

Physik für den perfekten Genuss

Wie man Steak oder Braten auf den Punkt genau gart, ob mit Gasgrill oder Holzkohle, entscheidet vor allem die Temperaturleitfähigkeit.

Bernd Müller

Sobald im Frühjahr die Temperaturen steigen, ziehen wieder Rauchschwaden und Duftwolken von gegrilltem Fleisch, Fisch oder Gemüse durch die Luft. Wie auch das Kochen lernen viele das Grillen durch Learning by Doing. Dabei lassen sich die häufigsten Fehler vermeiden, wenn man die Physik – und die Chemie – des Grillens etwas genauer betrachtet.

Die wichtigste physikalische Größe beim Grillen und generell beim Erwärmen von Speisen ist die Temperaturleitfähigkeit. Diese materialabhängige Größe beschreibt die Geschwindigkeit, mit der sich ein Temperaturfeld in einem Körper ohne innere Wärmequelle ausbreitet. Ihr Wert ist umso höher, je größer die Wärmeleitfähigkeit ist und je geringer die spezifische Wärmekapazität und die Dichte des Koch- oder Grillguts sind. Daher ist die Temperaturleitfähigkeit definiert als das Verhältnis von Wärmeleitfähigkeit zum Produkt von Dichte und spezifischer Wärmekapazität. Für verschiedene Lebensmittel finden sich in diversen wissenschaftlichen Studien Angaben zur Temperaturleitfähigkeit. Sie schwankt mit dem Wassergehalt und der Ausgangstemperatur der Lebensmittel. Den höchsten Wert besitzt



Das Zubereiten von Fleisch, Fisch oder Gemüse mit dem Holzkohle- oder Gasgrill ist eine sehr beliebte Freizeitbeschäftigung der Deutschen.

demnach tiefgekühltes Fleisch vom Rind, Schwein, Hammel oder Huhn mit $16,3 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2/\text{h}$ (Tabelle).

Die Werte können als Anhaltspunkt dienen, um die Abfolge beim Grillen zu planen. Temperaturen oder Garzeiten lassen sich daraus allein aber nicht ableiten: Aus der dreifachen Temperaturleitfähigkeit folgt nicht, dass nur ein Drittel der Zeit zum Grillen nötig ist. Hier spielen weitere Faktoren eine Rolle, beispielsweise die Dicke des Grillguts und das Verhalten des Lebensmittels beim Garen. So erweist sich ein medium gebratenes Rindersteak bei einer Temperatur von nicht mehr als 70°C im Inneren als gar, während eine Kartoffel bei der gleichen Kerntemperatur roh und ungenießbar bleibt. Auch die Zusammensetzung des Grillguts aus Komponenten mit unterschiedlichen Leitfähigkeiten gilt es zu berücksichtigen: Das T-Bone-Steak braucht länger, weil die Luft im Knochen den Wärmetransport behindert, und auch in fettem Fleisch breitet sich das Temperaturfeld langsamer aus. Spätestens bei

einem dicken gefüllten Braten, der in einem nicht zu heißen geschlossenen Grill langsam gart, braucht es nicht Formeln, sondern viel Erfahrung und ein gutes Grillthermometer. Nahe am oder sogar im Grillgut platziert, dokumentiert es den Temperaturanstieg.

Dessen Verlauf kann Anfänger verwundern: Bei Grilltemperaturen unter 160°C steigt die Temperatur im Inneren nur auf mäßige 65 bis 75°C an. Im Fleisch stellt sich ein Gleichgewicht ein, weil an seiner Oberfläche Wasser verdampft. Das entzieht dem Inneren Wärme, während die Oberfläche eine Temperatur von 100°C erreicht. Das Austrocknen erzeugt außen eine Kruste, und innen gart das Fleisch sanft durch – ideal für dickere Braten. Erst bei Temperaturen ab 160°C gelangt mehr Wärme ins Fleisch, wodurch die Kerntemperatur steigt. Das eignet sich für dünnes Fleisch und scharf Gebratenes, wenn man es rechtzeitig vom Rost nimmt. Denn durch den Temperaturunterschied zwischen Kruste und Innerem kann es zum Übergaren kommen: Was auf

Temperaturleitfähigkeit

Lebensmittel	Temperaturleitfähigkeit in $10^{-4} \text{ m}^2/\text{h}$
Fleisch	4,7 bis 16,3
Fett	2,2 bis 3,7
Fisch	4,6 bis 13,3
Käse, fett	4,8
Kartoffeln	4,9 bis 5,6
Karotten	6,1
Tomaten	4,5
Brot	2,9 bis 6,0

Tabelle Werte aus A. E. Kostaropoulos et al., Lebensm. Wiss. Technol. **8**, 108 (1975)

dem Grill noch „medium rare“ war, erreicht den Teller „well done“.

Wissenschaftliche Untersuchungen zur Frage nach der optimalen Temperatur beim Grillen gibt es nicht. Erfahrungswerte in Grillratgebern legen zwei Temperaturen nahe: 107 °C und 163 °C. Der gezielte Einsatz der beiden Wärmezonen soll für jedes Grillgut das gewünschte Ergebnis ermöglichen. Bei der höheren Temperatur sorgt Strahlungswärme für den Garprozess, während bei der niedrigen Temperatur Konvektionswärme aus der heißen Zone genutzt wird (Abb. 1). Um die beiden Zonen zu erhalten, stellt man bei Gasgrills die getrennt regelbaren Flammen unterschiedlich ein. Bei einem ausreichend großen Holzkohlegrill schiebt man die glühende Kohle auf eine Seite oder als Ring an den Rand des Behälters. Beim Aufbau der Wärmezonen hilft ein Deckel: Weil die Wärme nicht nach oben wegziehen kann, stabilisiert sich die Zone der indirekten Konvektionswärme.

Chemie für die Kruste

Neben dem gezielten Erreichen des gewünschten Garpunkts beeinflusst die Kruste des Grillguts den Genuss entscheidend. Sie entsteht bei der so genannten Maillard-Reaktion. Louis-Camille Maillard hat zu Beginn des letzten Jahrhunderts erforscht, warum

Lebensmittel bräunen. Dabei laufen viele chemische Reaktionen parallel oder nacheinander ab. Aminosäuren, Peptide und Proteine wandeln sich unter Hitzeeinwirkung zu neuen Verbindungen um. Die Vorgänge laufen umso schneller ab, je höher die Temperatur ist. Bereits bei niedrigen Temperaturen setzen die Prozesse ein und steigern ihre Reaktionsgeschwindigkeit bis zu einer Temperatur von 150 °C: Jede Erhöhung um 10 °C vervierfacht die Geschwindigkeit. Eine Kruste entsteht also auch bei niedrigen Temperaturen, allerdings viel langsamer. Auch die Endprodukte unterscheiden sich, sodass andere Aromen für verschiedenen Geschmack sorgen. Hier spielen auch weitere Faktoren eine Rolle. So sollte der Wassergehalt idealerweise zwischen 7 und 15 Prozent betragen. Auch der pH-Wert verändert die Reaktionsbedingungen: Zitronensaft stoppt einige der Reaktionen vollständig.

Welche Blüten das Profigrillen treibt, beweist der Rauchring – die Königsdisziplin bei Grillwettbewerben. Der Rauchring bezeichnet eine dünne rosafarbene Schicht, die unter der Kruste entsteht und sich beim Aufschneiden des Steaks als Ring zeigt. Ihren Ursprung hat sie in den Eigenschaften des Myoglobins. Der rote Farbstoff wechselt beim Garen die Farbe, sodass das Fleisch nicht mehr

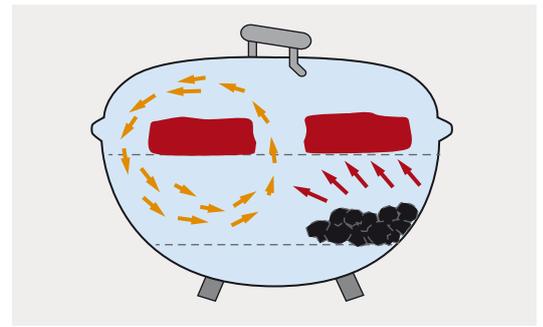


Abb. 1 In zwei Wärmezonen gart das Fleisch durch Strahlungswärme (rot) oder Konvektionswärme (orange).

rötlich-rosa, sondern grau-braun erscheint. Rauch und Räuchersalz verhindern diesen Farbwechsel. Stickstoffmonoxid und Kohlenmonoxid verbinden sich mit dem Fleischsaft und schließen das Myoglobin ein. Da die Gase nicht tief ins Fleisch eindringen, tritt der Effekt nur wenige Millimeter unter der Oberfläche auf. Daher liegt zwischen Kruste und Kern des Steaks der Rauchring.

Sobald Physik und Chemie hinter den Prozessen klar sind, zeigt sich, dass es beim Grillen weniger auf die Frage „Holzkohle oder Gas?“ ankommt. Profis empfehlen ohnehin, zweigleisig zu fahren: Gas für Geflügel, Fisch und Gemüse, Holzkohle für rotes Fleisch. Bleibt nur noch das Warten auf passende Außentemperaturen, um wieder dem Grillspaß zu frönen.

Goodfellow
Your global supplier for materials

Das Zentrum für all Ihre Materialien

www.goodfellow.com | info@goodfellow.com | 0800 731 4653

Wählen Sie aus über 70.000 Katalogprodukten

- Metalle
- Legierungen
- Keramiken
- Polymere
- Verbundstoffe
- Verbindungen