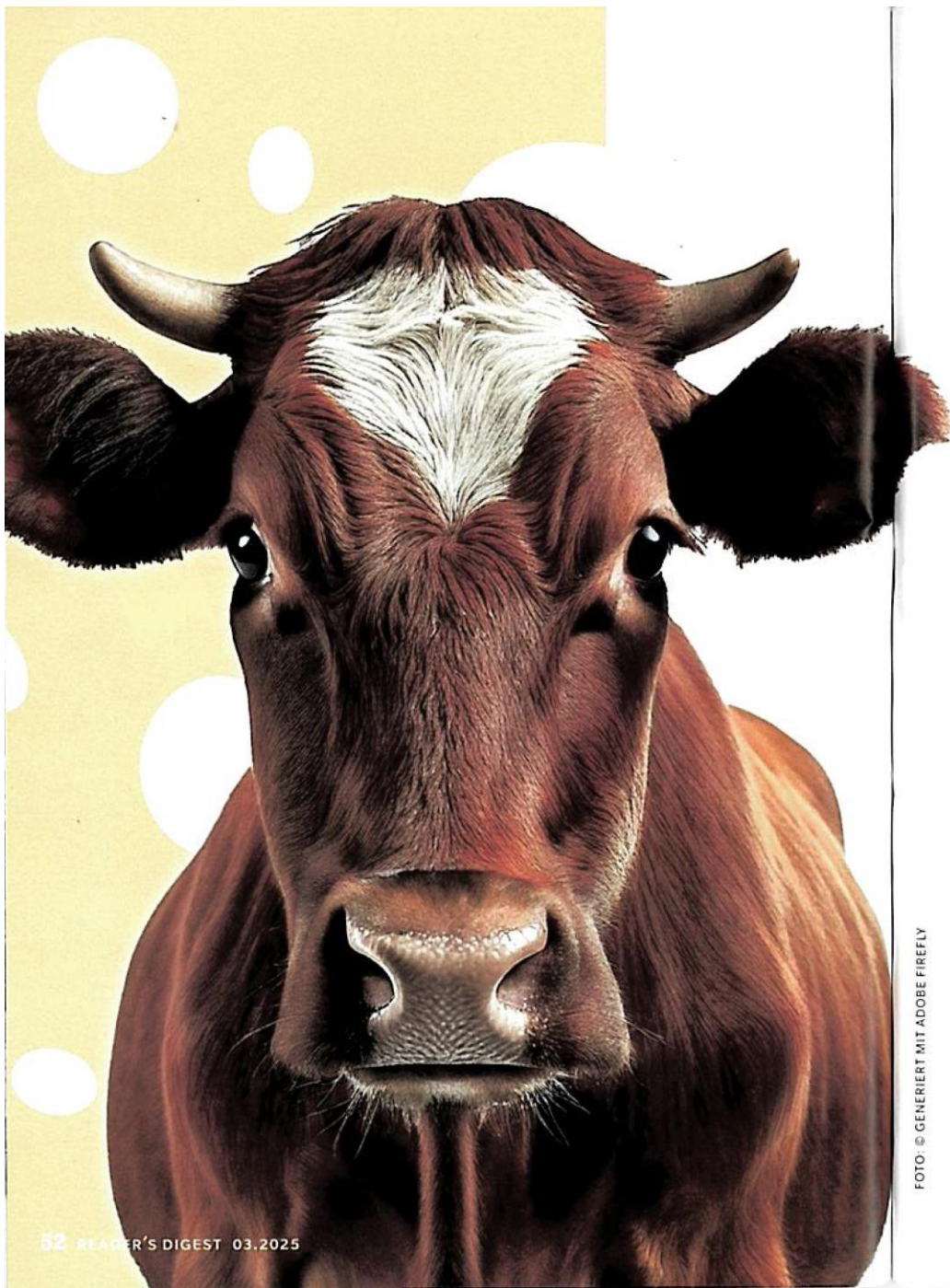




KÄSE OHNE TIERE

STEHT DIE HERSTELLUNG DES
BELIEBTEN LEBENSMITTELS
VOR EINER REVOLUTION?

VON Henrik Müller

WANN UNSERE LIEBE ZU KÄSE BEGANN, weiß niemand mehr. Seine frühesten Spuren stammen aus dem Mittelmeerraum und sind sieben Jahrtausende alt. Vermutlich waren es Hirten, die die Geheimnisse seiner Herstellung zufällig lüfteten, als sie Milch in Ledersäcken und Tiermägen aufbewahrten. Was eben noch flüssig war, gerann und flockte in eine schmackhafte neue Nahrungsquelle aus. Der Grundstein, auf dem noch heutige Käsereibetriebe arbeiten, war gelegt.

Freilich dauerte es Jahrhunderte, bis unsere Vorfahren den zugrunde liegenden biochemischen Prozess der Fermentation verstanden. Doch damals wie heute ist zur Herstellung jeden Käses eines entscheidend: Das in der Milch enthaltene Käseeiweiß Kasein muss zum Gerinnen gebracht werden. Je nach gewünschter Käsesorte geschieht dies entweder mithilfe von Milchsäurebakterien, die Milchzucker zu Milchsäure abbauen, was den pH-Wert senkt und Milchproteine denaturieren lässt. Auch können direkt Zitronensaft oder Essig zur Säuerung genutzt werden. Oder

FOTO: © GENERIERT MIT ADOBE FIREFLY

der Milch wird Lab – ein Enzymgemisch aus Kälbermägen – zugesetzt, das das Kasein zum Koagulieren bringt. Jede Käserei nutzt eigene spezifische Verfahren und Zutaten, um den gewünschten Geschmack ihres Käses zu erzielen.

Allen gemein ist: Es entsteht sogenannter Käsebruch, der nun von der Molke getrennt und – wiederum je nach Käsesorte und Rezept – zerteilt, überbrüht, gepresst und gesalzen wird. Abschließend reift der Käse in einer kontrollierten Umgebung noch für Wochen bis Jahre zum gewünschten Aroma.

Ihre Tricks und Kniffe verraten Käsereien natürlich nicht. Es ist Betriebsgeheimnis, wie sie feine Linien auf die Oberfläche eines Goudas zaubern, Gorgonzola von Blauschimmel durchwachsen lassen oder Tomme des Croquants mit Nussaroma würzen. Jede Käserei bewahrt ihre eigene traditionelle Handwerkskunst. Doch die Zeit steht auch bei ihnen nicht still.

Wer heute einen Käsebetrieb betritt, stößt nicht länger auf ein Panorama milchverkrusteter Holzbottiche, auf Regale voller Käselaike und unterirdische Steingemäuer. Wenig erinnert an ländliche Idylle und unberührte Natur. Im Gegenteil: Effizienz und Präzision sind oberste Gebote. Heutige Käse-

ereien erwarten Besucher mit hochmodernen Laboren, glänzenden Edelstahloberflächen und polierten Fliesen. In ihrem Zentrum thronen nicht etwa Käsekessel, in denen Käsebruch von Hand gerührt wird, sondern automatisierte Bioreaktoren. Ein neues Zeitalter bricht im Ernährungssektor an – die Zeit der Präzisionsfermentation.

Einerseits ist Präzisionsfermentation nicht mehr als die Verfeinerung traditioneller Fermentationsverfahren.

In vielen Zweigen der Lebensmittel- und Pharmaindustrie wandeln Mikroorganismen seit Jahrzehnten anorganische Nährstoffe, Kohlenhydrate und Aminosäuren in komplexe organische Produkte um. Sie

produzieren Bier, Wein, Joghurt und Wurstwaren genau wie Vitamine, Hormone und Antibiotika. Andererseits sprechen Befürworter der Präzisionsfermentation von einer Revolution des Ernährungssektors. Warum?

Zweierlei zeichnet die Präzisionsfermentation aus: Erstens messen Sensoren in Bioreaktoren rund um die Uhr Parameter wie die Temperatur, den pH-Wert und den Sauerstoffgehalt der Nährlösung, in der Mikroorganismen als lückenlos überwachte Miniaturfabriken heranwachsen. Bei Bedarf jus-

tieren dann Pumpen beispielsweise die Flussrate von Kühlkreisläufen, um Wärme abzuführen, oder injizieren kleine Volumina an Milch-, Essig- oder Zitronensäure, um den pH-Wert zu korrigieren.

„All das geschieht automatisiert in Echtzeit“, erklärt Christoph Wittmann, Professor für Systembiotechnologie an der Universität des Saarlandes, „wobei Fermentationsprozesse minutiös gesteuert werden können.“

Das zweite wegweisende Element der Präzisionsfermentation sind genetisch angepasste Mikroorganismen. Um definierte Biomoleküle selektiv und schnell herzustellen, sind ihre dafür nötigen Reaktionen gentechnologisch optimiert, jene zu unerwünschten Nebenprodukten gelöscht. „Das erlaubt es,



Oben: Fertig produzierte Käselaike reifen im Regal einer Käserei. Unten: Präzisionsfermentation läuft in Bioreaktoren ab

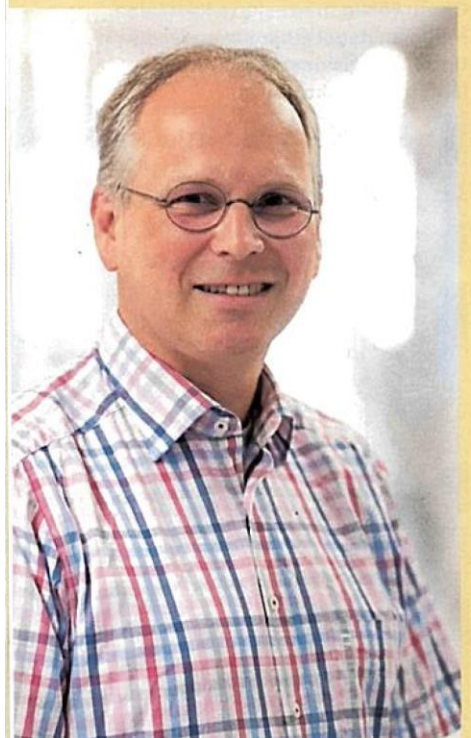


FOTOS: (OBEN) © ALAMY STOCK PHOTO; (UNTEN) © GETTY IMAGES

AUS: PM (12/2023); © HENRIK MÜLLER, PM WISSEN MEDIA GMBH



Oben: In der Milch sammelt sich auf Fetttröpfchen (gelb) das Eiweiß Kasein (grau), Grundlage für die Käseproduktion. Unten: Professor Christoph Wittmann ist Experte in Sachen Systembiotechnologie



spezifische Geschmacksprofile und selbst neue Produkteigenschaften zu erzeugen“, sagt Wittmann. Das gelte für den gesamten Ernährungssektor.

Für die Milch- und Käseindustrie bedeutet das einen historischen Umbruch. Tatsächlich sind Foodtech-Start-ups wie das 2019 in Berlin gegründete Formo dabei, Produktionsprozesse grundlegend umzukrempeln. Das Ziel: traditionelle Käse nicht nur zu präzisionsfermentieren, sondern ganz auf Milchvieh zu verzichten. Wie das gelingen soll, beschreibt Christian Poppe, Bereichsleiter Politik und Öffentlichkeitsarbeit bei Formo: „Indem wir Kühe komplett durch Mikroorganismen ersetzen.“

Für diese Vision kommt den Foodtech-Pionieren die Biologie der Milch

zu Hilfe. Zwar ist Kuhmilch ein komplexes Gemisch aus Laktose, Fetten, Vitaminen, Mineralstoffen, Spurenelementen und Eiweißen. Kaum ins Gewicht fällt das Kaseineiweiß Kasein mit einem Gewichtsanteil von weniger als 3 Prozent. Doch es ist allein dieses Eiweiß, das aus Milch Käse macht. Bei saurem pH-Wert gerinnt es und bildet Kasein-Mizellen, also mikroskopisch kleine Tröpfchen, die in der Milch gelöst sind.

Lab-Enzyme spalten die Kasein-Mizellen auf, woraufhin sie zum dreidimensionalen

Netzwerk des Käsebruchs aggregieren. Je nachdem, wie Kaseine in ihm vernetzt und ausgerichtet sind, entstehen unterschiedliche Käsetexturen – von Quark über Mozzarella bis hin zu Cheddar.

Trotz der uralten Handwerkskunst ist Käse aus biochemischer Sicht also simpel. Er ist wenig mehr als verklumptes Kasein. Das macht die tierfreie Käseproduktion einfach, sagt Poppe: „Wir brauchen nur die Gene für das Kaseineiweiß vom Holstein-Rind – der weltweit dominierenden Milchkuhrasse – auf Hefen zu übertragen und können die Mikroorganismen das Kasein nun in großem Maßstab produzieren las-

sen.“ Formos Mikrobiologen filtern anschließend das Eiweiß ab und verwenden Hitze und Lab-Enzyme, um es gerinnen zu lassen und in Käsebruch zu verwandeln – ganz wie bei klassischen Käsesorten.

Wenn doch nur traditioneller Käse entsteht, was bringt dann all der Aufwand? Zum einen können gesunde Milchkomponenten wie Kalzium, Vitamine und Spurenelemente nach Belieben beigemischt und Sorgenkinder wie

Laktose, Cholesterin und Allergene ausgelassen werden.

„So gehen wir nicht nur auf Unverträglichkeiten ein, sondern kreieren ganz neue Produkte“, sagt Poppe. Zum anderen kann das Foodtech-Start-up damit einen Beitrag zu einer klimafreundlichen Herstellung leisten.

Denn die herkömmliche Landwirtschaft produziert enorme Mengen an klimaschädlichen Gasen. Allein die Milchviehindustrie ist mit weltweit fast zwei Gigatonnen Kohlendioxid pro Jahr für nahezu 5 Prozent der Treibhausgase verantwortlich. Das ist etwa so viel, wie Luft- und Schifffahrt zusammen produzieren.

„Im Vergleich zu Milchvieh sind Mikroorganismen zehnmal effizienter darin, Futterkalorien in Produktkalorien zu verwandeln“, sagt Poppe. Dank Präzisionsfermentation kommt das mittlerweile über 75-köpfige Jung-

**FOODTECH-
START-UPS KÖNNTEN
LEBENSMITTEL
GESÜNDER UND
KLIMAFREUNDLICHER
MACHEN**

FOTOS: (OBEN) © EYE OF SCIENCE/SCIENCE PHOTO LAB, (UNTEN) © MICHAEL SIMON

unternehmen laut Eigenaussagen mit 91 Prozent weniger CO₂-Emissionen und 96 Prozent weniger Wasser aus, zudem sinke der Flächenverbrauch um 99 Prozent. Frischkäse wie Ricotta und Mozzarella produziert Formo bereits in einer Käse-Pilotfabrik in Rheinbach bei Bonn. Gereifte Käsesorten wie Gruyère und Emmentaler sollen folgen. Einige Formo-Produkte sollen schon in zwei Jahren preislich auf Augenhöhe mit Käse aus Kuhmilch sein.

Nicht nur die Käseindustrie steht vor einem Umbruch. Weltweit existieren bereits mehr als 1500 Unternehmen, die Alternativen zu tierischem Eiweiß präzisionsfermentieren.

Doch nicht jeder der Firmennamen wird im Supermarkt zu lesen sein. Viele entwickeln ihre Techniken abseits der Öffentlichkeit: etwa in Überherrschaft an der saarländisch-französischen Grenze. Umgeben von Getreidefeldern realisieren dort 40 Beschäftigte des 2016 gegründeten Start-ups MyBiotech Beschichtungs- und Verkapselungsprozesse. Das klingt unspektakulär, könnte aber erhebliche Auswirkungen haben.

Beispiel Omega-3-Fettsäuren: Diese mehrfach ungesättigten Fette tragen dazu bei, den Blutdruck zu senken, und sollen Erkrankungen der Herzkranzgefäße vorbeugen. Traditionell werden sie aus Fischabfällen aufbereitet und

verleihen Nahrungsmitteln als Zusatzstoff einen Mehrwert. Wenn da nur nicht ihr Fischgeschmack wäre.

Auch in diesem Fall hat die Präzisionsfermentation eine Lösung: Neben Meeresbewohnern stellen auch bestimmte Bodenbakterien – sogenannte Myxobakterien – Omega-3-Fettsäuren her. Allerdings wachsen diese Mikroorganismen nur langsam. Für eine kommerzielle Produktion taugen sie nicht. Deshalb lassen die Mikrobiologen von

MyBiotech die Fettsäuren von genetisch optimierten Hefen produzieren.

Um die Fette aufzureinigen, kommen zwei Arten von Bioreaktoren zum Einsatz, die gerade einmal so groß wie Streichholzschachteln sind. In dem einen Bioreaktor prallen die Hefen

in einer Trägerflüssigkeit unter hohem Druck aufeinander. Dadurch brechen sie auf, und die Fettsäuren können herausgefiltert werden.

Im zweiten Bioreaktor werden die gereinigten Omega-3-Fettsäuren über feine Düsen zusammen mit Biopolymeren wie Gelatine, Zellulose oder Karrageen versprüht. Dadurch lagern sich Letztere zu winzigen Partikeln zusammen, die die Fettsäuren ummanteln. Der Vorteil der Verkapselung: Vor Hitze und Licht geschützt, können Omega-3-Fettsäuren länger gelagert werden. Außerdem sind die Miniparti-

NOCH KLAFFT EINE LÜCKE ZWISCHEN DEM, WAS IM LABOR MÖGLICH IST, UND DER INDUSTRIEREIFE

kel wasserlöslich und geschmacks- sowie geruchsneutral. Konsumenten empfinden sie in Nahrungsmitteln nicht länger als störend.

Die beiden Beispiele der Start-ups zeigen, dass die Möglichkeiten, Mikroorganismen als Miniaturfabriken zu nutzen, praktisch unbegrenzt sind. „In wenigen Jahrzehnten werden Bioprodukte aus der Präzisionsfermentation Grundlage unserer täglichen Gewohnheiten sein“, sagt der Saarländer Biotechnologe Christoph Wittmann voraus. Vieles, wofür Landwirte heutzutage Tiere halten, werden künftig Mikroorganismen erzeugen. Agrarwirtschaft und Biotechnologie werden weiter zusammenwachsen.

Noch klappt allerdings häufig eine Lücke zwischen dem, was Start-ups im Labormaßstab und in ersten Pilotfabriken ermöglichen, und der notwendigen Industriereife. Der bedeutendste Kostenfaktor ist dabei oft der Strom-

bedarf, denn der mikrobielle Stoffwechsel produziert Wärme und benötigt Sauerstoff. Bioreaktoren müssen gekühlt und ihr Inhalt muss gerührt werden. Als zukunftssträchtig gelten daher vor allem Fermentationsprozesse, die Stoffwechselwärme recyceln und CO₂-haltige Abfallströme – etwa von Brauereien oder Biogasanlagen – nutzen.

Auch wenn die mikrobielle Präzisionsfermentation künftig noch wirtschaftlicher werden muss: Die Gräueltaten der Massentierhaltungen in Laufställen, Legebatterien und Fischfarmen könnten schon in absehbarer Zukunft der Vergangenheit angehören. Dank moderner Biotechnologie könnten Kühe wieder unbehelligt auf weitläufigen Wiesen grasen, Hühner nach Regenwürmern scharren und Fischschwärme die geradezu endlosen Weiten der Meere durchstreifen.

Zur Ernährung der Menschheit wären sie nicht länger vonnöten.

Mein Kind, es sind allhier die Dinge,
gleichwohl, ob große, ob geringe,
im Wesentlichen so verpackt,
dass man sie nicht wie Nüsse knackt.
Wie wolltest du dich unterwinden,
kurzweg die Menschen zu ergründen.
Du kennst sie nur von außenwärts.
Du siehst die Weste, nicht das Herz.

WILHELM BUSCH, DT. ZEICHNER UND DICHTER (1832–1908)

Nicht die Natur, nur der Mensch kennt Erbarmen,
aber nicht oft lässt er es walten.

LUDWIG ANZENGRUBER, ÖSTERR. SCHRIFTSTELLER (1839–1889)