

## Mikrowellen – gut oder schlecht?

Mikrowellengeräte gelten als praktische Hilfen in der modernen Küche. Doch es gibt Stimmen, die sich dazu kritisch äussern: Die Mikrowellenstrahlung sei unnatürlich und mache deshalb die Lebensmittel ungesund. Soll man diesen Stimmen Glauben schenken?

«Plötzlich fühlte sich meine Tasche seltsam warm an.» Als in der Hosentasche des Radaringenieurs Percy LeBaron Spencer, der bei der Firma Raytheon (USA) Radargeräte zur Abwehr von Flugzeugangriffen entwickelte, während den Experimenten ein Schokoladenriegel schmolz, war dies der Beginn einer neuen Technologie. Denn diese Erfahrung führte 1945 dazu, dass Mikrowellenöfen patentiert wurden. Die ersten Geräte waren jedoch unhandliche schwere Energiefresser und kamen nur auf Kriegsschiffen zum Einsatz. Erst 1967 kam der erste für den Hausgebrauch bestimmte und erschwingliche Mikrowellenofen «Radarange» der Firma Raytheon-Amana auf den Markt → **Abbildung 1**.

Doch was genau geschieht eigentlich in einem Mikrowellenofen? Mit Hilfe einer speziellen Elektronenröhre, einem Magnetron → **Abbildung 2**, wird intensive elektromagnetische Strahlung mit einer Frequenz von 2,5 GHz (GHz = Gigahertz = 1 Milliarde Schwingungen pro Sekunde) erzeugt. Dies entspricht einer Wellenlänge von 12 cm. Zum Vergleich: Die Wellenlänge von FM-Sendern beträgt rund 3 Meter, ein drahtloses Computernetzwerk (WLAN) arbeitet mit Wellenlängen von etwa 6 oder 12 cm und die Satellitenantenne empfängt Signale mit Wellenlängen von 2 bis 3 cm. Die unsichtbare Infrarotstrahlung einer heissen Kochplatte hat eine Wellenlänge von rund  $10\ \mu\text{m}$  ( $\mu\text{m}$  = Mikrometer = 0,001 mm), sichtbares Licht eine zwischen  $0,7\ \mu\text{m}$  (rot) und  $0,4\ \mu\text{m}$  (violett) und die Wellenlänge der Röntgenstrahlung liegt im nm-Bereich (nm = Nanometer = 0,001 Mikrometer). All diese Strahlungen unterscheiden sich lediglich durch ihre Wellenlänge (oder Frequenz).

Die Strahlung, welche das Magnetron abgibt, setzt die Moleküle in der Speise in Bewegung und



**Abbildung 1:** Erster für den Hausgebrauch bestimmter Mikrowellenofen «Radarange» der Firma Raytheon-Amana (USA) 1967.

verändert damit deren Temperatur. Denn die absolute Temperatur eines Stoffs ist proportional zur Bewegungsenergie der Atome oder Moleküle. Stehen diese still, ist die Temperatur 0 K (Kelvin), was  $-273^\circ\text{C}$  entspricht. Dies ist der absolute Nullpunkt, der nicht unterschritten werden kann. Bei einer Temperatur von  $27^\circ\text{C} = 300\ \text{K}$  haben die Atome oder Moleküle einer Substanz viermal so viel Bewegungsenergie wie bei einer Temperatur von 75 K und bewegen sich doppelt so schnell (die Bewegungsenergie ist proportional zum Quadrat der Geschwindigkeit). Eine Speise erhitzen bedeutet also, Bewegungsenergie zuzuführen. Dazu könnte man die Speise an sich auch von Hand schütteln — eine sehr ineffiziente Methode! Besser ist es, die Moleküle in der Speise mit einer elektromagnetischen Welle schnell hin und her zu drehen.

Welche Moleküle kann man mit einer elektromagnetischen Welle am besten drehen? Antwort: Diejenigen, die sich parallel zu einem elektrischen Feld ausrichten. Da Moleküle oder Atome aus gleich vielen positiven Protonen wie negativen Elektronen bestehen, wirkt die Kraft des elektrischen Feldes in gegensätzlicher Richtung gleich stark, so dass die Moleküle sich nicht verschieben können. Wenn die Elektronen innerhalb eines Moleküls nicht gleich verteilt sind wie die Protonen, entsteht ein Dipol, der sich im elektrischen Feld entsprechend ausrichtet.

Am besten ist dies bei Wassermolekülen erfüllt, wo die beiden Kerne der Wasserstoffatome

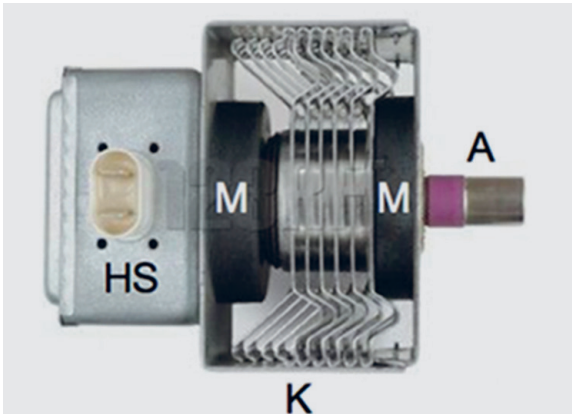


Abbildung 2: Magnetron eines Mikrowellenofens: HS = Hochspannung 4000 Volt mit Radio-Störfilter in der Box; M = Permanentmagnete mit Magnetron dazwischen; K = Kühlbleche; A = Antenne, die Strahlung in den Kochraum leitet.

(bestehend je aus einem Proton) an derselben Seite der Sauerstoffatome hängen, während die beiden Elektronen der Wasserstoffatome sich meistens nahe beim Sauerstoffatom aufhalten. Dadurch entsteht zwischen den beiden Wasserstoffkernen ein positives Zentrum und beim Sauerstoffatom ein negatives Zentrum. In einem elektrischen Feld, das nach rechts zeigt, wird das Wassermolekül so gedreht, dass die beiden Wasserstoffkerne rechts vom Sauerstoffatom zu liegen kommen → **Abbildung 3**. Legt man nun eine Schwingung von 2,5 GHz an, werden die Wassermoleküle 2,5 Milliarden Mal pro Sekunde umgedreht. Diese Bewegung führt dazu, dass sich die Wassermoleküle erhitzen.

Durch Zusammenstöße mit den Atomen anderer Moleküle wird ein Teil der zusätzlichen Bewegungsenergie an andere, weniger polare oder unpolare Moleküle (z.B. Fette, Eiweisse) abgegeben. Dieser Ausgleichsprozess dauert einige Zeit: Durch automatisches Ein- und Ausschalten des Mikrowellenofens wird dafür gesorgt, dass die Speisen gleichmässig warm werden. Nach wenigen Sekunden vibrieren alle Atome in der Speise wieder gleichmässig, weil die Anregung der Wassermoleküle bis einige Zentimeter tief im Kochgut stattfindet. Im Gegensatz dazu werden mit einer Kochplatte zunächst nur die Moleküle am Pfannenboden angeregt. Bis sich die Bewegungsenergie durch Wärmeleitung über das ganze Volumen verteilt hat, dauert es mehrere Minuten.

Sobald dies geschehen ist, lässt sich beispielsweise Wasser, das durch Mikrowellen erhitzt wurde, nicht mehr von Wasser unterscheiden, das auf einer

Kochplatte erhitzt wurde. Die Vibrationsbewegungen der Wassermoleküle sind in beiden Fällen identisch. Temperatur ist Bewegung der Moleküle. Auf welche

**Wasser, das durch Mikrowellen erhitzt wurde, lässt sich nicht von Wasser unterscheiden, das auf einer Kochplatte erhitzt wurde, denn die Bewegungen der Moleküle sind identisch. Wie die Bewegung erzeugt wurde, lässt sich nicht mehr feststellen.**

Art diese Bewegung erzeugt wurde, lässt sich aus dem Endzustand nicht mehr feststellen: Wassermoleküle haben kein Erinnerungsvermögen.

Trotzdem unterscheiden sich Speisen, die im Mikrowellenofen, im Backofen oder in der Pfanne erhitzt wurden. So kann die Mikrowelle Fleisch nicht von aussen her anbraten oder Teig goldbraun färben. Deshalb wird Teig in der Mikrowelle nicht knusprig. Und wenn man Brot im Mikrowellenofen zu schnell erhitzt, verdampft das Wasser im Brot, so dass dieses hart und trocken wird. Der Mikrowellenofen ist also weder gut noch schlecht, sondern anders.

Fritz Gassmann

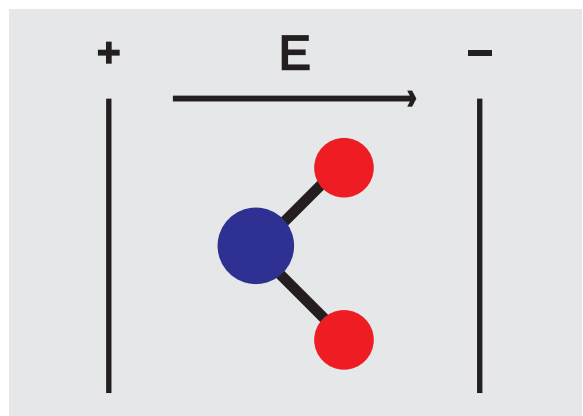


Abbildung 3: Ein Wassermolekül wird im elektrischen Feld  $E$  ausgerichtet. Die Feldrichtung wechselt 2,5 Milliarden Mal pro Sekunde, wodurch die Wassermoleküle Bewegungsenergie aufnehmen. Dies ist gleichbedeutend mit einer Temperaturzunahme.