

Künstliche Haxe

Das Ziel sind Steaks und Schnitzel aus der Retorte. Dann würde die Massentierhaltung überflüssig.
Wie Wissenschaftler im Labor Muskelzellen für den Verzehr züchten

Von Brigitte Röthlein

Unter dem Titel „Die ultimative Nouvelle Cuisine“ servierten australische Forscher am 4. Mai 2003 bei einer Ausstellung in Nantes etwas ganz Besonderes: ein etwa drei Zentimeter großes Steak aus Muskelzellen des Krallenfroschs, flankiert mit einer Calvadossoße. Das Ministeak war im Labor aus einem winzigen Stückchen Skelettmuskel des Frosches in einer Nährlösung herangezogen worden. Das Thema, das damals mit dieser symbolischen Geste ins Bewusstsein gehoben werden sollte, hat mittlerweile viele Forscher zum Nachdenken gebracht: Sollte es nicht möglich sein, Fleisch künstlich herzustellen? Sollte es nicht möglich sein, mehr Menschen mit Fleisch zu versorgen? Und sollte so nicht auch möglich sein, Massentierhaltung in Zukunft überflüssig zu machen? Warum nicht Steaks im Labor herstellen?

In der kleinen Universitätsstadt Aas, 30 Kilometer südlich von Oslo, trafen sich im April einige Dutzend Forscher und tauschten sich über die Fortschritte aus, die sie auf diesem Gebiet inzwischen gemacht haben. Über Fortschritte, vor allem aber über die Probleme, die noch zu lösen sind auf dem Weg zum Schnitzel aus der Retorte. Die Norwegische Universität für Lebenswissenschaften in Aas gründete eine Initiative, die ein EU-Projekt ins Leben rufen soll. Die Forscher hoffen, dass sie Experten von den verschiedensten Seiten kombiniert und fördert: aus der Zellbiologie, dem Tissue Engineering, der Stammzellenforschung, der chemischen Verfahrenstechnik und der Lebensmittelindustrie.

Eine Millionen Hähnchen pro Stunde

Nahrung wird immer knapper und teurer. Vor allem hochwertige Nahrungsmittel wie Fleisch, zu dessen Erzeugung viel Platz, Zeit und Energie nötig ist, stehen in den kommenden Jahrzehnten vor einem Engpass. Schon heute werden allein in den USA stündlich etwa eine Millionen Hähnchen verspeist, und nach Schätzungen der Welternährungsorganisation FAO wird sich die Nachfrage nach Fleisch zwischen den Jahren 2000 und 2050 mehr als verdoppeln: von 229 Millionen Tonnen pro Jahr auf 465 Millionen. Tonnen. Vor allem in den Schwellenländern steigt mit zunehmendem Wohlstand der Bedarf an Fleisch und Fleischprodukten: Die Menschen in China, Indien und in den angrenzenden Ländern wollen sich nicht mehr hauptsächlich von Reis und Gemüse ernähren.

Da wäre es doch sehr elegant, wenn man Fleisch in einem Bioreaktor herstellen könnte: Es müssten keine Tiere mehr für unsere Ernährung in der Massentierhaltung leiden und sterben, die Umwelt würde von Millionen Tonnen Gülle und Mist verschont, und man könnte das

Kunstfleisch frei von Krankheiten produzieren, ganz ohne Antibiotika und Hormone. So wäre die Idealvorstellung.

Doch leider ist es nicht ganz so einfach. Die Organisation Menschen für den ethischen Umgang mit Tieren (Peta) hat jüngst sogar einen Preis von einer Million US-Dollar ausgeteilt, der die Forscher zu mehr Tempo bei der Herstellung von Kunstfleisch anreizen soll. Allerdings ist das Projekt ziemlich kompliziert: Es gab in der Vergangenheit schon eine Reihe von Ansätzen, Fleisch in der Retorte zu züchten, aber sie kamen über den Labormaßstab nicht hinaus. Systematisch angegangen wurde das Thema zum ersten Mal in den Niederlanden Ende des 20. Jahrhunderts. 1999 reichte Willem van Eelen, heute 84 Jahre alt, zusammen mit zwei Kollegen ein Patent ein für die künstliche Herstellung von Fleisch. Und seine Lande- und seine Tochter sind noch immer führend auf diesem Gebiet. Vor allem die Universitäten von Eindhoven, Utrecht und Amsterdam arbeiten hier zusammen.

Viel zu geringe Wachstumsraten

Henk P. Haagsman vom Department für Ernährungswissenschaften an der tierärztlichen Fakultät der Universität Utrecht, der seit 2001 an dem Thema arbeitet, erkannte beispielsweise, dass es nicht damit getan ist, ein Stück Muskel zu nehmen und es in einer Nährlösung weiter wachsen zu lassen. Die Wachstumsraten würden immer viel zu gering sein. Er schlug deshalb vor einigen Jahren vor, das Kunstfleisch aus Stammzellen herzustellen, die im ersten Schritt auf die Produktion von Muskelzellen programmiert würden. Diese könnten dann in einem Bioreaktor unter optimalen Bedingungen heranwachsen und sich schnell vermehren.

Gute Idee, aber hier beginnt schon die erste Schwierigkeit: „Bis heute ist es nicht gelungen, Stammzellen von Schweinen oder Rindern zu gewinnen, die sich für ein solches Vorhaben eignen“, sagt der Zellbiologe Wilfried Kues vom Friedrich-Loeffler-Institut für Nutztiergenetik in Mariensee. Stammzellen ha-

ben ja die Fähigkeit, sich in jedes beliebige Gewebe zu entwickeln, je nach den äußeren Bedingungen. Theoretisch kann man aus diesen Stammzellen alle Organe züchten, also auch Muskeln. Man experimentiert bisher mit Menschen- und Mäusezellen, manchmal auch mit Rhesusaffen, aber für die menschliche Ernährung ist dieses Ausgangsmaterial aus ethischen und traditionellen Gründen nicht geeignet.

Aber wenn die Wissenschaftler es schaffen, Stammzellen von Kühen, Schafen oder Schweinen im Labor zu isolieren und handhabbar zu machen, ist nur eine Hürde genommen. Als nächsten Schritt müssten sie es dann schaffen, die Stammzellen so zu „programmieren“, dass sie sich in Muskelzellen verwandeln. Auch hier gibt es Grundlagenforschung, aber von einer Anwendung im Ernährungsbereich ist man noch weit entfernt.

Anschließend können die Zellen in entsprechenden Bioreaktoren, sogenannten Fermentern, wachsen und sich vermehren. Derartige Apparate sind heute in der chemischen Industrie gang und gäbe, aber dort arbeiten sie mit weniger anspruchsvollen Zellen. Mit Bakterien zum Beispiel. Aber Muskelzellen vermehren sich viel langsamer als Bakterien: Sie brauchen für eine Zellteilung ein bis zwei Tage, Bakterien hingegen nur etwa 20 Minuten, dadurch ist dort die Ausbeute erheblich höher“, sagt der Zellbiologe Kues.

Zwei Zentimeter lange Muskelfasern

Und wenn sich neue Muskelzellen bilden sollen, müssen sich in die 1000 Einzelzellen zu je einer Faser zusammenschließen, „fusionieren“, damit sie die Grundstruktur natürlicher Muskeln erreichen können. „Eine fusionierte Zelle teilt sich aber nicht mehr weiter“, erklärt der Zellbiologe Kues. „Wie man also Muskelfasern in einem Fermenter herstellen soll, ist heute noch nicht bekannt, da tut sich ein schwarzes Loch auf.“ Einem Team um Carlijn Bouten an der Technischen Universität Eindhoven ist es zwar schon gelungen, zwei Zentimeter lange Muskelfasern künstlich zu erzeugen, aber es wider nur im Reagenzglas und aus Mäusezellen. Auch die Frage der Nährlösung ist längst nicht gelöst. Sie muss alles enthalten, was eine Zelle zum Leben und Wachsen braucht: Zucker, Bioproteine, Wachstumsfaktoren, Vitamine und Mineralstoffe. „Das Medium muss die Zellen direkt ernähren können, da bei kultiviertem Fleisch keine Verdauungsorgane wie beim Tier vorhanden sind, die die Nährstoffe für die Ernährung der Zellen aufbereiten können“, schreibt die Initiative „Future Food – Fleisch ohne Tierhaltung“ in Wien auf ihrer Homepage.

Proteine aus dem Tierfutter

Vieles davon lässt sich bisher nur landwirtschaftlich herstellen, deshalb verbraucht die Produktion der Nährlösung natürliche Ressourcen. Aberliche, Wasser und Energie und steht damit in Konkurrenz zu der Herstellung konventioneller Nahrungsmittel. Ob die Gesamtbilanz einen Vorteil bringt, ist heute allerdings noch sehr fraglich. Immerhin: Auch große Ölfirmen wie BP oder Statoil beginnen mittlerweile, sich hier zu engagieren: Denn Bioprotein für die Nährflüssigkeit lässt sich auch mithilfe geeigneter Bakte-

rien direkt aus Erdgas herstellen. Heute-zutage wird es noch als Tierfutter, im Wesentlichen für die Lachszucht, vermarktet.

Angenommen, die bisher genannten Probleme ließen sich lösen und aus Stammzellen wüchsen schnell große Mengen Muskelzellen heran. Würden damit alle Probleme gelöst? Nein, sagen die Experten. Denn auch dann hätte man nur einen Brei aus Muskelzellen, der zwar aus wertvollen Proteinen besteht, aber noch völlig unstrukturiert ist, weit entfernt von den appetitlichen Eigenschaften eines Steaks. Um der Fleischmasse Form und Charakter zu geben, wollen Wissenschaftler nun Techniken anwenden, die man aus dem sogenannten Tissue Engineering für die Medizin kennt: Mithilfe von essbaren Kügelchen oder Netzen aus Chitin, Kollagen oder Alginate, an die sich die Zellen anlagern, kann man dem Biomaterial Festigkeit und Form verleihen.

Mehr Struktur für Fleischbrei

Aber eben auch nur im kleinsten Maßstab: Sobald der Zellaufbau an Größe zunimmt, dringt die Nährlösung nicht mehr zu den inneren Zellen vor, und so werden diese nicht mehr ernährt. Denn anders als ein natürlicher Muskel hat ein potenzieller künstlicher keine Blutgefäße, die die Muskelzellen auch tief im Inneren mit Nährstoffen versorgen.

Aber die Nahrungsmittelindustrie könnte wahrscheinlich auch mit unstrukturiertem Fleischbrei arbeiten. Schließlich wird in der Wurst- und Fleischproduktions ohnehin häufig genug mit einem Zellbrei gearbeitet, und die Hersteller kennen eine Menge Tricks, breiförmiges Restmaterial aus Fleisch oder Gemüse mit Geschmack und Struktur zu versehen. Von üblicher Qualität sind Fleischmischungen, hergestellt aus Soja oder anderen Pflanzen, aber diese stießen bisher bei den Verbrauchern auf wenig Gegenliebe. „Ich habe Kunstfleisch aus dem Produkt Soja magen und eigentlich keinen großen Genuss dabei verspürt“, bekannte Kurt-Johannes Peters, Agrarwissenschaftler an der Humboldt-Universität Berlin.

Es gibt also noch eine Menge offener Fragen, bevor an eine industrielle Herstellung von künstlichem Fleisch auch nur zu denken ist. Immerhin – ob das Ganze ökonomisch überhaupt sinnvoll ist, hat ein Forscherteam an der renommierten Johns-Hopkins-Universität in Baltimore bereits untersucht. Die von dem Vegetarier Jason Matheny gegründete Vereinigung New Harvest veröffentlichte dort im März 2006 eine Studie, die Kosten und Bedingungen abschätzt, unter denen eine Fleischproduktion in der Retorte konkurrenzfähig wäre. Die Ergebnisse waren nicht gerade ermutigend: Die Preise für Zellen, Nährlösungen und Bioreaktoren sind heute noch viel zu hoch, um Schnitzel aus der Retorte rentabel zu machen.



Die Pioniere

Der Nobelpreisträger und Chirurg Alexis Carrel hatte die Idee zu Kunstfleisch schon 1912: Er entnahm ein Stück Herzmuskel aus einem Hühnerembryo und legte es in eine Petrischale mit Nährlösung. Winston Churchill wurde möglicherweise dadurch 1932 inspiriert zu einem Essay, in dem er fragte, ob es denn sinnvoll sei, ganze Hühnerchen aufzuzüchten, wenn man am Ende nur deren Flügel oder Brust essen wollte. Wäre es nicht besser, lediglich diese Körperteile direkt in der Retorte zu züchten?

Im Auftrag versuchte Morris Benjaminson 1998 am Tuco College in New York, Muskelgewebe von Goldfischen zum Wachsen zu bringen. So sollte er eine Grundlage schaffen, um Astronauten auf langen Flügen mit fischem Eiweiß zu versorgen. Er hatte tatsächlich Erfolg: Das Gewebe wuchs um 14 Prozent pro Woche. Allerdings bestand das Nährmedium teilweise aus dem Serum von Kabisfröten, was extrem teuer war. Als der Forscher diesen Bestandteil durch eine Eiweißlösung ersetzte, die aus Malzke-Pilzen gewonnen wurde, sanken die Kosten, aber das Gewebe wuchs dann langsamer.

An der Universität von Westaustralien in Nedlands versuchten vier Jahre später Forscher am Symplocos-Labor, Fleisch im Reagenzglas wachsen zu lassen. Als Versuche mit Muskelzellen von Schafen scheiterten, nahmen sie Muskelgewebe des Krallenfroschs, mit erigtem Erfolg.



Auf ein Polymergerüst werden Stammzellen aufgetragen. In einem Bioreaktor wachsen diese Zellen dann in Nährlösung, bis sie sich zu einem „Gewebe“ aus Muskelzellen vermehrt haben. Im gezeigten Beispiel entstand so ein Mini-Frosch-Steak. FOTOS: TCA/UMA

