

Thomas Vilgis

Wissenschaft al dente

Naturwissenschaftliche Wunder
in der Küche

HERDER

Thomas Vilgis

Wissenschaft al dente

Naturwissenschaftliche Wunder
in der Küche



Mit Illustrationen
von Anna Zimmermann



FREIBURG · BASEL · WIEN

Impressum

Titel der Originalausgabe: Wissenschaft al dente
Naturwissenschaftliche Wunder in der Küche

© Verlag Herder GmbH, Freiburg im Breisgau 2015

Alle Rechte vorbehalten

www.herder.de

Umschlaggestaltung: Verlag Herder

Umschlagmotiv: © Anna Zimmermann

E-Book-Konvertierung: le-tex publishing services GmbH,
Leipzig

ISBN (E-Book): 978-3-451-80407-6

ISBN (Buch): 978-3-451-06761-7

Inhalt

Vorwort

Ein wissenschaftlich gedeckter Frühstückstisch

Die Milch macht's

Hüttenkäse hausgemacht

Kakao - entfettetes Pulver mit Schokogeschmack

Der Toast mit Butter und Honig

Honig - zuckersüße Physik

Noch ein Ei gefällig?

Glibber mit Albuminen

Im Reich der Eiweißdenaturierung

Das Gelbe vom Ei

Eierkochen und Physik

Scrabble mit Einschränkungen

Zwischenstopp am Vormittag

Granulare Materialien

Die Cremahaube des Espresso

Die Schaumhaube des Cappuccino

Ein leichtes Mittagmahl, Steak, Nudeln und Cie

Antipasti, ein kleiner Salat gefällig?
Pastaprobleme und andere Nudelunwägbarkeiten
Physik des Knetens
Kochen, aufdrillen, quellen
Haarige Pasta
Eine Sauce für die Pasta gefällig? Etwas Kochtheorie
Struktur oder Textur?
Zungenmechanik - Gehirnakrobatik
Lammkotelett in Kollagen
Gelato, glace, granité - süße Kristalle

Nützliche gastrophysikalische Accessoires

Osmotisch getrocknete Salzzitronen
Getrocknete Tomaten, Glutamat inklusive
Tomatencoulis, Sonnenenergie das ganze Jahr
Alkohol grün
Flüssiger Süßstoff, Sirup und Invertzucker
Zitruschalenconfit

Wir treffen uns zum Aperó!

Was wollen wir trinken?
Micky Maus im Wasserglas
Der abendliche Aperitif und seine Kartoffelchips
Na, du alte Wursthaut, wie geht's?

Das physikalische Abendmenü, gespickt mit Kochtheorie

Amuse gueule: Separatorenfleischbulletchen

In Zucker braten: Karamellierter Spargel,
Petersilienwurzel und Co.

Fischfilets und polymere Klebetechnik

Lachsforellenfilets mit Lauchpanade

Marseillaiser Sorbet

Kochtheorie: Schmoren, Braten, Pochieren

Draußen und drinnen - die Marinade

Enzyme, erstaunliche Biokatalysatoren

Niedrigsttemperaturgaren

Kochtheorie - Frittieren

Etwas Süßes gefällig?

Vorwort

Vor vielen Jahren einmal wurde das geflügelte Wort „Man nehme ...“ geboren. Prächtig wuchs es heran, vermehrte sich fröhlich und fand willkommenen Eingang in eine ganz besondere Art von Druckerzeugnissen. Und war es wieder einmal erklungen, dann wusste selbst der kleine Smutje auf dem Pazifik, was die Stunde geschlagen hatte: Ein Kochbuch lag geöffnet auf dem Tisch seiner Kombüse, und ein Rezept verlangte, peinlich genau beachtet zu werden. Ob Suppe, Braten oder Fisch, unerbittlich folgte eine exakt ausgewogene, besser gesagt abgewogene Liste von Zutaten, die zum Schluss zu Suppe, Braten oder Fisch und manchmal auch zu Kohlrouladen führte. In besseren Kochbüchern fanden sich noch viele Tipps, deren Einhaltung das mühelose Gelingen der Gerichte versprach. Doch auf die Frage „Warum?“ erhielt man oft recht einsilbig die Antwort: „Das ist eben so.“ Immerhin waren die Kohlrouladen gelungen. Der Fisch allerdings, oje!

Selbstverständlich, so einfach kann man es sich machen, aber all die Wahr- und Unwahrheiten dieser Ratschläge lassen sich hinterfragen, widerlegen oder begründen, sie lassen sich sogar weiterspinnen und weiterentwickeln. Dazu müssen wir lediglich die Schürze zum Laborkittel ernennen und Schritt für Schritt in eine etwas

wissenschaftlichere Welt einsteigen, die uns wie von selbst ihre faszinierenden Hintergründe offenbart.

Bunsenbrenner statt Kochplatte? Das sicher nicht.

Vielmehr eröffnet sich uns ein Weg, den wir am besten über feine Genüsse und guten Geschmack beschreiten. Dabei zeigen sich uns physikalische und chemische Welten einmal von ihrer kulinarischen Seite, und unter der Hand gerät der tägliche Forscherdrang zur erstaunlich vielfältigen Genussreise ohne Strapazen.

Ein ganz normaler Küchentag, beginnend mit der Frühstücksmilch und endend beim Dessert am Abend, schärft unseren naturwissenschaftlichen Blick. Plötzlich legen sich Physik und Chemie in unsere Gaumen und eröffnen bisher unbekannte Sichtweisen. Kniffe und Tricks in der Küche werden wissenschaftlich untermauert, die uns womöglich in neue, aufregende Genusswelten entführen. Selbst komplizierte gastronomische Experimente, seien sie mal mehr, mal weniger molekular, verlieren ihren Schrecken. Dann klappt's am Ende auch noch mit dem Fisch.

Angst und Schrecken in der gastrophysikalischen Küche – das darf nicht sein. Deswegen geben wir ein paar Illustrationen bei und salzen damit unsere wissenschaftliche Suppe. Der Forscher weiß: Ein Bild sagt mehr als tausend Physiker, sodass uns die Zeichnungen neben allem Augenschmaus, den sie bereiten, die mitunter

komplizierte Wissenschaft aufs Beste sichtbar machen. Und selbstredend dürfen sie als Anleitung zum Selber-Basteln verstanden werden.

Vor einem ungetrübten Blick in den genussreichen Sternenhimmel kann ein intensiveres Studium der Gastrophysik und den beteiligten Naturwissenschaften nicht schaden. Damit wir wissen, wovon wir und andere reden. Man nehme ...? Ein klein wenig Gastrophysik und etwas Fantasie!

Der Autor dankt seiner Frau Barbara herzlich. Sie ist immer die Erste - beim Verkosten der Experimente sowie beim unermüdlichen Korrekturlesen der Texte. Unserem geschätzten Lektor Dr. German Neundorfer danken wir für die fruchtbare und sehr erbauliche Zusammenarbeit.

Thomas Vilgis, Anna Zimmermann, Mainz und Berlin, 2006

Ein wissenschaftlich gedeckter Frühstückstisch

Es ist wie immer: am Morgen aufstehen – das fällt schon verdammt schwer. Zur Erholung sollten wir uns erst einmal einen Schluck Milch genehmigen, und dann ab unter die Dusche. Aber ist überhaupt noch Milch im Haus? Sicher, allerdings wurde sie schon vor ein paar Tagen gekauft. Egal, den Deckel nach links gedreht, der versprochene „Knack beim ersten Öffnen“ ertönt tatsächlich – doch was ist das? Als wär's ein fester Korken, verstopft ein dicker Rahmpfropfen den Flaschenhals. Ist Milch denn nicht einfach eine Flüssigkeit – oder besser eine einfache Flüssigkeit?

Die Milch macht's

Milch ist alles andere als einfach. Im Gegenteil, sie ist äußerst komplex. Und mit dem Pfropfen sind wir schon mittendrin in unserem physikalisch-chemischen Tagesausflug. Denn offenbar hat sich eine Schicht aus Fett und Eiweißen nach oben abgesetzt, gemäß dem alten Spruch: Fett schwimmt. Zwar ist ein Gramm Fett um keinen Deut leichter als ein Gramm Wasser oder in diesem Fall Molke, aber die Fettteilchen haben eine geringere

Dichte - und schwimmen deshalb. Etwas Eiweiß führen sie gleich mit im Gepäck, denn Kaseine lassen sich leicht von Fett anpacken und werden nach oben getrieben. Jetzt müssen wir nur noch mit einem Löffel den Rahm abschöpfen - am besten sofort essen -, und die Milch fließt ungehindert aus der Flasche in unser Glas.



Gleich zu Beginn ist ein Begriff gefallen, der unverstündlich und ungewohnt klingt: Kaseine. Offenbar handelt es sich hier um etwas, was sich in der Milch zuhauf findet.

Tatsächlich sind Kaseine die Eiweiße in der Milch, die sich in Rahm, Quark und Käse wiederfinden. Daher schwingt auch das Wort Käse in diesem Fachbegriff mit. Kaseine bestimmen jene Genüsse, die ohnehin schon auf vielen Frühstückstischen bereitstehen. Dabei gibt es in der Milch eine ganze Reihe von Kaseinen, die sich durch ihren molekularen Aufbau voneinander unterscheiden. Auch die Zusammensetzung der Aminosäuren, die Grundbausteine aller Proteine, ist für die verschiedenen Kaseine unterschiedlich. Die meisten Kaseine lieben das Fett und suchen dessen Nähe, weshalb die Rahmschicht und auch Käse immer einen natürlichen Fettgehalt aufweisen. Das werden wir aber gleich näher untersuchen müssen.

Kaum wach, und schon die erste Lektion Wissenschaft: Bereits beim Öffnen der Milchflasche zum Frühstück lässt sich erkennen, dass eine derart komplexe Flüssigkeit wie Milch – physikalisch fällt sie in die Klasse der Dispersionen oder Emulsionen – alles andere als stabil ist. Wenn Sie sich jetzt wundern und fragen, was für eine merkwürdige Milch das denn sei, mit Rahmpfropfen und derlei Sachen hätten Sie es noch nie zu tun gehabt, dann haben Sie ganz Recht. Dieses Phänomen ist vor allem bei nicht-homogenisierter Milch zu beobachten. Sollten Sie homogenisierte Milch im

Kühlschrank lagern, werden Sie kaum einmal einem Pfropfen begegnen. Beim Homogenisierungsprozess werden die Fett-Eiweiß-Kügelchen mit roher Gewalt, sprich hohen Drücken und großen Geschwindigkeiten, durch eine Düse gejagt, die nur bestimmte Kugeldurchmesser zulässt. Große Kügelchen werden in der Düse auf einen bestimmten Durchmesser getrimmt, sie werden abrasiert, gequetscht und zu kleineren Kügelchen zerdrückt. Schwupp, weg sind sie. Und sie werden nicht mehr auf den Gedanken kommen, als unverbesserliche Individualisten nach oben zu steigen und sich dort womöglich als Rahm abzusetzen. Es ist wie immer: Eine homogenisierte Masse ist langweilig und bereitet keinen wahren Grund zur Freude ...

Spannende und tief schürfende Geschichten, aber so früh am Morgen bereits soviel Wissenschaft? Lassen wir es lieber ruhig angehen. Jetzt sollten Sie erst mal etwas frühstücken und sich stärken.

Kaffee oder Tee? Auf jeden Fall Kakao und Obst für die Kinder. Unsere von Individualisten beherrschte Milchflasche ist geöffnet, und der abgeschöpfte Rahm bedeckt bereits das frische Obst. Also geben wir genügend Milch in einen Topf und erwärmen sie auf dem Herd. Schnell noch die Brötchen richten. Marmelade aus dem Kühlschrank, Honig auf den Tisch. Und Butter. Während wir noch überlegen, ob wir das Müsli und den Frischkornbrei lieber weglassen, zischt es plötzlich aus der

Richtung des Herds. Seltsame Dunstschwaden breiten sich aus, es riecht nach verbranntem Fett und Schwefel, und uns wird klar: Die Milch ist übergekocht!

Haben diese Gerüche schon wieder mit der Zusammensetzung und Struktur der Milch zu tun? Dass Milch eine sehr komplexe Flüssigkeit ist, das ahnen wir bereits, fielen doch gerade eben Begriffe wie Eiweiße, Proteine, Kaseine. Womöglich aber verbirgt sich in ihr noch mehr, als wir mit bloßem Auge erkennen können. Grund genug, einmal ins weiße Nass zu tauchen. Könnten wir uns nach und nach verkleinern und uns in einem Nano-U-Boot auf eine Reise in die Milch begeben, so würden wir eine ganze Reihe von erstaunlichen Dingen entdecken. Na denn, los!

Nachdem wir uns klein genug gemacht haben, schwimmt unser U-Boot in einer gelb-grünen Flüssigkeit, die unser Bordlabor schnell als Wasser erkennt. Kaum verwunderlich, denn Wasser ist eines der gebräuchlichsten Lösungsmittel in der Natur. Aber dieses Wasser ist chemisch alles andere als rein; winzig kleine, eng gewickelte Fäden schwimmen darin, die sehr an eine miniaturisierte Version von Wollknäueln im Strickkorb erinnern. Wir überprüfen die Fäden anhand der Datenbank des Bordcomputers: Das müssen Eiweiße sein oder besser: Proteine, die sich im Wasser lösen. Offenbar streichen wir durch die Molke, die aus Wasser und Proteinen besteht. Diese Proteine sind

spezielle Kettenmoleküle mit ganz besonderen Eigenschaften, die wir später noch näher kennen lernen werden. Während wir durch die Molke tuckern, signalisiert uns das Echolot größere Gebilde, die aus Fett und anderen Eiweißen, den Kaseinen bestehen. Keine Sorge, Schiffbrüche à la Titanic wird es kaum geben, denn die Trümmer sind weich und können unserem U-Boot kaum schaden. Ihr Betragen ist allerdings ein wenig merkwürdig. Immer scheinen sich diese riesigen Gebilde oder Agglomerate abzustößen: Kaum bumsen sie aneinander, schon entfernen sie sich wieder. Das geht eine ganze Zeit lang so weiter, bis doch einmal zwei zusammenkleben und fortan gemeinsam durch die Molke schwimmen. An diesen großen Agglomeraten kommen nicht einmal die Lichtwellen ungehindert vorbei. Sie werden von ihnen in alle Richtungen mit gleicher Intensität abgelenkt oder „gestreut“, sodass die Milch ihre weiße Farbe erhält.

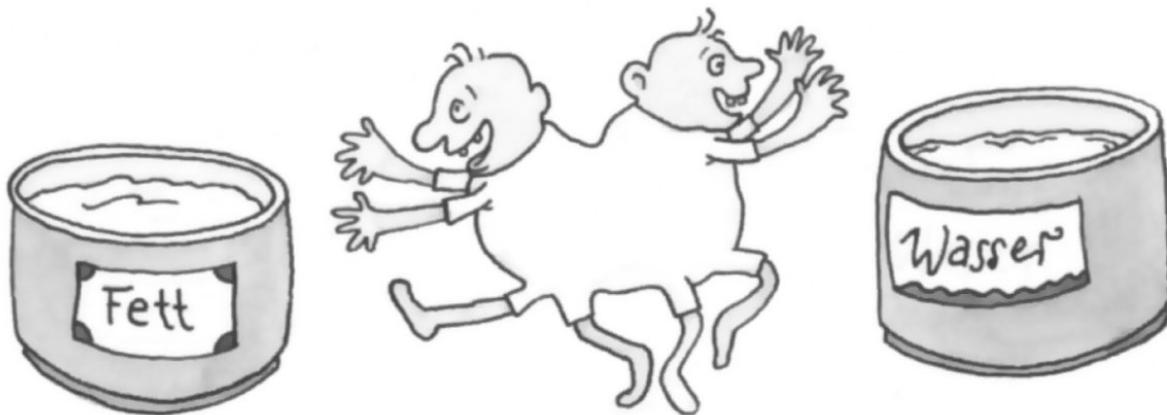


Die relativ großen Brocken lassen nicht nur die Milch weiß erscheinen, auch für den Geschmack und viele Nährstoffe sind sie wesentlich. Zum einen bestehen sie aus Fett, zum

anderen aus Proteinen. Und damit kommen wir einem sehr merkwürdigen Phänomen auf die Spur. Wie kommt es eigentlich, dass ausgerechnet die Fettteilchen im Wasser frei herumschwimmen? Normalerweise können sich Fett und Wasser nicht sonderlich ausstehen, und es wäre doch nur logisch, alle Fettteilchen würden sich – siehe Rahm – nach oben absetzen und die Molke unter sich lassen. Das haben wir schon beim Öffnen der Flasche gelernt: Fett schwimmt.

Doch unter den Kaseinen gibt es eine Sorte, die eine ganz besondere Eigenschaft hat. Ihre Moleküle mögen sowohl Wasser als auch Fett. Ein Teil dieses Proteins liebt Fett von ganzem Herzen, ein anderer Teil aber macht am liebsten mit Wasser gemeinsame Sache. Da wundert man sich kaum, dass derartige Zwittermoleküle sich gar nicht entscheiden können, in welche Richtung sie nun schwimmen mögen. Nur im Wasser? Dann wäre der hydrophobe (also der wasserängstliche oder wasserscheue) Teil höchst unzufrieden. Befände sich das Protein ausschließlich im Fett, wäre es dem wasserliebenden oder hydrophilen Teil ziemlich unwohl. Beziehungskrise oder gespaltene Persönlichkeit: Es gibt nur einen Weg, um aus dieser grauenhaften Situation zu entkommen. Die sogenannten κ -Kaseine (Kappa-Kaseine) können ihre Zwitternatur nur dann vollkommen befriedigen, wenn ihnen sowohl Wasser als auch Fett zum Anfassen angeboten

wird. Der beste Ausweg liegt also darin, dass sich das Fett in Kugeln zusammenlagert, dort alle fettlöslichen Proteine gleich mit einschließt und die Oberflächen der Kügelchen jenen κ -Kaseinen zum Andocken ihres fettliebenden Molekülteils anbietet.



Wasserscheu und Liebe zum Fett? Gefühlschaos bei Proteinen? Hinter diesen vermenschlichten Begriffen verbirgt sich pure Physik. Sobald sich ein fettliebender Teil eines Moleküls im Wasser befindet, kostet das Energie. Befindet sich ein Molekül in einer „falschen“ Umgebung, muss es mit großem Aufwand dort gehalten werden. Derartige Situationen sind alles andere als bequem, und die meisten Prozesse in der Natur ähneln unserem eigenen Verhalten: Sie streben nach einem Zustand des niedrigsten Aufwands oder, physikalisch ausgedrückt, der niedrigsten Energie. Der Anstrengung wird also auch hier tunlichst aus dem Weg gegangen. Und doch gibt es immer wieder

Gelegenheiten, in denen sie nicht vermieden werden kann und der fettliebende Teil ins abscheuliche Wasser muss. Eine äußerst frustrierende Situation, gerade dann, wenn er aus dem Schlamassel nicht mehr entkommt. Und das kann schon einmal passieren, wie wir noch sehen werden.

Jetzt aber zurück zu den κ -Kaseinen. Diese Zwittermoleküle sind an ihrer wasserliebenden Seite geladen. Ihren hydrophoben und somit fettliebenden Teil stecken sie in die Fett-Kaseinkugeln, ihr geladenes Köpfchen dagegen ins Wasser. Die vielen Ladungen auf der Oberfläche der Fett-Eiweißstrümmen liegen aufgrund ihrer gegenseitigen Abstoßung weit voneinander entfernt. Sie sorgen auch dafür, dass andere Kugeln abgestoßen werden, sollten sich zwei dieser Fett-Kasein-Objekte einmal zu nahe kommen. Also leben die Kugeln in der Regel als Singles, bleiben getrennt. Es sei denn, ihre Größe fällt zu unterschiedlich aus und die Ladung auf den Oberflächen ist nicht gleichmäßig verteilt. Wie beim Rahm auf nicht-homogenisierter Milch.

Praktische Physik, denn die Milch macht hier etwas, was wir unter „Stabilisierung von Dispersionen und Emulsionen“ einordnen können. Und damit befinden wir uns mitten in der Welt der technischen Anwendungen. Eine ganz ähnliche Physik mit allem Drum und Dran können wir nämlich in Farben, etwa dem Weiß für unsere Küchenwände, entdecken. Auch dort müssen die

Farbpartikel immer frei im Wasser (sofern es wasserlösliche Farben sind) herumschwimmen, ohne sich großartig zusammenzuklumpen. Die Partikel sind frei „dispergiert“, und so erklärt sich auch der Name dieser „Dispersionsfarben“. Milch und Dispersionsfarbe: zwei völlig unterschiedliche Substanzen, aber eine sehr ähnliche Physik. Und was glauben Sie: Stünden zwei Gläser mit weißem Inhalt auf Ihrem Frühstückstisch, könnten Sie dann auf den ersten Blick sagen, in welchem sich die Milch und in welchem sich die Farbe befindet? Wollen wir wetten?

Das Küchenfenster ist geöffnet, und langsam hat sich der schlechte Geruch verzogen. Üble und schweflige Gerüche in der Küche sind übrigens immer ein Zeichen für Hardcore-Chemie. Die Eiweiße bestehen aus Aminosäuren, von denen viele Schwefelverbindungen sind. Beim Kontakt der Milch mit heißen Herdplatten können wir das direkt erschnuppern. Schwefelatome verabschieden sich aus den Aminosäuren und verbinden sich mit Wasserstoff zu Schwefelwasserstoff.



Der Stoff, aus dem auch Stinkbomben sind und der in unappetitlichen Verdauungsgasen eine nasenfüllende Rolle spielt. In wesentlich höherer Konzentration allerdings.

Was passiert eigentlich, wenn wir Milch erhitzen? Temperatur bedeutet immer Energie, und je mehr der Milch eingeheizt wird, desto größer wird ihr Energieinhalt.

Machen wir die Probe: Noch einmal ein Topf mit Milch auf den Herd und zurück in unser Nano-U-Boot: Immer schneller bewegen sich die Teilchen und Moleküle um uns herum, und auch unser U-Boot ist immer mehr den Stößen der uns umgebenden Moleküle ausgesetzt. Unsanft werden wir in zufällige Richtungen umhergeschubst und unterliegen einer anwachsenden Brownschen Bewegung, also jener unregelmäßigen Zitterbewegung von Molekülen und Schwebepartikeln, die durch Schubsen und Stoßen unter einer bestimmten Temperatur zustande kommt. Erhöht sich die Temperatur, nimmt auch die Heftigkeit der Stöße zu, und die Moleküle und Teilchen bewegen sich immer schneller. Somit beginnen sich auch die κ -Kaseine immer heftiger zu bewegen. Sie haben nun soviel Energie, dass sie immer wieder der Grenzfläche zwischen Fett und Wasser entfliehen können. Pech für den fettliebenden Teil, denn der muss nun mit in der Molke, also im Wasser herumschwimmen. Das ist für ihn zwar ungünstig, wird aber durch den Gewinn der Freiheit, im ganzen Milchbottich umherschwimmen zu können, belohnt. Bei seinem Freiheitsgang gewinnt das Molekül eine riesige Menge an Entropie, was heißt: Es kann sich freier bewegen. Nur diese Bewegungsfreiheit lässt es zu, dass sich die hydrophoben Teile im Wasser befinden. Damit dies aber nur sporadisch passiert und die Milch nicht sofort gerinnt, ließ sich die Natur beziehungsweise die Kuh etwas