchverlag, Neustadt an der Weinstraße: 162–163
- [2] Busch J., Feunekes G., Hauer B., Den Hoed W. (2010): Salt reduction and the consumer per- spective. *New Food* 2: 36–39
- [3] Heaney R. P. (2006): Role of dietary sodium in osteoporosis. *J Am Coll Nutr* 25: 271–276
- [4] Doyle M. E., Glass K. A. (2010): Sodium reduction and its effect on food safety, food quality, and human health. *Compr Rev Food Sci F* 9: 44–56
- [5] Mattes R. D., Donnelly D. (1991): Relative contri- butions of dietary-sodium sources. *J Am Coll Nutr* 10: 383–393
- [6] Max Rubner-Institut, Bundesforschungsinstitut für Ernährung und Lebensmittel (Hrsg.) (2008): Nationale Verzehrsstudie II, Ergebnisbericht Teil 2: 127
- [7] World Health Organisation (2003): WHO-Techni- cal Report 916: Diet, nutrition and the prevention of chronic diseases: 85–90. URL: [http://whq- libdoc.who.int/trs/who\\_trs\\_916.pdf](http://whq- libdoc.who.int/trs/who_trs_916.pdf) (Zugriff am 02.01.2013)
- [8] Statistisches Bundesamt (2011): Gesundheit – Todesursachen in Deutschland. Fachserie 12, Reihe 4: 1. URL: [https://www.destatis.de/DE/ Publikationen/Thematisch/Gesundheit/Todes- ursachen/Todesursachen2120400117004.pdf?\\_\\_ blob=publicationFile](https://www.destatis.de/DE/Publikationen/Thematisch/Gesundheit/Todes- ursachen/Todesursachen2120400117004.pdf?__ blob=publicationFile) (Zugriff am 02.01.2013)
- [9] Weinberger M. (1996): Salt sensitivity of blood pressure in humans. *Hypertension* 27: 481–490
- [10] Felder R. A., White M. J., Williams S. M., Jose P. A. (2013): Diagnostic tools for hypertension and salt sensitivity testing. *Curr Opin Nephrol Hypertens* 22 (1): 65–76
- [11] Bundesinstitut für Risikobewertung (BfR), Max Rubner-Institut (MRI), Robert Koch-Institut (RKI) (2011): Blutdrucksenkung durch weniger Salz in Lebensmitteln. Stellungnahme Nr. 007/2012 vom 29. Juni 2011. URL: <http://www.bfr.bund.de/cm/343/blutdrucksenkung-durch-weniger-salz- in-lebensmitteln.pdf> (Zugriff am 03.01.2013)
- [12] Von Liebig J. (1878): *Chemische Briefe*. 6. Auflage, C. F. Winter'sche Verlagsbuchhandlung, Leipzig und Heidelberg: 486
- [13] Preston K. R. (1981): Effects of neutral salts upon wheat gluten protein properties. I. Relationship between the hydrophobic properties of gluten proteins and their extractability and turbidity in neutral salts. *Cereal Chem* 58: 317–324
- [14] Lynch E. J., Dal Bello F., Sheehan E. M., Cashman K. D., Arendt E. K. (2009): Fundamental studies on the reduction of salt on dough and bread characteristics. *Food Res Int* 42: 885–891
- [15] Beck M., Jekle M., Becker T. (2012): Impact of sodium chloride on wheat flour dough for yeast- leavened products. II. Baking quality paramete- rs and their relationship. *J Sci Food Agric* 92: 299–306
- [16] He F. J., MacGregor G. A. (2002): Effect of modest salt reduction on blood pressure: a meta-analysis of randomized trials. Implications for public health. *J Hum Hypertens* 16: 761–770

- [17] Belz M. C. E., Mairinger R., Zannini E., Ryan L. A. M., Cashman K. D., Arendt E. K. (2012): The effect of sourdough and calcium propionate on the microbial shelf-life of salt reduced bread. *Appl Microbiol Biotechnol* 96: 493–501
- [18] Van der Klaauw N. J., Smith D.V. (1995): Taste quality profiles for fifteen organic and inorganic salts. *Physiol Behav* 58: 295–306
- [19] Tordoff M. G. (1996): Some basic psychophysics of calcium salt solutions. *Chem Senses* 21: 417–424
- [20] Kilcast D., den Ridder C. (2007): Sensory issues in reducing salt in food products. In: Kilcast D., Angus F. (Hrsg.): *Reducing salt in foods*. Woodhead Publishing Ltd, Cambridge, UK: 3–17
- [21] Heidolph B. B., Ray D. K., Roller S., Koehler P., Weber J., Slocum S., Noort M. W. J. (2011): Looking for my lost shaker of salt ... replacer: flavor, function, future. *Cereal Food World* 56: 5–19
- [22] Czuchajowska Z., Pomeranz Y., Jeffers H. C. (1989): Water activity and moisture content of dough and bread. *Cereal Chem* 66: 128–132
- [23] Skobranek H. (1998): *Bäckereitechnologie*. 3. Auflage, Handwerk und Technik, Hamburg
- [24] Braschi A., Gill L., Naismith D. J. (2009): Partial substitution of sodium with potassium in white bread: feasibility and bioavailability. *Int J Food Sci Nutr* 60: 507–521
- [25] Salovaara H. (1982): Sensory limitations to replacement of sodium with potassium and magnesium in bread. *Cereal Chem* 59: 427–430
- [26] Youn J. H., McDonough A. A. (2009): Recent advances in understanding integrative control of potassium homeostasis. *Annu Rev Physiol* 71: 381–401
- [27] Charlton K. E., MacGregor E., Vorster N. H., Levitt N. S., Steyn K. (2007): Partial replacement of NaCl can be achieved with potassium, magnesium, and calcium salts in brown bread. *Int J Food Sci Nutr* 58: 508–521
- [28] Takano H., Kondou R. (2002): Sodium gluconate and potassium gluconate as substitutes for sodium chloride in breadmaking. *Food Sci Technol Res* 8: 75–79
- [29] Forschungskreis der Ernährungsindustrie e.V. (FEI) (2011): Minimierung des Einsatzes von Kochsalz in der Brotrezeptur unter Beibehaltung der Backeigenschaften und der Geschmacksqualität. Abschlussbericht Projekt-Nr. AiF 16015 N. URL: [http://www.fei-bonn.de/projekte/projekt Datenbank.html/fv\\_16015/](http://www.fei-bonn.de/projekte/projekt Datenbank.html/fv_16015/) (Zugriff am 02.01.2013)
- [30] Ball P., Woodward D., Beard T., Shoobridge A., Ferrier M. (2002): Calcium diglutamate improves taste characteristics of lower salt-soups. *Eur J Clin Nutr* 56: 519–523
- [31] Roininen K., Lähteenmäki L., Tuorila H. (1996): Effect of umami taste on pleasantness of low-salt soup during repeated testing. *Physiol Behav* 60: 953–958
- [32] Rizzello C. G., Nionelli L., Coda R., Di Cagno R., Gobbetti M. (2010): Use of sourdough fermented wheat germ for enhancing the nutritional, texture and sensory characteristics of the white bread. *Eur Food Res Technol* 230: 645–654
- [33] Karppanen H. (1994): An antihypertensive salt: crucial role of Mildred Seelig in its development. *J Am Coll Nutr* 13: 493–495
- [34] Alberts B., Bray D., Lewis J., Raff M., Roberts K., Watson J. D. (1994): Cell signaling. In: Alberts B., Bray D., Lewis J., Raff M., Roberts K., Watson J. D. (Hrsg.): *Molecular biology of the cell*. Garland Publishing Inc., New York, US: 721–785

MODERNE

**Ernährung**

WWW.LCI-KOELN.DE WWW.BDSI.DE

HEUTE

- [35] Busch J. L. H. C., Tournier C., Knoop J. E., Kooyman G., Smit G. (2009): Temporal contrast of salt delivery in mouth increases salt perception. *Chem Senses* 34: 341–348
- [36] Meiselman H. L., Halpern B. P. (1973): Enhancement of taste intensity through pulsatile stimulation. *Physiol Behav* 11: 713–716
- [37] Noort M. W. J., Bult J. H. F., Stieger M., Hamer R. J. (2010): Saltiness enhancement in bread by inhomogeneous spatial distribution of sodium chloride. *J Cereal Sci* 52: 378–386
- [38] Stieger M. A., Bult J. H. F., Hamer R. J., Noort M. W. J. (2009): Food product with inhomogeneous tastant bulk distribution and method for making such food product. PCT Pat. WO 2009/108057, Veröffentlichung am 03.09.2009
- [39] Noort M. W. J., Bult J. H. F., Stieger M. (2012): Saltiness enhancement by taste contrast in bread prepared with encapsulated salt. *J Cereal Sci* 55: 218–225
- [40] Beauchamp G., Bertino M., Moran M. (1982): Sodium regulation: sensory aspects. *J Am Diet Assoc* 80: 40–45
- [41] Rodgers A., Neal B. (1999): Less salt does not necessarily mean less taste. *Lancet* 353: 1332
- [42] Girgis S., Neal B., Prescott J., Prendergast J., Dumbrell S., Turner C., Woodward M. A. (2003): One-quarter reduction in the salt content of bread can be made without detection. *Eur J Clin Nutr* 57: 616–620
- [43] Lawrence G., Salles C., Septier C., Busch J., Thomas-Danguin D. (2009): Odour-taste interactions: a way to enhance saltiness in low-salt content solutions. *Food Qual Prefer* 20: 241–248

