

# Ernährung

März 2003

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

HEUTE

## Geschmacksfragen – Neues aus der Ernährungsforschung Mechanismen der Geschmackswahrnehmung und ihre Auswirkung auf das Essverhalten

Prof. Dr. Wolfgang Meyerhof

Abteilung Molekulare Genetik des Deutschen Instituts für Ernährungsforschung,  
Potsdam-Rehbrücke

Seite 1-5

## Mehrfach ungesättigte Fettsäuren, Kohlenhydrate und Immunreaktionen Neue Erkenntnisse über die Bedeutung der Ernährung bei Autoimmunkrankheiten

Prof. Dr. med. Olaf Adam

Walther-Straub-Institut,  
Ludwig-Maximilians-Universität, München

Seite 6-9

**REDAKTION UND RÜCKFRAGEN:**

ABC EURO RSCG, AGENTUR FÜR KOMMUNIKATION GMBH (GPRA)  
RÖDINGSMARKT 9, 20459 HAMBURG, TEL.: (040) 431 75-0, FAX: (040) 431 75-110, E-MAIL: WPD@ABCEURORSCG.COM

## Geschmacksfragen – Neues aus der Ernährungsforschung

### Mechanismen der Geschmackswahrnehmung und ihre Auswirkung auf das Essverhalten

#### Zusammenfassung:

Das wichtigste Organ für das Schmecken ist die Zunge. Dort liegen die für den Geschmack zuständigen Geschmackspapillen. Es gibt drei Typen von Papillen mit unterschiedlicher Verteilung auf der Zungenoberfläche. Auf ihnen sind die so genannten Geschmacksknospen angesiedelt. Nur einige der ca. 100 Zellen einer Geschmacksknospe sind die eigentlichen Sinneszellen. Sie werden als Geschmacksrezeptorzellen (GRZ) bezeichnet und signalisieren dem Menschen die fünf grundlegenden Geschmacksmuster süß, sauer, bitter, salzig und umami (Geschmack von Glutamat). Den einzelnen Geschmacksqualitäten fallen dabei wichtige physiologische Rollen zu und sie bedienen sich unterschiedlicher Mechanismen, um die GRZ zu reizen. Bei der Erforschung dieser Mechanismen ist die Wissenschaft in der letzten Zeit bedeutend vorangekommen. Wesentliche Grundlagen der Geschmackswahrnehmung und der erzielte wissenschaftliche Fortschritt sollen im vorliegenden Artikel besprochen werden.

**Prof. Dr. Wolfgang Meyerhof, Deutsches Institut für Ernährungsforschung, Abteilung Molekulare Genetik, Potsdam-Rehbrücke**

Pralinen, zartes Gebäck, Marzipan umhüllt von Zartbitterschokolade oder würzige Kartoffelchips – wohl jeder weiß diese Sinnesfreuden zu schätzen. Doch was geschieht eigentlich beim Schmecken auf der Zunge und wie erfährt das Gehirn davon? Beeinflusst der Geschmackssinn das Essverhalten, die Ernährungsweise und gar das Körpergewicht? Diesen schwierigen Fragen mit Konsequenzen für unser Verhalten, unsere Gesundheit und unser gesellschaftliches Ansehen stellt sich die moderne Ernährungsforschung.

#### Schmecken beginnt im Mund

Die Geschmackswahrnehmung im Mund findet überwiegend auf der Zunge statt. Die für den Geschmack zuständigen Papillen sind einfach zu erkennen. Am leichtesten können wir die kleineren Pilzpapillen als rötliche Erhebungen der vorderen und seitlichen Zungenoberfläche identifizieren. V-förmig im Hintergrund angeordnet liegen zwischen drei und 18 große Wallpapillen. Schließlich gibt es noch die Blätterpapillen des hinteren Zungenseitenrandes. In den Papillen befinden sich zwiebelartige Ge-

schmacksknospen. Sie sind so in das Epithel eingelagert, dass die Spitzen als kraterförmige Vertiefungen die Geschmacksporen ausbilden. Insgesamt gibt es rund 7.000 Geschmacksknospen, die sich auf den Papillen und im Epithel des Mund-Rachenraums verteilen.

Nur einige der 100 Zellen einer Geschmacksknospe sind die eigentlichen Geschmacksrezeptorzellen (GRZ). Sie ragen nur mit der Spitze ihrer fingerförmigen Struktur in die Geschmackspore und treten dort mit den Geschmacksstoffen in Wechselwirkung. GRZ selbst sind keine Nervenzellen, sondern als Sinneszellen spezialisierte Epithelzellen. Erst die Reizung der Geschmacksknospen führt zur Erregung der kranialen (zum Kopf gehörenden) Nerven und ermöglicht dadurch die Reizweiterleitung zum Gehirn.

Definitionsgemäß „schmecken“ nur Stoffe, die in der Lage sind, die GRZ zu reizen. Das heißt, dass zwar viele Sinneswahrnehmungen zum Geschmack einer Speise beitragen, aber nur die fünf grundlegenden Qualitäten, süß, sauer, salzig, bitter und umami (= schmackhaft, der Geschmack

von Glutamat) zum Geschmackssinn zählen.

GRZ dienen als Sensoren zur chemischen Analyse der Nahrung. Demzufolge entscheidet der Geschmackssinn als letzte Kontrollinstanz darüber, was wir essen. Den einzelnen Geschmacksqualitäten fallen hierbei wichtige physiologische Rollen zu. Sie bedienen sich unterschiedlicher Mechanismen zur Reizumsetzung, an deren Ende jedoch immer die Erregung der GRZ, also die Erzeugung von elektrischen Impulsen, steht.

### Salzig

Der Salzgeschmack spielt eine wichtige Rolle für den Mineralstoffhaushalt. Neben den Natriumionen des Kochsalzes werden auch andere Ionen als salzig wahrgenommen. Die Empfindung salzig beginnt mit einer Erhöhung der Salzkonzentration in der Mundhöhle. Weiterhin spielen bestimmte Ionenkanäle eine Rolle, also Eiweißstoffe, die Poren in der Zelloberfläche ausbilden. Durch diese Poren können die positiv geladenen Natriumionen in die GRZ einfließen. Dadurch ändert sich der Ladungszustand der Zelle. Diese Ladungsänderung stellt den Reiz dar. Wir gehen heute davon aus, dass verschiedene Natriumkanäle am Salzgeschmack beteiligt sind. Die Hauptrolle spielt, zumindest in Nagetieren, der so genannte Natriumkanal ENAC [1].

### Sauergeschmack

Der Sauergeschmack ist wichtig für die Regulation des Säure-Basenhaushalts. Der Begriff ‚sauer‘ lässt sich relativ leicht beschreiben durch die Anwesenheit von Wasserstoffionen, auch Protonen genannt, die mit der Nahrung aufgenommen werden und von Säuren stammen. Ein gemäßigter Gehalt an Säure, also Protonen, verbessert den Geschmack mancher Lebensmittel (z.B. Fruchtsaftgetränke). Starker Sauergeschmack hingegen wird meist abgelehnt und warnt vor dem Genuss unreifen Obstes oder verdorbener Nahrung. Ähnlich wie beim Salzgeschmack entsteht auch der Sauergeschmack über

Ionenkanäle, die sich grob in zwei Klassen einteilen lassen [1]. Dazu zählen zum einen Kanäle, die für Protonen nicht durchlässig sind, sondern lediglich durch Protonen in der Mundhöhle reguliert werden. Zum anderen ist auch der bereits erwähnte Natriumkanal ENAC an der Geschmackempfindung sauer beteiligt.

### Süß

Die Vorliebe für süße Geschmacksreize ist angeboren und hat schon in der evolutionsbiologischen Entwicklung den Menschen das Überleben gesichert. Der süße Geschmack ist mit dem Vorkommen unserer wohl wichtigsten Energielieferanten, den Kohlenhydraten, gekoppelt.

Neben Mono- und Disacchariden erscheinen auch komplexere Kohlenhydrate als süß, da bereits durch Enzyme des Speichels einfache Kohlenhydrate entstehen. Da Zuckermoleküle nicht selbst in die GRZ eindringen können, führen beim Süßgeschmack ganz andere Vorgänge als beim Salz- oder Sauergeschmack zur Reizung der GRZ. Im Mittelpunkt steht dabei der Süßrezeptor. Dieser besteht aus zwei Eiweißstoffen, den T1R2 und T1R3 [2]. Der Süßrezeptor ist so in die die GRZ umhüllende Membran eingebaut, dass einige seiner Teile an der Zellaußenseite, andere an der Zellinnenseite lokalisiert sind. Die Teile des Süßrezeptors der Zellaußenseiten bilden ein Bindungsmotiv, das man als Venusfliegenfalle bezeichnet. Zuckermoleküle der Nahrung, aber auch andere süß schmeckende Stoffe, binden an dieses Motiv und aktivieren den Süßrezeptor in der Art, dass auf der Zellinnenseite biochemische Prozesse in Gang gesetzt werden. Am Ende einer ganzen Kaskade von Reaktionen steht schließlich die Erregung der GRZ.

### Umamigeschmack

Der Begriff umami kommt aus dem Japanischen und beschreibt den Geschmack, der durch Glutamat entsteht. Glutamat ist das Salz der Aminosäure Glutaminsäure und wird als Geschmacksverstärker in der Küche eingesetzt.

Umami zeigt proteinhaltige Nahrung wie Fleisch, Milch, Käse sowie Getreide und Gemüse an. Neben Glutamat lösen auch andere Aminosäuren und kleine Peptide den Umamigeschmack aus. Bemerkenswert ist, dass diese Geschmacksrichtung durch bestimmte Nukleotide wie Inosin-, Adenosin- und Guanosinmonophosphat gesteigert wird. Diese Stoffe, die selbst geschmacklos sind, entstammen dem Nukleinsäurestoffwechsel und sind in Fleisch, Fisch, Krebstieren, Tintenfischen, Zwiebeln, Tomaten und insbesondere in Shiitake-Pilzen vorhanden.

Die Mechanismen, die beim Umamigeschmack zur Erregung der GRZ führen, ähneln denen des Süßgeschmacks sehr. Auch hier spielt ein Rezeptor die zentrale Rolle, der aus zwei verschiedenen Eiweißstoffen, T1R1 und T1R3, aufgebaut ist [3]. Der Süß- und der Umami-Rezeptor teilen sich also eine gemeinsame Komponente, nämlich den Eiweißstoff T1R3.

### **Bittergeschmack**

Stark Bitteres gilt als ungenießbar. Selbst Lebensmittel mit leichtem Bittergeschmack wie bestimmte Gemüse, Salate oder Kohlsorten werden vielfach abgelehnt. Kinder sind dabei besonders empfindlich. Ursprünglich hat sich der Bittergeschmack entwickelt, um vor Vergiftungen zu warnen. Diese Ablehnung ist angeboren. Mitunter werden aber Bitterstoffe in Speisen und Getränken erwartet und tragen zum guten Geschmack und zur Bekömmlichkeit bei. Zartbittere Schokolade, Kaffee und Bier sind bekannte Beispiele dafür. Bittergeschmack ist komplex; Schätzungen gehen von tausenden von Bitterstoffen aus, die verschiedenen chemischen Klassen angehören. Das wirft die Frage auf, wie viele Rezeptoren der Mensch besitzt, um diese Substanzen wahrnehmen zu können. Trotz der Vielzahl unterschiedlicher Bitterstoffe schmecken wir sie einheitlich und können zwischen ihnen nicht unterscheiden. Biologisch ist das vernünftig. Der einheitliche Eindruck beschleunigt die Erkennung und verhindert so das Verschlucken giftiger Nahrung.

Auch Bitterstoffe können nicht selbst in die GRZ gelangen. Sie aktivieren ebenfalls Rezeptormoleküle auf der Außenseite der GRZ, sogenannte T2Rs, von denen es etwa 25 verschiedene gibt [4-6]. In Untersuchungen wurde festgestellt, dass die einzelnen Rezeptoren auf verschiedene Bitterstoffe reagieren. Für einen dieser Rezeptoren konnte ziemlich genau das Spektrum der zugehörigen Bitterstoffe geklärt werden [6]. Salicin, als schmerzlin- dernder Naturstoff bekannt, ist z.B. ein Bitterstoff, der den gleichen Rezeptor aktiviert wie das Amygdalin aus der Bittermandel und den Kernen von Steinobst. Ein weiterer Rezeptor ist durch das in der Kriminalgeschichte gut bekannte Gift Strychnin aktivierbar [6].

### **Reizfortleitung zum Gehirn**

Die bewusste Wahrnehmung der Geschmacksqualitäten entsteht durch die Aktivität von Nervenzellen der Großhirnrinde. Die Geschmacksinformation wird von der Zunge über mehrere Zwischenstationen übertragen [7]. Erste Station ist die Erregung von Nervenzellen erster Ordnung durch die GRZ selbst. Die Fasern dieser Nervenzellen reizen viele GRZ, umgekehrt bilden einzelne GRZ Kontakte mit mehreren Fasern aus. Hieran sind drei bestimmte Hirnnerven beteiligt. Die Zellkörper der Fasern finden sich jeweils in verschiedenen Ganglien. Dies sind Gruppen von Nervenzellen außerhalb des Gehirns. Alle Fasern enden im Nachhirn, dem so genannten Geschmackskern. Hier wird die Geschmacksinformation auf die Geschmacksnervenzellen zweiter Ordnung übertragen. Die Fasern dieser Zellen ziehen zum Zwischenhirn, wo sie Kontakte mit Nervenzellen dritter Ordnung eingehen. Deren Fasern erreichen schließlich die Großhirnrinde. Die Mehrheit der GRZ reagieren – ebenso wie Signal aufnehmende oder weiterverarbeitende Nervenzellen – nicht nur auf eine, sondern auf mehrere Geschmacksqualitäten. Daher können wir annehmen, dass die Geschmacksinformation als übergreifendes Aktivitätsmuster einander überlappender Kanäle weitergeleitet wird – und nicht durch getrennte Kanäle für süß, sauer, salzig und bitter

[7] Mustererkennungsprozesse in der Großhirnrinde ermöglichen schließlich die Entschlüsselung der Information über Art und Konzentration der Geschmacksstimuli.

### Geschmack und Essverhalten

Menschen müssen essen, um die Körperfunktionen zu erhalten und am Leben zu bleiben. Aus diesem Grund haben sich Kontrollmechanismen herausgebildet, die eine adäquate Nahrungsaufnahme gewährleisten. Die homöostatischen Mechanismen, die das biologische Gleichgewicht aufrechterhalten, sind vergleichsweise gut untersucht. Sie beteiligen u.a. Hormonspiegel und Konzentrationen von Stoffwechselprodukten im Blutplasma. Diese können fehlreguliert sein, wie es bei der verstärkt auftretenden Adipositas der Fall sein kann. Wenn allerdings homöostatische Mechanismen allein das Essverhalten regulieren würden, dann müsste wohl jeder, der nicht unter einer Fehlregulierung leidet, sein Idealgewicht aufweisen. Essen wäre dann ausschließlich eine notwendige, aber uninteressante Handlung. Das ist natürlich nicht der Fall. Essen kann mit großem Vergnügen und Belohnung verbunden sein, aber auch mit starker Ablehnung. Beides wird durch Botenstoffe im Gehirn ausgelöst [8]. Es ist kein Zufall, dass körpereigene Opiate wie die Endorphine dabei eine wichtige Rolle spielen. Endorphine (Kurzwort für endogen = im Körper gebildete Morphine) erzeugen ein Gefühl von Glück und Zufriedenheit. Der Verzehr von Schokolade beispielsweise lässt den Endorphinspiegel im Gehirn ansteigen.

Die Vorliebe für Süßes und Umami und die Ablehnung von Bitterem und Saurem ist angeboren, wie man aus Versuchen mit Neugeborenen folgern kann. Diese Beobachtungen belegen, dass Geschmackserfahrungen im frühen Kindesalter spätere Vorlieben beeinflussen können. In diesem Zusammenhang kommt der Muttermilch eine besondere Bedeutung zu. Erstens enthält sie Zucker und Glutaminsäure, die für den Süß- und Umami-Geschmack verantwortlich sind. Zweitens ist es auch möglich, dass

Geschmacks- oder Aromastoffe, die aus der mütterlichen Nahrung in die Milch gelangen, auf kindliches Essverhalten einwirken. Die Neigung zu Süßem und Bekanntem bleibt während der ersten Lebensjahre erhalten. Während dieser Zeit bevorzugen Kinder in Versuchsreihen die konzentriertesten Zuckerlösungen. Bei Jugendlichen gewinnt Salziges an Bedeutung. Es wirken sich auch zunehmend Umwelteinflüsse auf die Geschmacks- oder Ernährungsvorlieben aus. Dazu zählen positive und negative Erfahrungen beim Probieren unbekannter Speisen, Trends, Informationen über preiswert/teuer usw. Präferenzen für Bitteres, z.B. für Kaffee und Bier, werden durch Erlernen im Erwachsenenalter erworben.

Die angeführten Überlegungen verdeutlichen, dass Geschmack wesentlich für die Ausbildung von Nahrungsvorlieben ist [9]. Unklar ist jedoch, ob es eine Korrelation zwischen individueller Geschmackswahrnehmung, Essverhalten und Körpergewicht gibt. Abweichungen in der Geschmackswahrnehmung sind belegt. Sie können genetisch bedingt sein, wie es für die Bittersubstanz 6-n-Propylthiouracil (PROP) bekannt ist. In Abhängigkeit der Geschmacksempfindlichkeit gelten ca. 30 % der Bevölkerung als PROP-Nichtschmecker, die anderen als Schmecker oder Superschmecker. PROP-Schmecker bewerten bittere Nahrungs- oder Genussmittel wie Grünkohl, Brokkoli, Grapefruitsaft und Kaffee im Vergleich zu PROP-Nichtschmeckern eher als unangenehm. Es gibt jedoch nur einen Bericht, der einen Zusammenhang zwischen PROP-Schmeckerstatus und Körpergewicht herstellt. Man kennt aber weitere Beobachtungen, die eine Beziehung zwischen Geschmackswahrnehmung und Körpergewicht nahe legen. So kommt es zum Gewichtsverlust bei Personen, die ihren Geschmackssinn eingebüßt haben. Bei Übergewichtigen können die meisten Studien jedoch keinen Zusammenhang zwischen sensorischer Wahrnehmung, verändertem Genussempfinden und Nahrungsauswahl herleiten.

## Fazit

Die Forschung ist bei der Identifizierung der Rezeptoren für die verschiedenen Geschmacksstoffe entscheidend vorgekommen. Man beginnt zu verstehen, wie Geschmacksstoffe und Rezeptoren miteinander wechselwirken. Die Kenntnis von der Anwesenheit der Rezeptoren in einzelnen GRZ lässt erste Rückschlüsse zu, wie Geschmackswahrnehmung kodiert sein könnte.

Es bedarf jedoch weiterer intensiver Forschung zur Klärung der offenen Fragen. Diese gibt es nicht nur bei der Biochemie der GRZ und der Neurotransmission der Geschmacksinformation. Gerade, wenn wir zur Neuropsychologie des Essverhaltens übergehen, wird es kompliziert. Die Isolierung der Geschmacksrezeptorgene wird aber helfen, das Verhalten von GRZ zu verstehen, die Neurotransmission von den GRZ zur Großhirnrinde zu verfolgen und die Wechselwirkung des Geschmackssystems mit dem Belohnungssystem des Gehirns sowie den Hunger- und Sättigungszentren zu untersuchen. Sie wird auch dazu beitragen, weitere genetisch bedingte Geschmacksunterschiede aufzuspüren und zu erforschen, was Gourmets und Gourmands unterscheidet.

## Korrespondenzanschrift

Prof. Dr. Wolfgang Meyerhof  
Deutsches Institut für Ernährungsforschung  
Abteilung Molekulargenetik  
Arthur-Scheunert-Allee 114-116  
14558 Potsdam-Rehbrücke  
E-Mail: meyerhof@mail-dife.de

## Literaturhinweise

1. Lindemann, B. (2001). Receptors and transduction in taste, *Nature* 413, 219-25.
2. Nelson, G., Hoon, M. A., Chandrashekar, J., Zhang, Y., Ryba, N. J., and Zuker, C. S. (2001). Mammalian sweet taste receptors, *Cell* 106, 381-90.
3. Nelson, G., Chandrashekar, J., Hoon, M. A., Feng, L., Zhao, G., Ryba, N. J., and Zuker, C. S. (2002). An amino acid taste receptor, *Nature* 416, 199-202.
4. Adler, E., Hoon, M. A., Mueller, K. L., Chandrashekar, J., Ryba, N. J., and Zuker, C. S. (2000). A novel family of mammalian taste receptors. *Cell* 100, 693-702.
5. Chandrashekar, J., Mueller, K. L., Hoon, M. A., Adler, E., Feng, L., Guo, W., Zuker, C. S., and Ryba, N. J. (2000). T2Rs function as bitter taste receptors, *Cell* 100, 703-11.
6. Bufe, B., Hofmann, T., Krautwurst, D., Raguse, J.-D., and Meyerhof, W. (2002). The human TAS2R16 receptor mediates bitter taste in response to betaglycosides, *Nature Genetics* 32, 397-401.
7. Smith, D. V., and Margolskee, R. J. (2001). Das Geheimnis des Geschmacksinns, *Spektrum der Wissenschaft* 7, 38-46.
8. Saper C. B., Chou, T. C., and Elmquist, J. K. (2002) The need to feed: homeostatic and hedonic control of eating, *Neuron* 36,199-211.
9. Drewnowski, A. (1997). Taste preferences and food intake, *Annu Rev Nutr* 17, 237-53.