

Fleisch ist ein Stück Lebenskraft«. Mit diesem Werbeslogan bewarb das Fleischerhandwerk seine Produkte. Von welcher Beschaffenheit aber ist es, dieses Stück Lebenskraft? Ist es fett, mager, durchwachsen, zäh, faserig?

**Kollagen** ist das Baumaterial des Bindegewebes. Das Strukturprotein ist stets aus drei langen schrauben-förmigen Molekülen zusammengesetzt - eine Dreifachhelix. Mehrere zugfeste Kollagene bilden Faserbündel, die dem Muskel Struktur und Halt geben. Kollagen löst sich nur langsam auf, kollagenreiches »Schmorfleisch« braucht daher lange Garzeiten

**Fett** ist bei Zimmertemperatur fest, im gut durchwachsenen Entrecote etwa. Schmilzt es bei rund 65 Grad Celsius, steigt die Temperatur in seiner Umgebung weniger stark an - trotz großer Grillhitze. Muskelproteine garen unter diesen Bedingungen sanfter. Auch der Saft bleibt besser gebunden. Zudem dient Fett als Lösungsmittel für Aromaverbindungen: Das Fett wird zum »Geschmacksträger«



**Graf von Rumford** (bürgerlich Benjamin Thompson, 1753 bis 1814) beschrieb im Jahr 1799 als Erster die Sous-vide-Technik des Fleischgarens bei niedriger Temperatur

Wenig wissen wir über die Stücke, die wir gedankenlos in die Pfanne hauen. Fleisch ist ein raffiniertes, komplexes biologisches Material, ach was, ein Verbund unterschiedlicher Materialien. In der Küche werden sie thermischen Prozessen und, noch so ein Physikerwort, Phasentransformationen unterworfen, sofern wir sie nicht als Rohkost (feiner ausgedrückt: Tatar) verzehren. Vielfältig lassen sich Geschmack, Textur und Mundgefühl mittels ausgefeilter Garmethoden beeinflussen.

Was aber passiert überhaupt beim Garen? Aus dem Biologieunterricht haben wir noch im Kopf, dass »die Eiweiße denaturieren ... « - doch dies greift viel zu kurz. Einzig, es weist die Richtung: tief hinein in die physikalischen Eigenschaften eines Systems, dessen Verhalten im Detail viel komplexer ist, als passionierte Pfannenschwinger denken.

Stellen wir uns eine Lammkeule vor, die es zuzubereiten gilt. Was liegt da vor uns? Das Biomaterial Fleisch besteht aus Eiweißen (Proteinen), Fett und Wasser. Diese Liste klingt noch nicht besonders kompliziert. Allerdings sind Proteine und Fett lediglich Oberbegriffe für eine Vielzahl sehr verschiedener Gebilde. Die Hauptrollen im Zusammenspiel haben die Proteine inne. Bei ihnen handelt es sich um komplizierte Makromoleküle, deren räumliche Form und biologische Funktion von ihren Aminosäuren abhängen. 20 unterschiedliche gibt es; aus ihnen sind alle Proteine in der Natur zusammengesetzt. Ihre Kombination bestimmt, was für ein Fleischprotein wir vor uns haben: Aktin, Myosin oder etwa das farbbestimmende Myoglobin. Diese Proteine müssen in wohldefinierten Strukturen gebündelt und nach einer strengen Rangfolge organisiert sein, damit »ein Stück Lebenskraft« entsteht, der Muskel.

Jedes Fleisch besteht aus Muskel. Kurzbratstücke wie Steaks, Lenden, Hühnerbrüstchen und dergleichen sind einfache Beispiele. Ihre erkennbar faserige Struktur zeigt, wie streng hierarchisch Muskeln aufgebaut sind: Stets ist Fleisch aus Faserbündeln zusammengesetzt, so viel erkennt man noch mit bloßem Auge. Und - jetzt braucht man zumindest eine Lupe - jedes Bündel wiederum aus einzelnen Muskelfasern. Diese länglichen Gebilde werden von einer Bindegewebsschicht ummantelt. Sähe man noch genauer hin, etwa per Mikroskop, würde man in den Muskelfasern einzelne Stränge (Myofibrillen) erkennen, die wiederum aus länglichen Aktin- und Myosinfilamenten zusammengesetzt sind. Diese winzig kleinen Fäden greifen ineinander und können sich zusammenziehen, wengleich jeweils nur um einige Nanometer. Sie erzeugen jede Muskelbewegung bei Mensch und Tier.

Dieser Blick auf den Muskelaufbau verdeutlicht, dass wir nicht von einer simplen »Proteindenaturierung« sprechen können. Das würde bedeuten, dass die Proteine unter dem Einfluss der Hitze ihre Gestalt ändern (ohne sich aber chemisch zu verändern), und zwar alle zugleich. So etwas passiert höchstens, wenn unsere Lammkeule »totgebraten« wird: zwei oder drei Stunden in einem über 200 Grad Celsius heißen Ofen, dessen Energie stärker ist als alle Unterschiede im Zusammenhalt des Materials. Denn welche Proteine tatsächlich denaturiert werden und wann, ist eine Frage der Temperatur.

So liegt sie zum Beispiel beim Garen im Wasserbad (Sous-Vide-Technik) mit 50 bis 85 Grad weit niedriger als übliche Koch- geschweige denn Brattemperaturen. Unsere Lammkeule müsste in einem solchen Schonverfahren zwischen vier und sechs Stunden im Bratrohr verbleiben. Die Muskelzellen sind von Membranen umgeben, die eine Art Schwammfunktion erfüllen:

Vor allem dort werden Wassermoleküle gebunden, die dem rohen Fleisch seine Feuchtigkeit verleihen. Diese muss auch während des Garens weitgehend im Fleisch verbleiben, soll es zart und saftig auf den Teller kommen.

So verlangt die Biophysik des Materials große Sorgfalt bei der Zubereitung. Wählen wir die richtigen (niedrigen) Temperaturen, gelingt es uns, einzelne Proteinarten gezielt anzusprechen und sie wie gewünscht ihre Gestalt ändern zu lassen: Bereits niedrige 35 Grad genügen, um das Garen von Myosin zumindest einzuleiten. Doch Myosinverbände sind sehr kompliziert aufgebaut - verschiedene Teile verlieren erst bei höheren Temperaturen ihre Form. Und selbst von Fleischart zu Fleischart gibt es Unterschiede. Die Myosinverbände in einer Hähnchenbrust geraten bereits bei 50 bis 52 Grad weitgehend aus der Form, während Rind Temperaturen nahe 60 Grad erfordert.

Andere Bestandteile sind bei solchen Temperaturen noch intakt: etwa die Aktinfilamente. Wie eine Perlenkette sind sie aus vielen kugelförmig gefalteten Aktinen zusammengesetzt und brechen erst bei größerer Hitze auseinander - ab 65 Grad Celsius. Ihr Grundbaustein, globuläres Aktin, denaturiert dann erst ab 80 Grad.

Ändern die Proteine ihre Gestalt, verringert sich die Wasserbindung in den langen Muskelzellen. Das Ergebnis dieses Prozesses hat jeder schon beobachtet. Wasser tritt aus dem Stück Fleisch aus - mit fatalen Folgen. Den Proteinen fehlen nun die Wassermoleküle als Abstandhalter. Somit lagern sie sich schnell zusammen, sie »koagulieren« - das Fleisch wird zäh, besonders mageres Muskelfleisch. Denn dort steht kein Fett als Schmiermittel zur Verfügung, das sonst ebenfalls für ein zartes Mundgefühl sorgt. Daher heißt das Ziel jeder schonenden Garmethode, das Wasser - kulinarisch ausgedrückt: die Fleischsäfte - so weit wie möglich im Fleisch zu halten.

Unsere Lammkeule würden wir so bei rund 80 Grad garen, sie käme dann jedoch ganz rosa aus dem Ofen, ohne jegliche Kruste. Erst beim Braten und Grillen, bei Temperaturen weit über 100 Grad also, reicht die thermische Energie aus, um an den Oberflächen der Proteine chemische Reaktionen auszulösen (etwas ganz anderes als Denaturierung). Sie spalten sich in Bruchstücke und Aminosäuren auf. Die sogenannte Maillardreaktion führt schließlich zur Bräunung: Es bilden sich Aromastoffe, die bei anderen Kochprozessen nicht entstehen, ein breites Spektrum an schmackhaften, geruchsintensiven Stoffen. Natürlich ist bei diesen Hochtemperaturmethoden Wasserbindung unmöglich. Krusten sind daher trocken und kross. Damit sie mundet, muss unsere Keule im Kern rosa bleiben.

Wie aber erklärt sich die Farbänderung von Rot zu Grau beim Garen über 60 Grad? Sie liegt am Pigment Häm, das von wasserlöslichem Myoglobin eingebunden ist. Ein Eisenion im Zentrum jeder Hämgruppe verändert bei steigenden Temperaturen nach und nach seinen Oxidationszustand. Es schimmert dann nicht mehr rötlich, sondern graubraun. In jener Farbe also, die nach einer sehr herkömmlichen Auffassung als Zeichen einer gelungenen Garung gilt.

Die Prozesse, die ungetrübten Genuss garantieren, beginnen allerdings schon viel früher. Unerlässlich ist eine ausreichende Reifezeit im Kühlhaus. Erst eine ganze Reihe postmortaler Vorgänge nach der Totenstarre sorgt dafür, dass Beschaffenheit, Textur und Säuregehalt des Fleisches stimmen und die Wasserbindung gewährleistet ist. Nicht zu vergessen das Leben vor dem Tod. Gute, natürliche Tierhaltung wirkt sich - jedes Fleisch ist ein Stück Leben - eindeutig positiv auf die Struktur des Materials aus. Jeder Gourmet weiß dies zu schätzen.

Thomas Vilgis ist Physiker. Am Max-Planck-Institut für Polymerforschung in Mainz erforscht er die Eigenschaften weicher Materie, auch essbarer