

# Landwirtschaft in Würfeln

Die Fischzucht liefert Dünger für Gemüse und Futter für Insekten, die Pflanzen wiederum frisches Wasser für die Fische. Eine Forschungsfarm in Berlin probt den nachhaltigen Indoor-Anbau.

■ Von Kerstin Viering

**M**uss Landwirtschaft unbedingt auf dem Land stattfinden? Etliche Fachleute beantworten diese Frage inzwischen mit Nein. Sie plädieren dafür, die Gewinnung von Lebensmitteln künftig mehr in Städte und Innenräume zu verlegen. So könne man Energie, Ressourcen und Platz sparen und Stadtmenschen auf nachhaltige Weise mit gesunden Produkten direkt aus ihrer Nachbarschaft versorgen.

Wie das in der Praxis aussehen könnte, erprobt ein vom Bundesministerium für Bildung und Forschung gefördertes Projekt namens „Cubes Circle“, das an der Humboldt-Universität zu Berlin (HU) koordiniert wird. Ein interdisziplinäres Forschungsteam um die HU-Wissenschaftler Christian Ulrichs und Uwe Schmidt tüfelt darin an einer Indoor-Farm, die Gemüseanbau mit Fisch- und Insektenzucht kombiniert. Die bisherigen Erfahrungen und Ergebnisse aus diesem Projekt sind in eine Pilotanlage eingeflossen, die im April ihr Richtfest gefeiert hat.

Die neue Forschungsfarm besteht aus unterschiedlichen Produktionseinheiten, den sogenannten Cubes, also Würfeln. Pflanzen wachsen in speziellen Niedrigenergie-Gewächshäusern heran, die Fische in Tanks, in denen man Temperatur, pH-Wert und sonstige Bedingungen perfekt an die Bedürfnisse der jeweiligen Art anpassen kann. Und auch die Insekten haben ihr eigenes Reich, in dem sie optimale Lebensbedingungen finden. „Der Trick ist nun, diese einzelnen Module auf eine intelligente Weise miteinander zu verbinden“, erklärt Projektmitarbeiter Werner Kloas vom Leibniz-Institut für Gewässerökologie und Binnenfischerei (IGB) in Berlin. Denn so könne man die Ressourcen deutlich effizienter nutzen, als wenn jeder Bereich für sich allein wirtschaften würde.

Diese Idee verfolgen er und sein Team bereits seit 2007. Zunächst haben sie ein „Aquaponik“ genanntes Verfahren entwi-



Tilapien in einer Aquaponikzucht

ckelt, das Pflanzenbau und Fischzucht kombiniert. Der Vorteil dabei: Was in dem einen Bereich als Abfall übrigbleibt, wird im anderen zur wichtigen Ressource. So muss man in einer Aquakultur jeden Tag zwischen fünf und 15 Prozent des Wassers austauschen. Sonst reichert sich darin zu viel Nitrat an, das aus den Stoffwechselprodukten der Tiere entsteht. „Das entnommene nährstoffreiche Wasser müsste man normalerweise über die Kläranlage entsorgen“, erklärt Kloas, „wir verwenden es stattdessen als Flüssigdünger.“

Auch das von den Fischen ausgeatmete Kohlendioxid können die Pflanzen verwerten – mittels Fotosynthese gewinnen sie Energie daraus und produzieren dabei



Eine Lösung für den Anbau in Städten? Mit Hydroponik wachsen Pflanzen in Nährlösungen statt in Erde.

noch Sauerstoff. Der Wasserdampf, den sie aus ihren Spaltöffnungen abgeben, kommt im Gegenzug den Fischen zugute: Er wird durch ein Kühlsystem kondensiert und wieder in die Anlage eingespeist. So entsteht ein nahezu geschlossener Wasserkreislauf, in dem Ressourcen wie Nährstoffe, Wärme und Strom doppelt genutzt werden können.

Die derart erzielten Erträge können sich sehen lassen. „Wenn man die Tomaten künstlich beleuchtet und mit Kohlendioxid begast, kann man im Extremfall von einer einzigen Pflanze in einer Saison bis zu 70 Kilogramm Früchte ernten“, sagt Kloas. Das sind Mengen, wie sie sonst nur in auf reinen Tomatenanbau spezialisierten Hightech-Gewächshäusern erreicht werden. Auch die Inhaltsstoffe der Früchte, etwa ihr Gehalt an Farbstoffen wie Lycopin und Beta-Carotin, unterschieden sich zwischen beiden Anbauformen nicht.

Dazu lieferte die Anlage auch beachtliche Mengen an Süßwasserfischen – im Schnitt etwa ein Kilogramm pro fünf Kilogramm Tomaten. „Der Ertrag hängt dabei natürlich auch von der Fischart ab“, sagt Kloas. So lassen sich afrikanische Raubwelse zum Beispiel relativ eng zusammen halten, ohne in Stress zu geraten. Deshalb brachten diese schwimmenden Räuber etwa den doppelten bis vierfachen Ertrag wie die zu den Buntbarschen gehörenden Tilapien.

In beiden Fällen aber ließen sich die Fische zusammen mit Tomaten genauso gut heranziehen wie allein – und das bei deutlich geringerem Ressourcenverbrauch.

All diese Erfahrungen sind in das Projekt Cubes Circle eingeflossen, in dem die Forscherinnen und Forscher über die Aquaponik hinausgehen. Bisher nämlich ließen sich weder der Biomüll aus der Tomatenproduktion noch die in den Fischbecken zu Boden sinkenden Sedimente vernünftig nutzen. Also hat die neue Indoor-Farm noch eine dritte Produktionslinie bekommen: die Insektenzucht. Denn die Sechsbreiner haben etliche Vertreter in ihren Reihen, die solche Überreste verwerten können. Große Hoffnungen setzt

das Projektteam vor allem auf die als besonders robust und anspruchslos geltenden Soldatenfliegen der Art *Hermetia illucens*, die aus dem tropischen Afrika stammen. „Deren Larven kann man mit allen möglichen feuchten Bioabfällen füttern“, sagt Kloas. In nur drei Wochen wachsen sie dann heran und können geerntet werden. „Theoretisch würden sie sich sogar für den menschlichen Verzehr eignen“, meint der Forscher. Schließlich liefern Insekten hochwertige Proteine, und einige von ihnen gelten in manchen Teilen der Welt sogar als Delikatesse.

Da das für viele Menschen in Europa aber noch ein sehr gewöhnungsbedürftiger Gedanke ist, sollen die Sechsbreiner aus der Berliner Indoor-Farm zunächst einem anderen Zweck dienen: Wenn man sie trocknet und entfettet, lässt sich daraus ein sehr gutes und umweltfreundliches Fischfutter herstellen. „Bei allesfressenden Süßwasserarten wie Karpfen und Tilapien kann man das konventionelle Futter komplett durch Mehl aus Fliegenmaden ersetzen“, sagt Kloas. Eine solche Umstellung wäre seiner Einschätzung nach ein großer Schritt in Richtung einer nachhaltigeren Aquakultur, weil sich die Insekten ohne größere Umweltfolgen produzieren lassen. Neben den schon bewährten Tilapien und Raubwelsen testen die Forscher auch noch weitere Bewohner für ihre Kombi-Farm – etwa den aus Südamerika stammenden Schwarzen Pacu, einen Verwandten der Piranhas.

Und auch bei der Gemüseproduktion bietet die neue Form von Indoor-Landwirtschaft vielfältige Möglichkeiten. Neben Tomaten gibt es inzwischen rund 250 weitere Nutzpflanzen, die sich in einem „Hydroponik“ genannten Verfahren in Nährlösungen statt in Erde heranziehen lassen. Die Palette reicht dabei von Kräutern und Zwiebeln bis hin zu Paprika und Zucchini, die künftig in jeweils eigenen Modulen angebaut werden könnten.

Die einzelnen Einheiten der Kombi-Farm funktionieren bereits. Nun aber gilt es, sie zu verbinden. Wie das am besten geht, testen die Forscher in der Pilotanlage, die alle Produktionswürfel integriert. Auch wenn es da noch viel zu tüfteln gibt, ist Kloas optimistisch: „Wir werden künftig eine Landwirtschaft brauchen, die viel sparsamer mit den Ressourcen umgeht als bisher. Und dazu kann unsere Idee einen Beitrag leisten.“



Nahrhaftes Fischfutter: die Larven der Soldatenfliege

## Bodenlos: Pflanzenbau mit Hydroponik

Es gibt im modernen Pflanzenbau die Möglichkeit, auf Erde ganz zu verzichten. In Innenräumen kann man die Pflanzen direkt in einer wässrigen Lösung heranziehen, die alle wichtigen Nährstoffe enthält. Diese als „Hydroponik“ bekannte Methode wird heute bereits in Gewächshäusern angewendet, um unter genau kontrollierten Bedingungen Gemüse-, Zier- und Arzneipflanzen heranzuziehen. Eine Variante davon ist die „Aeroponik“, bei der die Nährlösung mithilfe von Hochdruckdüsen oder Sprinklern vernebelt und als eine Art Dampf an die Wurzeln

gebracht wird. Diese wachsen dadurch schneller als die grünen Pflanzenteile, so dass man das Verfahren vor allem zur Bewurzelung von Stecklingen verwendet. Beide Methoden brauchen weniger Wasser und weniger Platz als der herkömmliche Anbau. Man kann die Pflanzen auf diese Weise in Boxen oder auf großen Tablettis kultivieren, die sich in Etagen übereinander stapeln lassen. Da sie mithilfe von LEDs oft künstlich beleuchtet werden, kann man solche Pflanztürme in beliebigen Innenräumen errichten, etwa in Lagerhallen oder Kellern. **vfp**

## FRAGEN SIE NUR!

### Mehr drin als draufsteht

Warum bestehen Puzzles nicht immer aus den angegebenen 1000 oder 2000 Teilen?

Wer sich am Puzzeln versucht und während einer zähen Phase einmal genau nachzählt, stellt fest, dass klassische große Puzzle häufig mehr Teile haben als es prominent auf der Packung steht. Mathematisch ist das nachvollziehbar: Meistens sind die Puzzleleile

schachbrettartig in waagerechten Zeilen und senkrechten Spalten angeordnet.

Die Gesamtzahl der Puzzleleile ergibt sich aus Anzahl der Teile in der Breite mal der in der Länge. Da kann es gar nicht bei jedem beliebigen Seitenverhältnis des Bildes zu einem Produkt von exakt 1000 Teilen kommen. Stefanie Traub von Ravensburger erläutert:

„Beim Festlegen der Teileanzahl stehen immer Motiv und Format des Puzzles im Vordergrund.“

So liegt die Teilezahl bei einem Standard-1000-Teile-Puzzle für gewöhnlich bei 1008 Teilen. Nämlich 28 mal 36 Teilen. Panorama-1000-Teile-Puzzles haben hingegen entweder exakt 1000 oder auch 1012 Teile – wegen 44 mal 23. Aber eine Irreführung der Kunden ist es letztlich nicht: Denn seitlich auf den Kartons sind die exakten Teilezahlen dann doch immer angegeben. **Henrike Berkefeld**

**► Noch Fragen?** Fragen Sie nur! Per E-Mail an: [fragen@badische-zeitung.de](mailto:fragen@badische-zeitung.de)

## Haie halten die Luft an

Kiemer dicht und ab in die Tiefe. Das scheint einer Studie zufolge die Jagdstrategie der Hammerhaie zu sein. Wieso?

Wie alle Fische holen sich Hammerhaie Sauerstoff aus dem Wasser, das durch ihre Kiemen strömt. Weshalb also bleiben die weit verbreiteten Bogenstirn-Hammerhaie dann nach einer Jagd in einigen hundert Metern Tiefe nicht unten, sondern schwimmen rasch wieder nach oben?

Weil das Wasser auch in den tropischen Ozeanen in der Tiefe kalt ist – und dann mit vier oder fünf Grad Celsius durch die Kiemen strömen würde. Dadurch würde das Blut sehr kalt werden, wodurch die Muskeln unter die nötige Betriebstemperatur abkühlen würden. Um das zu vermeiden, halten die Hammerhaie in ihrem Jagdrevier in 300 bis 500 Meter Tiefe die Luft an und stoppen den Wasserfluss durch ihre Kiemen, berichtet ein Team um Mark Royer, Carl Meyer und Kim Holland von der University of Hawaii in Honolulu in der Fachzeitschrift *Science*.

Für ihre Studie hatte die Gruppe Bogenstirn-Hammerhaie mit Geräten ausgerüstet, die neben Tiefe und Wassertemperatur auch Bewegungsaktivitäten und die Temperatur bestimmter Muskeln des Hais aufzeichneten. Auch in der Tiefe fiel den Daten zufolge die Temperatur in den Muskeln der Haie kaum ab. Daraus schließt die Gruppe, dass die Fische vorab ihre Kiemen verschließen. Beweise haben die Forschenden keine. Sie verweisen aber auf die Aufnahmen eines Tauchroboters. Diese hatten vor der Küste Tansanias in einer Tiefe von 1043 Metern ausgewachsene Bogenstirnhaie gezeigt, deren Kiemen offensichtlich verschlossen waren. **knau**