

Carsten Meyerhoff und Friederike Bischof

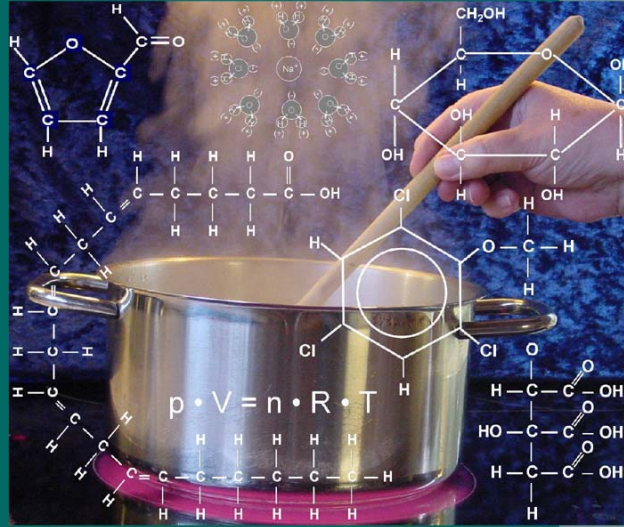
Wissenschaft im Kochtopf



Küchengeheimnisse
wissenschaftlich erklärt

Carsten Meyerhoff und Friederike Bischof

Wissenschaft im Kochtopf



Küchengeheimnisse
wissenschaftlich erklärt

Wissenschaft im Kochtopf

Küchengeheimnisse
wissenschaftlich erklärt

von Carsten Meyerhoff und
Friederike Bischof

Books on Demand

**„Es wird mit Recht ein guter Braten gerechnet
zu den guten Taten.“**

**Wilhelm Busch (1832-1908), dt. Schriftsteller, Maler
u. Zeichner**

Vorwort

Einleitung

Grundlagen

Unser Körper: Nahrungsaufnahme und Verdauung

Ein kurzer Überblick über die Verdauung

Die Zunge

Geschmackssinn

Geruchssinn

Essen spricht viele Sinne an

Physik in der Küche

Wärme

Verhalten von Gasen

Osmose und Diffusion

Emulsionen

Edelmetalle und Spannungsreihe

Küchentechniken: Eine kleine Vokabellehre

Hilfsmittel in der Küche

Kochen, Backen, Braten

Kälte / Aufbewahren

Vorbereiten, Nachbereiten und kalte Küche

Küchenhygiene

Wichtige Helfer: Mikroorganismen

Milchsäuregärung und alkoholische Gärung

Essigherstellung

Zusammensetzung und Aufbau der Nahrungsmittel

Eiweiße

Verhalten von Eiweißen: Sol- und Gelzustand

Die Maillard-Reaktion

Unangenehme Gerüche neutralisieren

Fette

Gesättigte und ungesättigte Fettsäuren

Haltbarkeit von Fett: Radikale lassen Fett altern

Was passiert beim Schmelzen von Fett?

Welches Fett für welchen Zweck?

Lecithin
Kohlenhydrate
Gewinnung von Zucker
Zuckerraffination
Süße in der Lebensmittelindustrie
Stärke und Zellulose

Ballaststoffe
Mikronährstoffe, Vitamine und Spurenelemente
Sekundäre Pflanzenstoffe
Problematische Stoffe in der Nahrung
Nitrat, Nitrit und Nitrosamine
Krebserzeugende Substanzen durch Hitze

Zubereitung von Fleisch
Fleisch und Wurst
Der ideale Braten
Für einen zarten Braten: die richtige Kerntemperatur!
Richtig würzen
Richtig schneiden
Das Niedertemperaturverfahren
Kurzgebratenes: Steak & Co
Grillen
Die amerikanische Variante des Grillens: Barbecue
Fleischzartmacher
Weitere Methoden, Fleisch mürbe zu bekommen
Marinieren
Mechanische Methoden

Milch und Milchprodukte
Von der Milch zur Butter
Käseherstellung
Lagerung von Käse
Warum schmilzt Käse so gut?
Kunst- und Analogkäse

Soßen binden
Soßen binden mit Fett: eine Emulsion

Eine Wasser-in-Öl-Emulsion: Mayonnaise und Holländische Soße

Soße binden mit Stärke

Soßen binden mit Fett und Stärke

Industriell gefertigte Soßenpulver

Das Kücheneinmaleins der Soßen

Zubereitung und Konservierung pflanzlicher Nahrungsmittel

Gemüse

Obst

Nüsse

Kräuter und Gewürze

Pilze

Backen und Frittieren

Welches Fett ist zum Frittieren geeignet?

Frittieren nur mit Panierung!

Was genau passiert beim Frittieren?

Was passiert beim Backen im Backofen?

Der Trieb macht den Teig locker

Physikalischer Trieb: Biskuit und Blätterteig

Brandteig

Hefeteig

Sauerteig

Backpulver

Rührteig

Teige ohne Triebmittel

Mürbteig

Strudelteig und Nudelteig

Backzusätze

Süßspeisen

Andicken von Süßspeisen mit Ei: zur Rose abziehen

Geschmolzener Zucker: Deko, Zuckerwatte und Karamell

Schokolade

Alkohol

Bierbrauen

[Schnaps brennen](#)
[Flambieren](#)

[Das Aroma der Speisen](#)

[Richtiger Umgang mit Aromen in der Küche](#)

[Aromen in der Lebensmittelindustrie](#)

[Manipulation im Supermarkt: Duftmarketing](#)

[Aromatisieren von Speisen - eine neueste Erfindung?](#)

[Kaffee aromenschonend zubereiten](#)

[Kleine Übersicht der Lebensmittelzusatzstoffe und E-
Nummern](#)

[Was ist gesunde Ernährung?](#)

[Tipp für die Küche](#)

[Zum Weiterlesen empfohlen](#)

Vorwort

Der Witz zum Thema geht so: Fragt die kleine Tochter die Mutter: „Warum schneidest Du beide Enden von der Wurst, bevor Du sie in die Pfanne tust und anbrätst?“ - „Keine Ahnung, das macht man eben so.“ - „Warum macht man das so?“ - „Weiß nicht, das hat schon meine Mutter so gemacht.“ - „Aber warum?“ Jetzt wird die Oma gefragt. Auch die weiß nicht warum. Macht man eben so. Hat schon ihre Mutter so gemacht. Das Mädchen will es unbedingt wissen, also wird die Urgroßmutter im Altersheim gefragt. Ihre Antwort: „Sagt bloß, Ihr habt noch immer diese winzige Pfanne...“

Dieses Buch verdanken Sie meinem Patenkind, der kleinen Bernadette. Sie hat den Anstoß für die Beschäftigung mit derartigen Fragen gegeben. (Mittlerweile ist es unser Hobby geworden. Ein schönes Hobby, das man essen kann. Leider macht es dick). Mein Gott - wie die Zeit vergeht, dieses Jahr macht Bernadette Abitur! Am Anfang des Themas jedenfalls war sie noch klein, ungefähr vier Jahre alt, im besten Warum-Alter, als sie mir eines Sonntags vormittags in der Küche half (die Eltern wollten mal ausschlafen und über ein Geschwisterchen diskutieren). Ich übergoss gerade den Braten mit Fleischsaft, und sie fragte „Warum gießt du die Soße auf den Braten?“ „Weil er dann besser schmeckt!“ - „Warum schmeckt er dann besser?“ - „Weil er eine schöne Kruste kriegt.“ - „Aber warum?“ - „Weil...- das macht man eben so.“ - „Warum?“ Ja, warum eigentlich? Was hat es mit dem Braten auf sich? Wieso schmeckt gebratenes Fleisch anders und viel intensiver als rohes? Warum wird ein Ei durch Kochen hart - Fleisch aber weich? Warum ist das Steak zur Schuhsohle geworden? Warum? Wieso? Und weshalb? Und stimmt das alles wirklich?

Tausend Fragen - tausend Möglichkeiten. Wir wollten es genau wissen und begannen zu recherchieren. Wir verschlangen die einschlägigen Bücher und Kochwerke, bildeten uns in Kochkunst und Lebensmittelchemie fort, fragten Hausfrauen, Profiköche und Chemiker, nutzten zunehmend das Internet, die Foren und Wikipedia. Hinter jeder Antwort tauchten neue Welten und neue Fragen auf. Wir untersuchten das Problem wissenschaftlich, machten Experimente und Versuchsreihen.

Schmeckt Pfeffer oder Paprikapulver anders, wenn man ihn/es mitkocht? - Ja, Pfeffer schmeckt eindeutig schlechter, als wenn er vor dem Servieren frisch aus der Mühle stammt. Aber bei ganzen Pfefferkörnern nicht, die müssen mitgekocht werden. Paprika wird bitter, wenn man ihn anbrät oder zu lange kocht. Geht der Kuchenteig besser auf, wenn man das Mehl siebt? Rührteig, Biskuit und Hefeteig werden deutlich luftiger dadurch, Mürbteig nicht. Fleisch vor dem Anbraten salzen, wie es in jedem Kochbuch steht? Nein, auf keinen Fall, dann zieht es Wasser und wird beim Braten trocken und hart. Fleisch von allen Seiten erst einmal scharf anbraten, damit sich die Poren schließen? Welche Poren? Fleisch hat keine Poren! Wir haben unter dem Mikroskop nachgesehen. Sogar der große Justus von Liebig, der Urvater aller Lebensmitteltechnologien, hat sich hier geirrt. Der Saft läuft ohne und mit scharfem Anbraten aus. Viel wichtiger ist, das Fleisch vor dem Anbraten NICHT zu salzen... Das scharfe Anbraten hat andere Gründe (hygienische nämlich, da werden die Bakterien auf der Oberfläche des Fleischstückes zerstört. Für die Maillardreaktion (siehe Seite [→](#)) ist es egal, ob man den Braten vorher scharf anbrät oder hinterher unter den Grill legt).

Unser Hobby bestimmte schließlich allen Smalltalk. Wissen Sie, dass einem von frischer Ananas die Zähne ausfallen können? Ist tatsächlich passiert, weil... (Seite [→](#)).

Tomatensoße macht Löcher in Alufolie, wenn sie falsch gelagert wird! Ist doch klar, denn so entsteht... (Seite →). Wenn Spinat schon gesund ist, ist Schokolade noch viel gesünder, denn sie enthält fast doppelt so viel Eisen (Seite →). Und dass mit Fett sparsam umgegangen werden sollte, ist wissenschaftlich keineswegs erwiesen, da hat sich eine voreilige Kampagne eines amerikanischen Politikers selbstständig gemacht und war nicht mehr zu bremsen (Seite →). Faszinierend, nicht?

Wir beschlossen, unser Wissen mitzuteilen und gaben Kurse in der Volkshochschule und Seminare an der Universität. Sie stießen auf große Resonanz in allen Altersgruppen. Und warfen wieder neue Fragen auf. Und jetzt haben wir alles aufgeschrieben. Alles? Nein, bestimmt nicht. Mit dem Wissen, den Fragen und Antworten verhält es sich wie mit der gefräßigen Hydra aus der griechischen Mythologie – schlug man ihr einen Kopf ab, wuchsen ihr dafür zwei neue. Man müsste schon Herkules sein, um mit ihr fertig zu werden.

Wir bleiben also im Dialog.

Friederike Bischof und Carsten Meyerhoff

PS:

Wenn Sie in diesem Buch Kochrezepte vermissen, sehen Sie mal auf Seite →!

Einleitung

Schlägt man ein Kochbuch auf, so liest man immer wieder dieselben Anweisungen:

Bei Fleischgerichten, insbesondere bei Braten und Schmorgerichten heißt es: „Fleisch von allen Seiten scharf anbraten“, für den Hefe- oder Biskuitteig soll man das Mehl sieben, obwohl es doch heutzutage klumpenfrei aus der Packung rieselt, manche Fleischstücke müssen nach dem Anbraten ruhen, ein Mürbteig nach der Zubereitung sollte das auch. Die Liste ließe sich noch weiter fortführen, aber hat sich Ihnen nie die Frage aufgedrängt, **warum** die Anweisungen genau so und nicht anders lauten? Was passiert, wenn man sich nicht daran hält?

Deshalb wollen wir in diesem Buch diesen Kochbuchanweisungen auf den Grund gehen. Dazu ist es erforderlich, dass wir die chemischen und physikalischen Vorgänge beim Kochen betrachten. Doch zuallererst drängt sich die Frage auf:

Warum kochen wir eigentlich? Oder weiter gefasst: Warum bereiten wir unsere Nahrung mehr oder minder aufwendig zu? Wenn Sie Ihre Haustiere betrachten (sofern Sie welche haben), Nutztiere wie Schweine und Rinder oder auch Wildtiere, so verschmähen diese von (und für) uns zubereitete Nahrung keineswegs, aber die Natur hat bislang noch kein Lebewesen hervorgebracht – außer uns Menschen –, das die Nahrung erst einer umfangreichen Aufbereitung unterzieht, bevor es sie verspeist.

Die Zubereitung des Essens führt natürlich dazu, dass es einfach besser schmeckt. Aber das ist noch lange nicht alles! Durch die Zubereitung ändert sich die Konsistenz: Eier werden hart, Fleisch und Gemüse werden weich, und

deshalb lässt sich die Nahrung leichter kauen. Dadurch, dass die Nahrung bei der Zubereitung chemisch aufgeschlossen wird, wird sie auch leichter verdaulich. Viele Speisen werden durch die Zubereitung überhaupt erst bekömmlich. Das gilt für viele Gemüse: Sie schmecken roh womöglich bitter und lassen sich schlecht kauen. Kartoffeln und Bohnen sind roh genossen sogar giftig! Wenn wir sie kochen, verwandeln sie sich in wichtige, gut bekömmliche Stärke- und Eiweißlieferanten. Das bedeutet, dass der Mensch sich durch die Zubereitung von Nahrung ein größeres Spektrum von Nahrungsmitteln erschlossen hat. Damit hat der Mensch gegenüber Lebewesen, die sich nur auf ganz bestimmte natürlich vorkommende Nahrungsquellen spezialisiert haben, einen deutlichen Überlebensvorteil, und das hat mit dazu beigetragen, dass der Mensch sich über den ganzen Erdball ausgebreitet hat. Das haben noch nicht einmal die Mäuse geschafft!

Die Ausbeute an Nährstoffen, also an Energie, die für den Körper verfügbar wird, erhöht sich durch die Zubereitung ebenfalls. Umgangssprachlich wird der Energiegehalt der Nahrung häufig als „Kalorien“ bezeichnet. Die Kalorie ist eine alte Maßeinheit für Energie. Eine Kalorie (abgekürzt „cal“) ist die Wärmemenge, die erforderlich ist, um ein Gramm Wasser um ein Grad Celsius zu erwärmen. Eine Kilokalorie (abgekürzt „kcal“) ist erforderlich, um die Temperatur eines Kilogramm Wassers um ein Grad zu erhöhen. Die Nährwertangaben der Nahrung werden immer noch in Kilokalorien angegeben, obwohl nach dem internationalen System der Einheiten längst die Größen Joule (J) und Kilojoule (kJ; $1\text{ kJ} = 1000\text{ J}$) eingeführt sind (Umrechnung: $1\text{ kcal} = 4,184\text{ kJ}$). Die umgangssprachliche Bezeichnung „Kalorien“ ist im Grunde unkorrekt; streng genommen wird der Energiegehalt von Nahrungsmitteln immer in Kilokalorien gemessen (parallel zu den Angaben in Kilojoule).

Bei der Nahrungszubereitung steigt ebenfalls auch die Ausbeute an Vitaminen und Spurenelementen. Eine rohe Kartoffel enthält zwar mehr Vitamine als eine gekochte Kartoffel. Durch das Kochen wird ein Teil der Vitamine zerstört, aber das Gerüst der Kartoffel ebenfalls, und die in der gekochten Kartoffel noch vorhandenen Vitamine können dann vom Körper tatsächlich aufgenommen werden. Ein Brei aus (vitaminreichen) rohen Kartoffeln, der roh zu sich genommen wird, führt unweigerlich zu Verdauungsbeschwerden, also Durchfall, Übelkeit oder sogar Erbrechen. Damit ist die Magen-Darm-Passage beschleunigt, und der Körper hat gar nicht die Zeit, die in den einzelnen Zellen der Kartoffel eingesperrten Vitamine durch die Verdauung frei zu setzen und in den Blutkreislauf aufzunehmen.

Die Zubereitung der Nahrung dient auch dazu, diese haltbar zu machen. Das heißt, durch die Zubereitung wird die Zersetzung der Nahrung durch Licht, Luftsauerstoff, Wärme und vor allem durch Mikroorganismen gestoppt oder zumindest verzögert. Bei den Mikroorganismen gibt es welche, die dem Menschen sozusagen „nur“ die Nahrung rauben, aber häufiger machen sie als Fäulniserreger durch ihre Stoffwechselprodukte die Nahrung ungenießbar. Bedrohlicher noch sind Krankheitserreger, die durch unbehandelte Nahrung übertragen werden können, z. B. Salmonellen durch rohe Eier, bestimmte Krankheitserreger in nicht pasteurisierter Milch oder Erreger wie das Bakterium *Vibrio cholerae*, das unter ungünstigen hygienischen Bedingungen mit dem Trinkwasser und der damit bereiteten Nahrung übertragen wird und dann die Cholera hervorruft. Die Zubereitung der Nahrung, namentlich die Hitzebehandlung (oder sollen wir diese Prozedur hier schlicht als „Kochen“ bezeichnen?), aber auch andere Maßnahmen, die wir weiter unten besprechen werden, töten diese Krankheitserreger ab, und dadurch ist es überhaupt

erst möglich geworden, dass wir Menschen so dicht aufeinander wohnen können, wie wir es in Großstädten tun.

Grundlagen

Unser Körper: Nahrungsaufnahme und Verdauung

Ein kurzer Überblick über die Verdauung

Verdauung oder Digestion nennt man den Vorgang, bei dem der Körper die Nahrung in verwertbare Bausteine für den Stoffwechsel umwandelt und aufnimmt. Der Magen-Darm-Trakt ist etwa 8m lang und hat eine Fläche von ca. 300m². Die komplette Verdauung einer ausgewogenen Mahlzeit dauert durchschnittlich 24 Stunden. Die Nahrung bleibt zunächst etwa vier bis fünf Stunden im Magen, passiert anschließend innerhalb von sechs Stunden den Dünndarm und durchläuft in sechs bis sieben Stunden den Dickdarm. Nach einer ebenso langen "Zwischenstation" im Mastdarm werden die unverdaulichen Nahrungsreste ausgeschieden. Dies sind natürlich nur Durchschnittszeiten – die Verdauung einer Mahlzeit hängt immer von ihrer Zusammensetzung, von der körperlichen Bewegung und der psychischen Verfassung ab.

Die Verdauung der Speisen beginnt bereits im Mund. Mit Hilfe der Zähne wird die Nahrung mechanisch zerkleinert. Durch den Speichel aus den drei großen Speicheldrüsen (*Glandula parotidea*, *Glandula sublingualis* und *Glandula submandibularis*) wird sie gleitfähig gemacht und damit für den Weitertransport in die Speiseröhre (Ösophagus) vorbereitet. Täglich werden ca. 1-1,5 Liter Speichel in den Speicheldrüsen gebildet und in die Mundhöhle abgegeben. Wenn wir leckeres Essen sehen oder riechen, läuft uns bereits der Speichel im Munde zusammen. Der Körper weiß

jetzt schon, was ihn erwartet und stellt sich darauf ein – dies ist ein gelernter Vorgang.

Mit dem Speichel wird auch das Enzym Ptyalin, eine α -Amylase, ausgeschüttet. Dieses spaltet komplexe Kohlenhydrate (Stärke, Glykogen, Dextrine) in kleinere Untereinheiten (Oligosaccharide, Malzzucker). Dies ist auch der Grund, warum Brot süßlich schmeckt, wenn es längere Zeit gekaut wird. Aber auch unterhalb der Wahrnehmungsgrenze stellt sich der Körper jetzt auf Kohlenhydrate ein und schüttet bereits die entsprechenden Hormone aus. Genauso kann er Fett und Eiweiße bereits im Mund erkennen und die Verdauung dafür ankurbeln. Durch verschiedene Gewürze (z. B. Pfeffer, Chili, Curry, Paprika, Senf) wird die Speichelproduktion erhöht. Der Speisebrei wird mit Hilfe peristaltischer Bewegungen durch die Speiseröhre (Ösophagus) in den Magen (griech. *gaster* „Bauch“, „Magen“; lat. *ventriculus*) geleitet und dort mit dem Magensaft vermischt, von dem täglich 1,5-3 Liter gebildet werden. Der niedrige pH-Wert des sauren Magensaftes wirkt bakterienabtötend und führt zu einer Ausflockung (Denaturierung) von Eiweiß, wodurch dieses für Enzyme besser "angreifbar" wird. Alkohol ist ein starker Stimulator der Magensäuresekretion. Daher macht ein Aperitif Appetit. Von den Nährstoffen ist das Eiweiß der intensivste Säurelocker, während Fett die Säureproduktion eher hemmt. Der in den sogenannten Nebenzellen der Magenschleimhaut produzierte Schleim schützt die Magenwand vor dem Angriff der aggressiven Magensäure.

Durch die Magenwand werden eiweißspaltende Enzyme in den Magen abgegeben. Dabei handelt es sich vor allem um das Enzym Pepsin, das aus einer Vorstufe (Pepsinogen) gebildet wird. Die Verdauung der Kohlenhydrate, die bereits im Mund durch den Speichel beginnt, wird im Magen lediglich fortgesetzt. Der Magen produziert selbst keine kohlenhydratverdauenden Enzyme. Auch die Fettverdauung

setzt im Magen nur in geringem Maße ein. Die Verweildauer der Nahrung im Magen ist von verschiedenen Faktoren abhängig. So verzögert z. B. ein hoher Fettanteil die Magenentleerung. Einfluss haben weiterhin die Konsistenz, die Temperatur und die Teilchengröße des Nahrungsbreis (dünner Speisebrei passiert den Magen schneller). Durch den Magenpförtner (*Pylorus*) wird die Nahrung portionsweise in den Zwölffingerdarm (*Duodenum*) weitergeleitet.

Im Zwölffingerdarm wird die Magensäure durch Hydrogencarbonat-Puffer neutralisiert und der Nahrungsbrei mit Galle und dem Sekret aus der Bauchspeicheldrüse versetzt. Die Galle (gr. *cholé*; lat. *bilis*) ist eine gelblich-grünliche zähe Körperflüssigkeit, die in der Leber produziert und in der Gallenblase gespeichert wird. Die Galle dient der Fettverdauung, indem sie Lipide emulgiert, das heißt in kleine, für fettspaltende Enzyme (Lipasen) angreifbare Tröpfchen zersetzt. Die Verdauungsenzyme aus der Bauchspeicheldrüse (Trypsin, Amylasen, Lipasen) spalten Eiweiße, Kohlenhydrate und Fette der Nahrung in ihre Grundbestandteile und machen sie so für die Darmschleimhaut aufnehmbar (resorbierbar).

Im den verschiedenen Abschnitten des Dünndarms (*Jejunum* = Leerdarm, *Ileum* = Krummdarm) findet dann die Resorption der Nährstoffbausteine statt. Um diese Funktion optimal erfüllen zu können, ist die Oberfläche dieses Organs sehr stark vergrößert. Das wird durch Schleimhautfalten erreicht (Kerckring-Falten, benannt nach dem holländischen Anatomen Theodor Kerckring [1638-1693]), auf denen fingerförmige Ausstülpungen in den Darm hineinragen. Auf diesen Dünndarmzotten befindet sich wiederum der sogenannte Bürstensaum, der die Resorptionsfläche des Darmes - im Gegensatz zu einem Rohr mit glatter Oberfläche - um den Faktor 600 vergrößert. Der Dünndarm

hat eine Gesamtoberfläche von über 200m². Nachdem die Nährstoffe (Kohlenhydrate, Fette und Eiweiße) in ihre Einzelbestandteile zerlegt wurden, werden diese über die Dünndarmzotten ins Blut und in die Lymphe resorbiert und erst einmal in die Leber geleitet und dort weiter verarbeitet. Durch diesen Vorgang wird der größte Teil der energiereichen Stoffe für unseren Organismus bereitgestellt. Aber auch Vitamine, Mineralien, Spurenelemente, sekundäre Pflanzenstoffe und sogar Giftstoffe werden hier resorbiert. Im Dickdarm (*Colon*) wird dem bis dahin sehr flüssigen Speisebrei das mit der Nahrung aufgenommene und vom Körper durch die Verdauungssäfte abgegebene Wasser entzogen, das zusammen mit Mineralstoffen resorbiert wird. Das sind etwa 9 Liter Wasser, 2 Liter aus der Nahrung (Essen und Trinken) und 7 Liter aus den Verdauungsssekreten (Magensaft, Galle, Bauchspeichel, Schleim). Andere Nährstoffe werden in diesem Darmabschnitt kaum mehr aufgenommen. Der für den Körper unverwertbare Rest wird ausgeschieden.

Koordiniert wird das Ganze durch das enterische Nervensystem, auch „zweites Gehirn“ oder „Bauchhirn“ genannt. Es reguliert unter anderem die Darmbeweglichkeit, den mit Sekretion und Absorption verbundenen Ionentransport, den gastrointestinalen Blutfluss, das Zusammenspiel der verschiedenen Organe, den Stoffwechsel in der Leber sowie die Hormonfunktionen der Bauchspeicheldrüse und der endokrinen Darmzellen.

Die Leber (griech. *hepar*, lat. *iecur*) ist eng in die Steuerung des Glukose-, Fett- und Eiweißstoffwechsels eingebunden. Glukose wird vom Darmblut aufgenommen und kontrolliert an den restlichen Körper weitergegeben. Ein Überschuss wird als tierische Stärke, sogenanntes Glykogen gespeichert. Bei Hunger wird Glykogen zu Glukose abgebaut. Die Leber beeinflusst - gesteuert durch Hormone

wie Insulin und Glukagon – den Blutzuckerspiegel und kann ihn unabhängig von der Nahrungsmittelzufuhr konstant halten. Weiterhin stellt die Leber die Apolipoproteine (die Transportproteine für Triglyceride und Cholesterin) her und sorgt für den Fetttransport zu den verschiedenen Geweben.

Die Bauchspeicheldrüse (griech.: *pánkreas*, *pán* für „alles“, *kréas* für „Fleisch“) stellt neben dem Bauchsichel auch Hormone her: Insulin, Glukagon, Somatostatin, die den Stoffwechsel regulieren. Darüber hinaus gibt es in den verschiedensten Darmabschnitten weitere hormonproduzierende Zellen (für Inkretine, GLP-1, GIP, Gastrin, Ghrelin, Leptin, Obestatin und viele andere mehr), die das Hunger- und Sättigungsgefühl regeln und mit dem Kopfhirn kommunizieren.

Das enterische Nervensystem besitzt beim Menschen vier- bis fünfmal mehr Neuronen als das Rückenmark (etwa 100 Millionen Nervenzellen). Sie umspannen den Verdauungstrakt wie ein dünnes Netz. Mit dem zentralen Nervensystem ist es über den Nervus vagus, sogenannte sympathische Fasern aus dem Rückenmark und diverse Hormone verbunden, die ins Blut abgegeben werden und auf dem Blutweg das Gehirn erreichen.

Je tiefer sich die Prozesse im Verdauungstrakt abspielen, desto schwächer wird der Einfluss des Kopfhirns: Mund, Speiseröhre und Magen stehen noch unter seinem Einfluss, wohingegen das Nervensystem im Bauch spätestens ab dem Magenausgang die Regie übernimmt. Das Bauchhirn steuert auch Nachbarorgane wie Nieren und Blase, koordiniert Muskelbewegungen und Infektabwehr und reagiert auf Veränderungen sofort mit über 40 Nervenbotenstoffen. Das enteritische Nervensystem hat nicht nur einen starken Einfluss auf den Verdauungsprozess. Der Darm ist auch Quelle psychoaktiver Substanzen, die

Gemüts- und Stimmungslage beeinflussen (Der Volksmund weiß es: „Ein gutes Essen hält Leib und Seele zusammen“).

Experimente zeigen, dass neben bewussten Alarmsignalen, wie beispielsweise Brechreiz, vor allem unbewusste Botschaften vom Darmhirn in den Kopf gelangen. Einige Wissenschaftler vermuten, dass dem Informationsaustausch zwischen dem enterischen Nervensystem und dem Gehirn auch eine bedeutende Rolle bei den intuitiven Entscheidungen („Bauchentscheidungen“) zukommt. Es lässt sich sogar nachvollziehen, wie negative Situationen auf den Magen schlagen. Wenn der Kopf Anspannung oder Furcht registriert, leiten spezialisierte Zellen diese Informationen an das Darmhirn weiter. Dabei schütten sie Botenstoffe wie z. B. Histamin aus, die die Nervenzellen im Darm aktivieren und so Muskelkontraktionen bzw. Krämpfe auslösen. Uns wird schlecht.

Die Wechselwirkungen zwischen dem Verdauungsapparat und dem übrigen Körper sind also sehr vielfältig und noch nicht in allen Einzelheiten verstanden. Es ist aber sicher nicht verkehrt, bei der Nahrungsaufnahme auf die Signale seines Körpers zu achten. Das wussten unsere Vorfahren bestimmt schon seit der Steinzeit und haben viel Mühe und Sorgfalt darauf verwandt, Techniken zur Zubereitung von Nahrung zu entwickeln, um bekömmliches Essen zuzubereiten. Dieselbe Sorgfalt sollten wir ebenfalls investieren!

Die Zunge

Auf der Zunge sind die meisten Geschmacksknospen untergebracht. Die Geschmacksknospen selbst können Sie bei einem Blick in den Spiegel nicht erkennen; dazu sind sie mit einem Durchmesser von ca. 0,05-0,07mm viel zu klein. Aber Sie können die anatomischen Strukturen sehen oder erahnen, auf denen die Geschmacksknospen untergebracht

sind, die Papillen. Am größten sind die Wallpapillen (*papillae vallatae*) am Zungengrund, rundliche Strukturen in je einer Reihe auf jeder Längshälfte der Zunge. Jeder Mensch hat ca. 7-17 Stück davon mit einem Durchmesser von 1-3mm. Ein rundlicher Zapfen von Zungengewebe ist von einem tiefen Graben umgeben, dessen Begrenzung wiederum wie ein Ringwall aussieht. Am Grund des Grabens sitzen kleine Speicheldrüsen, die ihn spülen können. In der dem Graben zugewandten Wand des Zapfens sitzen je Papille etwa 100 Geschmacksknospen. Im hinteren Drittel der Zunge befinden sich die Blätterpapillen (*papillae foliatae*), die die Form von dicht hintereinander liegenden Falten haben. Die haben einen Durchmesser von ca. 0,2mm und enthalten seitlich jeweils je 50 Geschmacksknospen. Die Pilzpapillen (*papillae fungiformes*) sind vorwiegend auf den vorderen zwei Drittel der Zunge verteilt. Man kann sie erkennen, wenn man Milch getrunken hat. Was sich dann weiß färbt, sind die Pilzpapillen. Sie tragen oben jeweils 3-5 Geschmacksknospen. Jede Geschmacksknospe enthält etwa 40-60 Sinneszellen. Mit diesen Sinneszellen sind Nervenfasern verschaltet, die letztendlich die Geschmacksempfindungen an das Gehirn weiterleiten. In einer Geschmacksknospe können durchaus verschiedene Geschmacksqualitäten wahrgenommen werden.

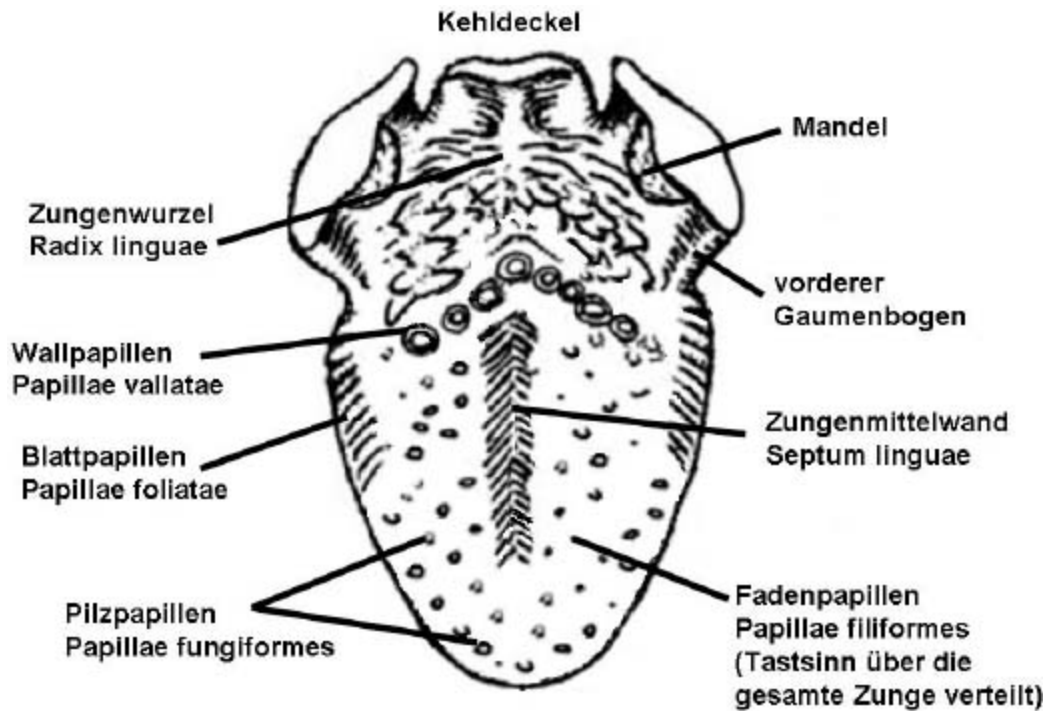


Abbildung 1 Aufbau der Zunge

Zuguterletzt gibt es noch die Fadenpapillen (*papillae filiformes*). Diese enthalten keine Geschmacksknospen mehr, sondern leiten nur mechanische Reize weiter. Sie dienen dem Abtasten der Nahrung und der Beurteilung der Konsistenz. Natürlich kann die Zunge außerdem noch Temperatur und Schmerz empfinden. Dabei wird, wie auf Seite [→](#) beschrieben, Schmerz auf der Zunge auch als Schärfe empfunden. Die Zunge ist also ein sehr komplexes Wahrnehmungsorgan, und von ihr aus gelangen viele Nervenfasern in das Gehirn. Insbesondere ist sie eben auch ein besonders empfindliches Tastorgan. Sie kann feine Strukturen sogar noch besser unterscheiden als unsere auch schon sehr empfindlichen Fingerspitzen. Das merken Sie z. B. daran, wenn Sie Ihre Zähne mit der Zunge abtasten: Sie erscheinen Ihnen viel größer, als wenn Sie sie mit den Fingern abtasten, und Sie können die Oberfläche der Zähne mit der Zunge viel besser beurteilen. Diese Empfindlichkeit ist deshalb notwendig, damit der Nahrung ausreichend zerkleinert wird und durch das Einspeicheln die richtige

Konsistenz erhält, so dass sie gefahrlos geschluckt werden kann, ohne dass sie im Hals stecken bleibt. Wenn allerdings die Gier überwiegt, ist dagegen auch die beste Zunge machtlos!

Die Zunge hat folgende sehr wichtige Aufgaben bei der Nahrungsaufnahme:

- Beurteilung der Nahrung nach:
 - Nährstoffzusammensetzung (Fett, Eiweiß, Kohlenhydrate)
 - Wasser-, Säure- und Salzgehalt
 - Temperatur
 - Konsistenz
- Identifizierung möglicher Giftstoffe
- Durchmischen der Nahrung mit Speichel
- Transport der Nahrung nach hinten
- Schlucken

Nicht zuletzt benötigen wir die Zunge außerdem noch für die Sprache.

Geschmackssinn

Zubereitetes Essen „schmeckt“ einfach besser als die entsprechenden rohen Produkte. Aber was bedeutet „Schmecken“ eigentlich? Unser wichtigstes „Geschmacksorgan“ ist die Zunge. Sie kann, so haben wir es in der Schule gelernt, die Qualitäten **süß, sauer, salzig** und **bitter** unterscheiden. Das ist aber noch nicht alles! Bereits 1908 hat der japanische Chemiker Ikeda Kinunae (1864-1936) einen weiteren, mit der Zunge feststellbaren Geschmack beschrieben. Er nannte ihn „*umami*“, was übersetzt soviel wie „köstlich, herzhaft“ bedeutet. *Umami* ist der Geschmack nach Eiweiß. Er wird vor allem hervorgerufen durch die Aminosäure Glutaminsäure, die

häufigste Aminosäure in der Natur. Aminosäuren sind die Bestandteile der Eiweiße.

Seit einigen Jahren wird auch ein Geschmackssinn für Fett diskutiert. 2005 identifizierte eine französische Forschergruppe einen möglichen Rezeptor für Fett in der Zunge. Tierexperimente und Experimente mit Menschen zeigten, dass Fett auf der Zunge Reaktionen im Körper hervorruft. So stellt der Körper z. B. Fetttransportproteine aus der Leber im Blut bereit, sowie in der Mundhöhle Fett „geschmeckt“ wird, und zwar, bevor der Nahrungsbrei geschluckt wird. Das funktioniert auch, wenn die Nase durch eine Klammer verschlossen und so der Geruch ausgesperrt wird. Das ist ein deutlicher Hinweis darauf, dass unser Körper Fett tatsächlich bereits im Mund schmecken kann. Bislang ging man davon aus, dass Fett durch den Geruch und die Konsistenz identifiziert wird.

Die Geschmackswahrnehmung selbst findet in so genannten Geschmacksknospen statt, die sich vor allem auf der Zunge, aber auch sonst in der Mundschleimhaut befinden. Hier werden die chemischen Reize durch die Nahrungsbestandteile in elektrische Signale umgewandelt, die über Nerven an das Gehirn übertragen werden. Die Geschmacksqualität „süß“ wird ausgelöst durch Zucker, aber auch durch einige Aminosäuren, Alkohole und andere Moleküle, die z. T. als Süßstoffe eingesetzt werden. Zucker aus dem Nahrungsbrei im Mund bindet an einen Rezeptor der Zellmembran der eigentlichen Sinneszellen in der Geschmacksknospe. Die Bindung löst in der Sinneszelle eine Kaskade von chemischen Reaktionen aus, die dazu führt, dass sich ein Ionenkanal in der Zellmembran öffnet und positiv geladene Kaliumionen die Zelle verlassen. Dadurch ändert sich die elektrische Spannung der Zelle, und das löst einen elektrischen Impuls an einer angrenzenden Nervenfasern aus.

Etwas einfacher funktionieren die Geschmackswahrnehmungen „sauer“ und „salzig“. Kennzeichen von Säuren ist, dass sie in wässriger Lösung positiv geladene Wasserstoffionen abspalten. In den Geschmacksknospen können die Wasserstoffionen durch spezielle Ionenkanäle in die Zelle eindringen, ändern dort die elektrische Spannung, und lösen so einen elektrischen Nervenimpuls für das Gehirn aus. Das Gehirn „weiß“, dass der Impuls der Nervenfaser von einer Sinneszelle der Richtung „sauer“ kommt, und so entsteht der Sinneseindruck „sauer“. Die Geschmacksrichtung „salzig“ entsteht, wenn durch einen anderen Ionenkanal positiv geladene Natriumionen in die Sinneszelle eindringen, dort wieder die Spannung verändern und so einen elektrischen Impuls für das Gehirn auslösen. Die Natriumionen stammen vor allen Dingen aus gelöstem Kochsalz, chemisch „Natriumchlorid“ (NaCl).

Die Geschmacksempfindung „bitter“ lösen viele sehr unterschiedlich gebaute Moleküle aus. Diese Bitterstoffe docken in den Sinneszellen an speziellen Rezeptoren an. Das löst in der Sinneszelle wieder eine Kaskade von chemischen Reaktionen aus, die letztendlich wieder zu einem Nervenimpuls für das Gehirn führt. Wegen der Vielzahl der Bitterstoffe gibt es viele verschiedene Rezeptormoleküle in den Geschmacksknospen. Beim Menschen wurden bisher ca. 30 verschiedene Rezeptormoleküle identifiziert. Bitter wird so gut wie immer als unangenehm empfunden, ein bitterer Geschmack stellt also ein Warnsignal an den Körper dar. Die Assoziation „bitter = giftig“ ist auch gar nicht aus der Luft gegriffen. Sehr viele Gifte schmecken tatsächlich bitter. An dem bitteren Geschmack erkennt der Mensch, dass er etwas potentiell Gesundheitsschädliches zu sich nimmt, und kann so Gifte vermeiden.

Es werden noch weitere Geschmacksqualitäten diskutiert, wie „alkalisch“, „metallisch“ und „wasserartig“. Dann gibt es schließlich noch die Geschmacksempfindung „scharf“. Genau genommen ist „scharf“ jedoch kein Geschmack; es sind Nervenfasern in der Zunge, die auf Schmerz reagieren, die diesen Sinn an das Gehirn übertragen. Scharfe Speisen lösen im Nervensystem die Ausschüttung von Botenstoffen aus, die dem Gehirn „Schmerz“ signalisieren. Chili z. B. enthält Capsaicin, das für diese Reaktion des Körpers verantwortlich ist. Als Gegenreaktion auf den Schmerzreiz schüttet der Körper Endorphine aus. Das sind körpereigene Botenstoffe, die ähnlich wie das Rauschgift Morphin die Schmerzempfindung unterdrücken und ein Hochgefühl auslösen können. Daher werden manche Menschen regelrecht süchtig nach scharfem Essen, da sie die Endorphinausschüttung zu schätzen lernten.

Es ist übrigens von Mensch zu Mensch durchaus unterschiedlich, wie intensiv wir etwas schmecken. Zum einen ist es die Gewohnheit: Je nachdem, wie intensiv wir den Zucker- oder Salzstreuer benutzen, wie sparsam oder verschwenderisch wir mit der Essigflasche umgehen, passt sich unser Geschmackssinn daran an. Aber die grundsätzliche Ansprechbarkeit unseres Geschmackssinnes hängt vom Erbgut ab. Die Hälfte der europäischen Bevölkerung sind sogenannte „Normaltaster“ (nach dem englischen *“to taste”* = schmecken). Ein Viertel gehört zu den „Supertastern“, wobei Frauen häufiger Supertaster sind als Männer. Supertaster empfinden Süßes süßer, Salziges salziger und Bitteres bitterer als der Normale. Das restliche Viertel, die „Nontaster“, brauchen stärkere Reize als der Durchschnitt; ihr Geschmackssinn ist sozusagen verkümmert. Für sie schmeckt fast jedes Essen irgendwie fade. Bei Afrikanern und Asiaten sind Supertaster häufiger als hierzulande. Es gibt Hinweise darauf, dass Supertaster eine größere Anzahl von Pilzpapillen haben und damit mehr

Geschmacksknospen (siehe [Abbildung 1](#) auf Seite [→](#)). Es mag ein evolutionärer Vorteil sein, besonders empfindlich für (giftige) Bitterstoffe zu sein, gerade in Gegenden, in denen viele giftige Pflanzen vorkommen.

Man könnte jetzt vermuten, dass Supertaster eher heikle Esser sind, also sehr wählerisch mit ihrer Speiseauswahl, weil manches ihnen einfach zu intensiv schmeckt. Das ist jedoch nicht unbedingt so; es gibt viele heikle Esser, die ein normales Geschmacksempfinden haben und viele Supertaster, die trotzdem nicht allzu wählerisch in ihrem Essverhalten sind, auch wenn sie nur sparsam salzen und würzen. Jedoch gibt es gewisse Nahrungsmittel, die Supertaster eher meiden, und zwar sind das manche alkoholische Getränke, Kohlsorten, insbesondere Rosenkohl, Kaffee, Grapefruitsaft, grüner Tee, Spinat und Sojaprodukte, z. B. Sojasauce. Viele Supertaster vermeiden auch Getränke, die mit viel Kohlensäure versetzt sind. Wenn man sich die Auflistung der Nahrungsmittel ansieht, die Supertaster nicht so gern essen, so sind dies Speisen, die typischerweise auch Kinder nicht mögen. Das Geschmacksempfinden ist also auch eine Frage des Lebensalters. Der Geschmackssinn lässt, unabhängig davon, ob man Normaltaster, Superoder Nontaster ist, im Laufe des Lebens nach. Bei den Essvorlieben spielen aber auch die Psychologie und die Persönlichkeit eine Rolle; wer kennt nicht mindestens ein Kind, das seine Mutter damit tyrannisiert, dass es ein schlechter Esser ist? Essensverweigerung ist ein Mittel, mit dem man seine soziale Umwelt mehr oder minder subtil beeinflussen kann. Bis zum Exzess treiben das Anorektiker. Das ist aber eine ganz andere Problematik, die nicht hierher gehört.

Zurück zum Geschmackssinn: Sicher kennen Sie auch die Einteilung, dass man an der Zungenspitze süß schmeckt, salzig und sauer am Rand und bitter am Zungengrund und am Gaumen. In Wirklichkeit aber sind die Sinneszellen für

die verschiedenen Geschmacksqualitäten beim Menschen über die ganze Zunge verteilt, d. h. man kann beispielsweise auch am Zungengrund noch süß schmecken. Allerdings ist die Verteilung der Sinneszellen nicht gleichmäßig; am dichtesten sind die Sinneszellen für die Geschmacksempfindung „süß“ an der Zungenspitze verteilt, und die meisten Geschmacksknospen für die Empfindung „bitter“ befinden sich tatsächlich am Zungengrund.

Wozu dienen denn die verschiedenen Geschmacksqualitäten und warum sind sie genau so verteilt? Durch den Geschmackssinn findet sozusagen die „Eingangskontrolle“ der Nahrung statt. Dabei dienen die Qualitäten süß und *umami* dazu, die Nährstoffe Kohlenhydrate und Eiweiß zu identifizieren. Von vornherein süße Kohlenhydrate sind zwar nur die Zucker, aber die an sich geschmacksneutrale Stärke wird bereits im Mund durch den Speichel angedaut, dabei werden Zuckermoleküle aus den langen Ketten der Stärkemoleküle abgespalten. Eiweiß wird im Mund ebenfalls schon angedaut. Dabei wird u. a. die Aminosäure Glutaminsäure abgespalten, die dann den Umami-Geschmack hervorruft. Es kann eigentlich nicht verwundern, dass wir auch schon im Mund den wichtigen Nährstoff Fett erkennen können. Insofern ist es wirklich erstaunlich, dass die Wissenschaft diesen „Geschmack“ erst in letzter Zeit entdeckt hat. Durch die Geschmäcker süß, *umami* und Fett kann also der Körper bereits den Energiegehalt der Nahrung abschätzen. Durch die Empfindungen „sauer“ und „salzig“ kann der Körper beurteilen, wie die Nahrung sich auf seinen Säure-Basen-Haushalt und seinen Mineralhaushalt auswirkt. Die Empfindung „bitter“ stellt so was wie eine Alarmanlage dar - viele Giftstoffe der Nahrung werden als bitter empfunden. Die Empfindung bitter entsteht ja vor allem am Zungengrund und am Gaumen; hier findet sozusagen die letzte Kontrolle statt, bevor die Nahrung geschluckt wird und endgültig in den Körper aufgenommen wird. Mechanische

Reizung des Zungengrundes und des Gaumens löst den Würgereiz aus, und genauso wird ein Würgereiz ausgelöst, wenn ein Nahrungsmittel sehr bitter schmeckt. Damit wehrt sich der Körper in letzter Sekunde, damit giftige oder verdorbene Nahrungsmittel nicht in den Körper hinein gelangen können. In ähnlicher Weise stellt es auch ein Alarmsignal für den Körper dar, wenn etwas zu Saures oder zu Salziges gegessen wird. Dabei entsteht sofort das Bedürfnis, den Mundinhalt wieder auszuspucken.

Die Empfindlichkeit für die unterschiedlichen Geschmacksqualitäten ist übrigens sehr verschieden. Ein Maß dafür ist die sogenannte Detektionsschwelle. Die Detektionsschwelle ist die niedrigste Konzentration eines Stoffes, die gerade noch die betreffende Sinneswahrnehmung auslöst. Glukoselösung schmeckt gerade noch süß, wenn sie 19 Gramm Glukose pro Liter enthält. Dies entspricht $0,1 \text{ mol/l}$. Die Empfindlichkeit für Säure und Salz ist deutlich höher: Zitronensäure wird noch als sauer in einer Konzentration von $0,4 \text{ Gramm pro Liter}$ erkannt ($0,002 \text{ mol/l}$), Kochsalz als salzig in einer Konzentration von $0,6 \text{ Gramm pro Liter}$ ($0,01 \text{ mol/l}$). Die Empfindlichkeit für bittere Stoffe ist am größten: Das Genussgift Nikotin wird noch in einer Konzentration von $0,003 \text{ Gramm pro Liter}$, also $3/1000 \text{ Gramm pro Liter}$ als bitter wahrgenommen, dies entspricht $0,00002 \text{ mol/l}$. Durch die Angaben in Mol pro Liter lässt sich die Zahl der Moleküle in der Lösung besser vergleichen, denn die Moleküle von Glukose, Zitronensäure, Kochsalz und Nikotin sind unterschiedlich schwer. Das Konzentrationsverhältnis für die gerade noch wahrnehmbare Menge Glukose bzw. Salz, Zitronensäure oder Nikotin beträgt $5000: 500: 100: 1$. Das bedeutet, eine gerade noch süß schmeckende Glukoselösung enthält 5000mal mehr Glukosemoleküle als eine gerade noch bitter schmeckende Nikotinlösung. Die Alarmanlage gegenüber potentiell giftigen Bitterstoffen ist