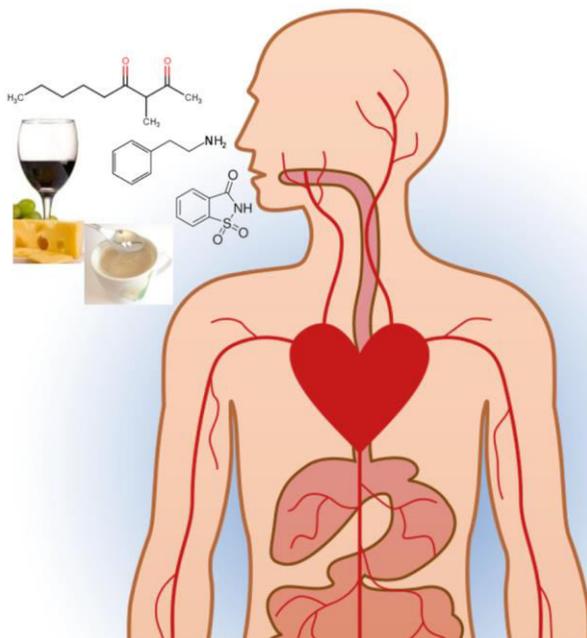


## 13. Heidelberger Kamingespräch

### Lebensmittelinhaltsstoffe – Signale für unsere chemischen Sinne und das Immunsystem

Interview mit dem Referenten PD Dr. Dietmar Krautwurst



#### »Ein Alarmsignal für unser Immunsystem«

*Unter unseren Sinnen gilt der Geruch oft als Mauerblümchen. Dabei bestimmt die Nase maßgeblich mit, ob uns das Essen schmeckt. Wie der Geruchsforscher Dietmar Krautwurst von der Deutschen Forschungsanstalt für Lebensmittelchemie herausgefunden hat, gibt es Geruchsrezeptoren nicht nur in der Riechschleimhaut, sondern auch im Blut.*

**Dr. Rainer Wild-Stiftung: Herr Doktor Krautwurst, Sie beschäftigen sich mit Geruchsrezeptoren. Wie wichtig ist dieser Sinn für den Menschen?**

Der Geruch spielt für den Menschen eine ganz entscheidende Rolle. Als Fernsinn warnt er uns vor bestimmten Gerüchen und ist daher für die Bewertung von Umweltreizen besonders wichtig – vor allem wenn es um Lebensmittel geht. Erst wenn wir die Nahrung sensorisch geprüft und für ansprechend befunden haben, erlaubt unser Körper, dass wir sie verschlucken.

### **Dabei wirkt ja auch der Geschmack mit.**

Ja, Geruch und Geschmack sind untrennbar miteinander verbunden. Dieselben Lebensmittel werden sowohl geruchlich als auch geschmacklich von unseren chemischen Sinnen geprüft. Im Gehirn sind Geruchs- und Geschmacksempfindung ebenfalls eng miteinander verknüpft – sei es durch Assoziationen, durch Erinnerungen oder durch Emotionen.

### **Das menschliche Auge unterscheidet drei Grundfarben; unsere Zunge nimmt vermutlich fünf unterschiedliche Geschmacksrichtungen wahr – wie viele Gerüche können wir wahrnehmen?**

Da sprechen Sie einen wichtigen Punkt an. Bei unserem Sehsystem handelt es sich um ein niederdimensionales Reizrezeptorsystem. Mit nur drei Rezeptoren erkennen wir einen eng umgrenzten Wellenlängenbereich des sichtbaren Lichts von 400 bis 700 Nanometern – trotzdem können wir fünf Millionen Farben unterscheiden. Diese Rechenleistung vollbringt die Retina selbst, aber auch das Gehirn. Im Unterschied dazu ist der Geruch ein hochdimensionales Reizrezeptorsystem: Es gibt bis zu 26 Milliarden mögliche Geruchsstoffe, also flüchtige Substanzen, die wir mit unserem Sinn erkennen können. Allein in Lebensmitteln finden wir etwa 10.000 flüchtige Substanzen. Diese Stoffe nehmen wir mit etwa 400 verschiedenen Rezeptortypen wahr.

### **Wie viele Gerüche hat ein typisches Lebensmittel wie Fleisch, Schokolade oder Wein?**

Die Einzelkomponenten, die ein Aroma bilden, können für verschiedene Lebensmittel identisch sein. Sie unterscheiden sich aber erstens in den Kombinationen, in denen sie auftreten, und zweitens in den relativen Konzentrationen zueinander. Aus den 10.000 möglichen flüchtigen Substanzen, die man in Lebensmitteln kennt, sind tatsächlich nur etwa 230 aromarelevant. Das sind genau die Stoffe, die in Konzentrationen oberhalb der Geruchsschwelle im Essen vorkommen. Sie werden daher als Schlüsselaromastoffe bezeichnet. Diese kleine Gruppe stellt praktisch den Baukasten dar, aus dem die Natur die Aromazusammensetzung betreibt. Ein Lebensmittelaroma kann durch ganz wenige Substanzen geschaffen werden. Wir können zum Beispiel das Aroma von Butter mit nur drei Stoffen nachstellen. Das komplexeste Aroma haben Lebensmittelchemiker dagegen in Whisky gefunden. Da brauchen wir bis zu 40 Substanzen, um das typische Aroma darzustellen.

**Weinaromen werden häufig mit blumigen Begriffen beschrieben wie "erdig-würziges Bukett", "ein Hauch Feuerstein". Können Sie damit als Wissenschaftler etwas anfangen?**

Ja, denn diese Ausdrücke sind für die Beschreibung des Geruchs unabdingbar. Im Unterschied zum Sehsystem, wo wir jeder Farbe eine präzise Wellenlänge zuordnen können, geht das beim Riechen nicht. Wir behelfen uns daher mit Attributen, die wir aus anderen Sinnesleistungen borgen. Somit kann etwas fruchtig, nach Orange oder süß riechen. Diese Attribute haben zunächst einmal mit dem Geruchssinn nichts zu tun. Jeder von uns nimmt Düfte individuell anders wahr. Damit wir uns aber gegenseitig verstehen, müssen wir uns auf ein bestimmtes Vokabular einigen. Ein bekanntes Beispiel hierfür ist das so genannte Weinrad, mit dem sich bestimmte Aromanuancen von Weinen beschreiben lassen.

**Sind diese Beschreibungen denn genau definiert?**

Sie sind vielleicht nicht unbedingt sehr präzise und genau definiert, aber wir können uns darauf einigen. Das funktioniert wie ein Vokabelheft, aus dem wir bestimmte Begriffe dafür benutzen, um eine bestimmte Empfindung zu beschreiben. Wenn wir das experimentell bei Probanden einsetzen, die alle dieselbe Probe verkosten, haben wir zumindest die Gewissheit, dass alle dasselbe Vokabular benutzen. Und erst dann können wir das Ganze wissenschaftlich auswerten.

**Sie haben herausgefunden, dass Geruchsrezeptoren nicht nur in der Nase vorkommen. Wo gibt es sie noch?**

Das ist ein recht neues Feld. Man hat entdeckt, dass Mutter Natur die Vielzahl an Genen, die in unserem Erbgut vorhanden sind, nicht nur für den Geruch oder für den Geschmack verwendet, sondern dass die Genprodukte, also die Rezeptoren, durchaus auch in anderen Geweben eine wichtige Bedeutung haben können. Andere Zellen müssen sich ebenfalls in einer chemischen Umwelt orientieren. Lebensmittel begutachten wir ja nicht nur von der Ferne mit unseren chemischen Sinnen, sondern auch im Körper. Wenn sie gegessen sind, werden die Inhaltsstoffe in unserem Magen-Darm-Trakt resorbiert und gelangen auch ins Blut. Hier ist unser zelluläres Immunsystem beheimatet. Im Blut schwimmen also Aromastoffe neben den Immunzellen, die diese Stoffe wahrnehmen.

**Können somit weiße Blutkörperchen riechen?**

Das wäre populärwissenschaftlich, aber das könnten Sie so sagen. Wir Wissenschaftler haben allerdings die Begriffe Riechen und Schmecken für die klassischen chemischen Sinne reserviert,

also für die Nase und die Zunge und deren Sinneszellen. Aber auch Blutzellen können sich mit den gleichen Rezeptoren orientieren, mit denen die Nase und die Zunge ebenfalls arbeiten, und sie werden durch dieselben Substanzen aktiviert.

### **Wie beeinflussen Geruchsstoffe das Immunsystem?**

Bestimmte Substanzen stellen eine Art Warnsignal dar. Hier sind vor allem biogene Amine zu nennen, die aus dem Aminosäureabbau stammen. Auf einige dieser biogenen Amine, wie zum Beispiel Histamin, reagiert der Körper mit zum Teil heftigen Allergien. Eine kleine Gruppe von Rezeptoren erkennt nun diese Stoffe, und wie wir aus Experimenten mit Nagetieren wissen, kommen diese Rezeptoren auch im Geruchssystem vor. Beim Menschen konnten wir zum ersten Mal nachweisen, dass Blutzellen diese Rezeptoren für biogene Amine herstellen. Das heißt, sie sind nicht nur vorhanden, sondern sie funktionieren auch: Sie reagieren auf biogene Amine.

### **Wie sehen diese Reaktionen aus?**

Das unterscheidet sich je nach Zelltyp. So stellen bestimmte weiße Blutkörperchen, die neutrophilen Granulozyten, die erste Barriere gegen bakterielle Infektionen dar: Sie schwimmen auf die Bakterien zu und verschlingen sie. Wissenschaftlich gesprochen heißt das: Sie betreiben in einem chemischen Gradienten Chemotaxis. Wir konnten nun zeigen, dass diese Blutzellen konzentrationsabhängig auf biogene Amine losschwimmen. Andere Zellen alarmieren das ganze Immunsystem. Die so genannten T-Zellen schütten eine ganze Reihe von Zytokinen aus, die eine Immunantwort orchestrieren. Und zu guter Letzt gibt es B-Zellen, die Antikörper produzieren. Auch hier haben wir beobachtet, dass biogene Amine in physiologischen Konzentrationen die Antikörperproduktion anregen, also eine echte Wirkung auslösen. Wir haben das mit isolierten primären Blutzellen von Menschen gemacht und wollen jetzt mit Medizinern zusammenarbeiten, um zu sehen, ob das auch bei Patienten geschieht.

### **Lassen sich Lebensmittelunverträglichkeiten und Allergien demnach damit erklären, dass diese Zellen zu heftig auf die entsprechenden Stoffe reagieren?**

Es wäre möglich, dass die biogenen Amine, die wir mit der Nahrung aufnehmen, ein Alarmsignal darstellen für unser Immunsystem. Allerdings muss man hier vorsichtig sein. Es ist ja nicht so, dass wir jedes Mal, wenn wir etwas essen, an einem anaphylaktischen Schock sterben.

### **Das wäre schlecht.**

Ja, das wäre schlecht. Unser Immunsystem wird vielleicht nur auf Alarmstufe Gelb gesetzt, damit

es in der Lage ist, im Falle eines Falles schnell zu reagieren. Mit dem Essen nehmen wir ja nicht nur Lebensmittel auf, sondern es könnte auch sein, dass die Nahrung verdorben ist und gefährliche Bakterien enthält, uns also eine Lebensmittelvergiftung droht. Es dauert etwas, bis sich eingedrungene Bakterien vermehrt haben, aber die Lebensmittelinhaltsstoffe sind innerhalb von einer halben Stunde schon im Blut. Das gibt dem Immunsystem einen Vorsprung, gegen eine bakterielle Attacke oder vielleicht eine übermäßige Konzentration an biogenen Aminen gewappnet zu sein.

**Sie haben herausgefunden, dass Duftstoffe aus Orangensaft Pheromonrezeptoren aktivieren. Beeinflusst der Duft von Orangensaft das Sozialverhalten des Menschen?**

Diese Substanzen, die in bestimmten Lebensmitteln wie Reis oder Orangensaft vorkommen, könnte man einer innerartlichen Kommunikation zuordnen, sprich einer Pheromonwirkung. Wir finden sie auch im Achselschweiß. Aber es ist schwer zu beurteilen, ob sie vom Menschen selbst stammen oder aus bakteriellen Abbauprodukten. Darüber hinaus: Die Rezeptoren, die wir untersucht haben, sind zwar sehr eng mit Pheromon Rezeptoren im Tierreich verwandt. Der Unterschied allerdings zwischen Tieren und Menschen ist: Tiere haben noch ein funktionierendes Pheromonsystem.

**Das ist ja beim Menschen anders, da hier das Pheromone wahrnehmende Vomeronasalorgan als verkümmert gilt.**

Das ist richtig. Soweit ich weiß, ist es noch bei etwa einem Drittel der Leute angelegt. Am Gaumendach sieht man zumindest eine Öffnung; ich habe mir das selbst mal angeschaut. Aber es scheint keinen ableitenden Nerv zu geben, und damit ist eine Kommunikation mit dem Gehirn schwerlich vorstellbar. Diese Rezeptoren, die mit den Pheromon Rezeptoren bei Tieren verwandt sind, kommen jedoch bei uns Menschen auch im normalen Riechepithel vor. Wenn sie hier eine spezielle Funktion erfüllen sollten, die über eine schlichte Detektion von Geruchsstoffen hinausginge, dann müssten sie ihre Signale an eine ganz besondere Stelle im Gehirn weiterleiten. Und das hat man bislang noch nicht nachweisen können. Es ist natürlich schwierig, beim Menschen solche Experimente durchzuführen. Das kann man meist nur an Gewebeproben von Verstorbenen untersuchen.

**Inwieweit werden ihre Erkenntnisse in der Lebensmittelindustrie genutzt?**

In der Lebensmittelindustrie erhofft man sich Erkenntnisse über die Interaktion zwischen

lebensmitteltypischen Aromastoffen und den Rezeptoren. Die Lebensmittelindustrie hat das Problem, dass bestimmte Substanzen, die wichtig für bestimmte Aromen sind, verboten werden, weil sie gefährlich sind. Denken Sie zum Beispiel an die "Popcorn-Lunge": Für die Herstellung von Popcorn wurde das stark nach Butter riechende Diacetyl eingesetzt. Da diese Substanz aber wohl Lungenkrankheiten auslösen kann, darf sie in den USA nicht mehr verwendet werden. Die Lebensmittelindustrie sucht daher Ersatzstoffe. Und da können Rezeptoren helfen. Wenn ich weiß, wie der Diacetyl-Rezeptor funktioniert, kann ich natürliche Substanzen suchen, die nicht so schädlich sind, aber diesen Rezeptor ebenfalls aktivieren und damit die Wahrnehmung eines Butteraromas auslösen oder verstärken. Das wäre eine Anwendung für die Industrie, die wir verfolgen.

**Dr. Rainer Wild-Stiftung:** Vielen Dank für das Gespräch!