

The background is a deep blue. At the top, there are stylized teal wavy lines and a single teal water drop. In the center, a black rounded rectangle contains the title 'AQUA KULTUR HYDRO PONIK' in white, bold, sans-serif capital letters. A teal arrow on the left and a green arrow on the right of the rectangle point towards each other. Below the rectangle, a pink pill-shaped box contains the text 'GENIALE SYMBIOSE' in white, bold, sans-serif capital letters. To the right of this box is a green line drawing of a tomato with a green stem and leaf. Below the tomato are several teal water drops of different sizes. On the left side, there is a green line drawing of a fish with vertical stripes and three small circles above it representing bubbles. At the bottom center, a black line drawing of a diamond-shaped grid (representing a hydroponic system) has a black arrow pointing upwards from its center. A teal wavy line is also at the bottom left.

AQUA KULTUR HYDRO PONIK

GENIALE SYMBIOSE

BOOKLET
ZUR AQUAPONIK
VIRTUAL REALITY

WILLKOMMEN BEI DER AQUAPONIK IM VIRTUELLEN RAUM.

Sie haben sich bereits als Tomatenfisch-ZüchterIn in der virtuellen Realität versucht oder wollen es bald ausprobieren? Dieses Begleitheft liefert umfangreiches Hintergrundwissen rund um die Aquakultur und Aquaponik, sowie wertvolle Hinweise für das Spiel.



INHALT

I	AQUAKULTUR	
	→ Was ist Aquakultur?	4
	→ Welche Rolle spielt die Aquakultur?	5
	→ Produktionssysteme in der Aquakultur	6
	→ Die Zukunft der Aquakultur	7
II	AQUAPONIK	
	→ Was ist Aquaponik?	8
	→ Warum Aquaponik?	9
	→ Funktionsweise	9
	→ Nährstoffkreislauf	10
	→ Fische und Pflanzen in Aquaponik	11
	→ Wirtschaftliche Bedeutung	11
III	DAS AQUAPONIK VR-SPIEL	
	→ Dahrendorf Preis	13
	→ Ziel und Konzept	13
	→ Bedienung und Sicherheit	14
+	ANHANG	
	→ Referenzen, nützliche Links und weitere Informationen	15

Impressum

Konzept und Text

→ Dr. Hendrik Monsees &
Dr. Fabian Schäfer

Design und Illustration

→ PaiStudio Berlin. Jasmin Herz &
Christian Schalauka

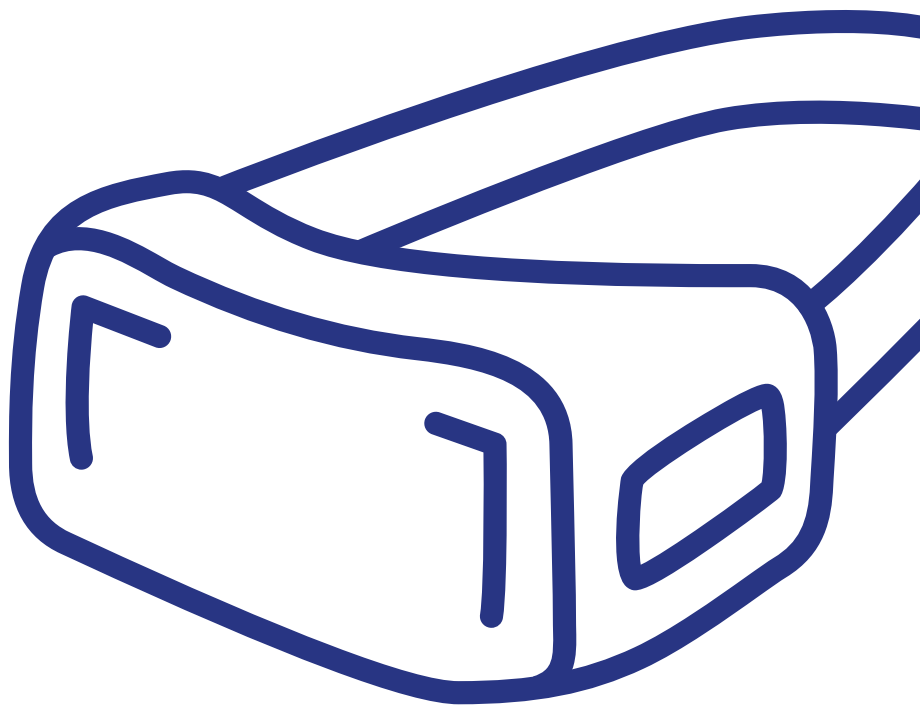
Herausgeber

→ IGB Berlin. Leibniz-Institut für
Gewässerökologie und Binnenfischerei

Förderung

→ BMBF. Bundesministerium für Bildung
und Forschung

© 2020



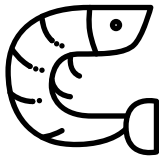
KOMBINIERTE
FISCH- UND PFLANZENZUCHT
IN AQUAPONIK



BOOKLET
ZUR AQUAPONIK
VIRTUAL REALITY

I AQUA KULTUR

Unter Aquakultur versteht man die kontrollierte Erzeugung von Wasserorganismen.

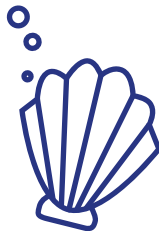



WAS IST AQUAKULTUR?

Aquakulturen dienen in erster Linie der menschlichen Ernährung. Aquakultur kann jedoch auch andere Nutzungszwecke haben, wie die Erzeugung von Besatztieren für die Angelfischerei (z. B. Forellen und Karpfen), für die Wiederansiedlung und Bestandserhaltung bedrohter Tierarten (z. B. Störe) oder auch die Produktion von Algen für Treibstoffe oder Pharmaprodukte. Je nach kultivierter Art stammen die jungen Besatztiere für die Zucht entweder aus der gezielten Vermehrung eines Elternbestands oder es werden Larven bzw. Jungtiere aus der Natur entnommen.

Ist Aquakultur gleichzusetzen mit Fischzucht?

Die eine Aquakultur gibt es eigentlich nicht, da viele verschiedene Arten erzeugt werden. Außer Fischen werden auch Muscheln, Krebstiere, Algen und weitere Pflanzen in Aquakulturen produziert. Der häufig als Synonym verwendete Begriff »Fischzucht« deckt daher nur einen Teilbereich der Aquakultur ab.



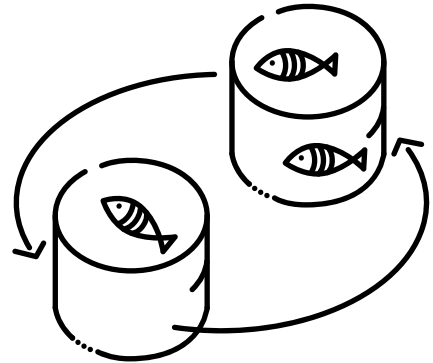
 Aquakultur findet in vielen verschiedenen Systemen statt, wie hochtechnisierten Kreislaufanlagen, Netzgehegen, Teichen oder Durchflussanlagen.



↖ Teiche
 ↑ Fangfischerei
 ↓ Kreislaufanlage

WELCHE ROLLE SPIELT DIE AQUAKULTUR?

Vielerorts hat die **Aquakultur eine lange Tradition** und die Wurzeln reichen mehrere Hundert bis Tausende Jahre zurück. Im Vergleich zur Fangfischerei spielte die Aquakultur bei der weltweiten Versorgung mit Fischen, Meeresfrüchten und anderen Wasserorganismen jedoch lange eine untergeordnete Rolle. Auf Grund stagnierender Fangerträge aus der Fischerei, der wachsenden Weltbevölkerung und der steigenden Produktnachfrage erlebt die Branche **seit den 1980er Jahren einen rasanten Anstieg**.



Die **Aquakultur gilt als der am schnellsten wachsende Zweig der Ernährungswirtschaft**. 2018 wurden weltweit bereits über 114,5 Mio. t Fische, Weichtiere, Krebstiere, Algen und weitere Wasserorganismen in Aquakulturen produziert. Heute stammen also bereits **über die Hälfte der Fische und Meeresfrüchte für den menschlichen Verzehr aus Aquakultur**. Und die Nachfrage steigt. Jeder Mensch auf der Welt isst pro Jahr über 20 kg.

In Deutschland...

...fristet die Aquakultur ein Nischendasein. Mit unter 40.000 t Produktion im Jahr können lediglich ca. 3% des Verbrauchs gedeckt werden.

PRODUKTIONSSYSTEME

In der Aquakultur kommen **unterschiedliche Produktionssysteme** zum Einsatz. Die Wechselwirkungen mit der Umwelt unterscheiden sich zwischen den Systemen. Es gibt **offene** (relativ unkontrollierter Austausch mit der Umgebung) und **geschlossene Systeme** (kontrollierter Austausch), aber es existieren auch Zwischenformen.

In Deutschland dominieren die Erzeugung von Karpfen in Teichen und von Forellen in Durchflussanlagen, sowie die Muschelzucht an der Küste. Kreislaufanlagen spielen nur eine untergeordnete Rolle.



Netzgehege

Vor allem Fische werden in Netzgehegen gemästet. Die Netze erlauben einen konstanten Austausch mit dem umgebenden Wasser (offenes System).



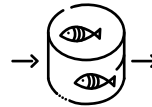
Teiche

Vom einfachen Erdloch bis hin zu großen Teichanlagen – diese traditionelle, naturnahe und variantenreiche Methode ist global sehr bedeutend und kommt in unterschiedlicher Intensität zum Einsatz (offenes System).



Algen und Pflanzen

Algen und Pflanzen werden in verschiedenen Kultursystemen erzeugt, z. B. Betonbecken, Netzen oder Photobioreaktoren.



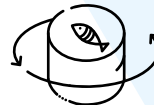
Durchflussanlagen

Hierbei handelt es sich meist um offene Betonrinnen oder Becken, welche fortlaufend mit frischem Wasser durchspült werden (offene bis teilgeschlossene Systeme).



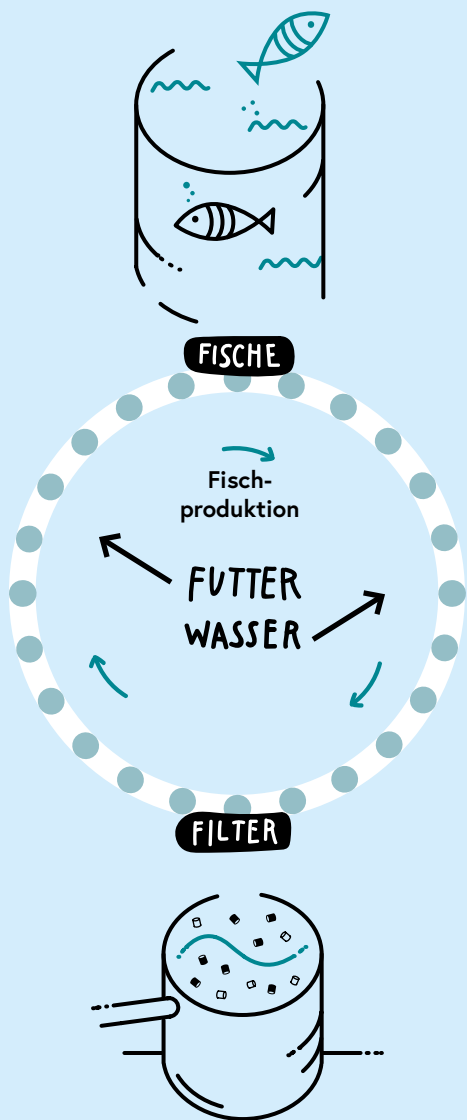
Muschelfarmen

Die Aufzucht von Muscheln in den Küstenregionen geschieht oft an langen Leinen oder in Körben. Die Muscheln ernähren sich durch Filtration des Meerwassers (offenes System).



Kreislaufanlagen

Die Tiere werden in Becken gehalten. Das Haltungswasser wird durch Filter laufend aufbereitet und wiederverwendet. Der geschlossene Kreislauf ermöglicht ein hohes Maß an Kontrolle.



↑ Kreislaufanlage (Schema)

DIE ZUKUNFT DER AQUAKULTUR

Die Nachfrage nach Fisch und Meeresfrüchten steigt. Gleichzeitig stagniert die globale Versorgung aus der Fangfischerei, beziehungsweise wird knapper. Die Aquakultur kann dazu beitragen, diesen Herausforderungen zu begegnen. Der Ausbau der Aquakultur sollte jedoch dringend nachhaltig gestaltet werden, um der weiteren Übernutzung natürlicher Ressourcen entgegenzuwirken.

→ Die extensive Teichwirtschaft in traditionellen Aquakultur-Systemen gilt hierzulande bei gutem Management bereits als natur- und landschaftsverträgliche Produktionsform, die auch wertvolle Ökosystemleistungen erbringen kann. Sie hat jedoch aufgrund von limitierter Wasser- und Flächenverfügbarkeit sowie Zielkonflikten mit dem Natur- und Umweltschutz kaum Wachstumspotenzial.

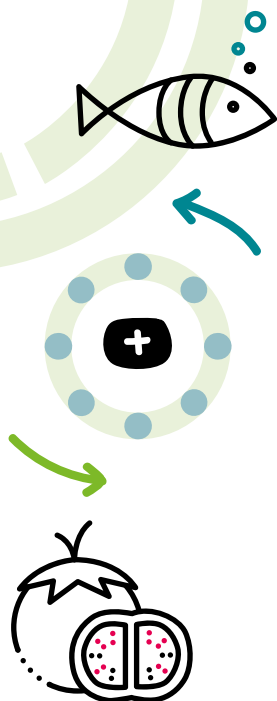
→ Ein Ausbau der Aquakultur könnte aber durch landbasierte und (teil-) geschlossene Kreislaufanlagen, technische Innovationen, umweltfreundliche Futtermittel und kurze Transportwege ressourcenschonend gestaltet werden. Kreislaufanlagen können auch in andere bestehende Produktionskreisläufe integriert werden, um z. B. Synergieeffekte bei Energie-, Wasser-, Wärmeversorgung zu nutzen oder anfallende Nährstoffe zu recyceln.

Zukunftsweisend

Die in der kreislaufbasierten Aquakultur anfallenden Stoffwechselprodukte der Fische könnten zum Beispiel Pflanzen als Dünger dienen. Die Erforschung und Umsetzung solcher Konzepte gilt als zukunftsweisend.

II AQUAPONIK

Aquaponik kombiniert die Aufzucht von Fischen in einer Aquakulturanlage mit dem Anbau von Pflanzen in einem Hydroponiksystem.




AQUAKULTUR

Unter Aquakultur versteht man die kontrollierte Produktion von Wasserorganismen, wie z. B. Fischen, Muscheln oder Krebstieren. Die Produktion kann in offenen Systemen, wie Teichen, Durchflussanlagen oder Netzgehegen stattfinden – jedoch auch in geschlossenen Systemen, in sogenannten Kreislaufanlagen, die ein Bestandteil von Aquaponikanlagen sind.

HYDROPONIK

Hydroponik beschreibt den erdlosen Anbau von Pflanzen, deren Wurzeln durch eine Nährlösung mit allen wichtigen Nährstoffen versorgt werden. Die Wurzeln können dabei direkt in der Nährlösung stehen, von dieser umspült oder damit besprüht werden oder sogar per Schlauch und Tröpfchenbewässerung versorgt werden.

 Durch die Kombination dieser beiden Produktionssysteme können aufgrund der Doppelnutzung des Wassers aus der Fischproduktion wertvolle Ressourcen, wie Wasser und Dünger, bei der Pflanzenproduktion eingespart werden.

WARUM AQUAPONIK?

Aktuell (2020) leben bereits ca. 7,8 Milliarden Menschen auf der Erde und die Vereinten Nationen (UN) prognostizieren für das Jahr 2050 einen Anstieg auf 9,7 Milliarden. Damit verbunden ist ein **steigender Druck auf die Ökosysteme an Land und unter Wasser**, da für die Schaffung von neuem Wohnraum bzw. Ackerland und auch für die Produktion von Lebensmitteln immer mehr Ressourcen benötigt werden.

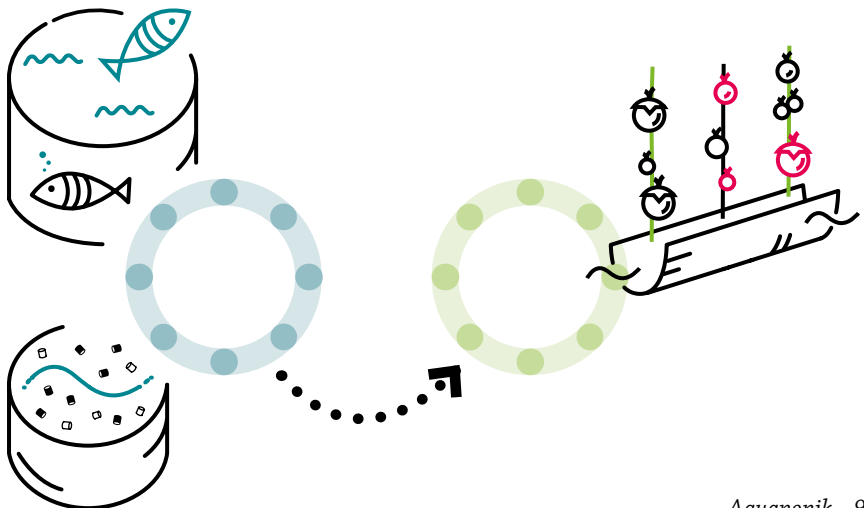
Die **Aquaponik zählt zu den effizientesten Lebensmittelproduktionssystemen**; sowohl wenn es um den Verbrauch von Wasser, Futter und Dünger geht, als auch beim Platzbedarf. Der Ertrag pro Fläche ist im Vergleich zu konventionellen Produktionssystemen (bei Fischen z. B. in Teichen, bei Pflanzen z. B. Anbau in Erde auf einem Feld) deutlich höher.

Speziell mit Hinblick auf den **fortschreitenden Klimawandel** könnten Aquaponiksysteme einen Beitrag dazu leisten, dass bei der Nahrungsmittelproduktion weniger Ressourcen und auch weniger wertvolles Ackerland benötigt werden. Allerdings sind die Investitionskosten für den Bau von Aquaponiksystemen oft hoch und das da-

mit verbundene Risiko führt dazu, dass es weltweit zurzeit nur wenige kommerzielle Anlagen gibt. Im Hobbybereich ist allerdings schon eine Vielzahl verschiedener Anlagen zu finden.

FUNKTIONSWEISE

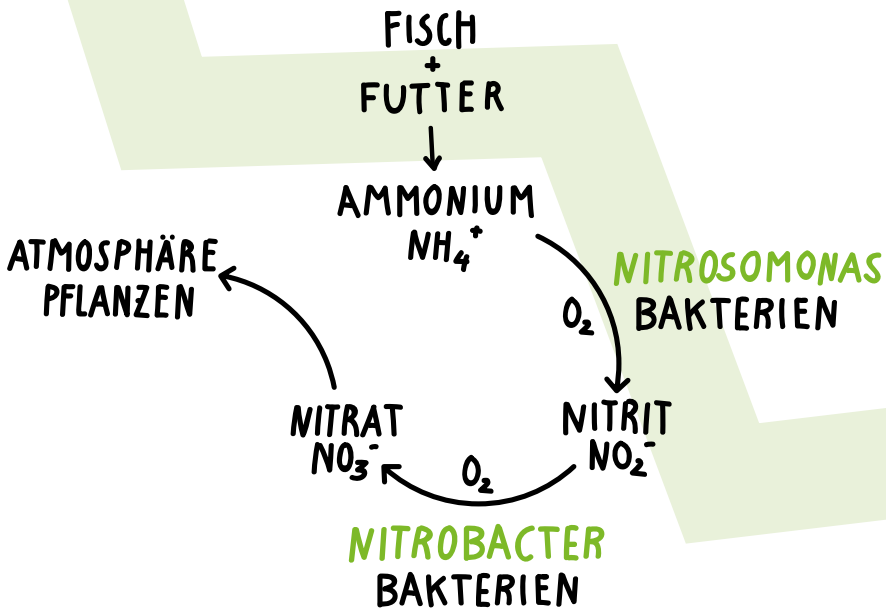
In Aquaponiksystemen werden Fische in geschlossenen Kreislaufanlagen erzeugt. Durch die Aufbereitung des Wassers der Fischproduktion mit Hilfe von mechanischen und biologischen Filtern, weisen diese Systeme einen sehr geringen Wasserbedarf auf. Dadurch reichern sich Nährstoffe, wie z. B. Nitrat, Kalium oder Calcium, im Wasser an. Das nährstoffreiche Abwasser, welches beim Reinigen der Filter oder beim Ablassen des Wassers der Fischbecken anfällt, wird normalerweise über die Kanalisation entsorgt. **In Aquaponiksystemen wird dieses angereicherte Wasser jedoch recycelt**, indem es in der angeschlossenen Hydroponik (erdloser Anbau von Pflanzen) für die Produktion von Pflanzen, wie Tomaten, Salat oder Kräutern, verwendet wird. **Dadurch können Nährstoffe und vor allem Wasser gespart und natürliche Ressourcen bei der Lebensmittelproduktion geschont werden.**



NÄHRSTOFFKREISLAUF

Das Futter für die Fische enthält Proteine, Kohlenhydrate und Fette, die für den Stoffwechsel der Fische (z. B. Wachstum, Energiegewinnung) benötigt werden. Bei dem Abbau der Stickstoffverbindungen wird Ammonium (NH_4^+) als Stoffwechselendprodukt gebildet und primär über die Kiemen der Fische ausgeschieden. Abhängig vom pH-Wert liegt ein Teil des Ammoniaks dabei als fischtoxisches Ammoniak (NH_3) vor.

Das Ammonium wird in Kreislaufanlagen im biologischen Filter – wie Tropf-, Bewegtbett- oder Sandbettfilter – durch bestimmte Gattungen nitrifizierender Mikroorganismen über die Zwischenstufe Nitrit in unschädliches Nitrat umgewandelt. An der Umwandlung von Ammonium zu Nitrit ist z. B. die Gattung *Nitrosomonas* beteiligt, der zweite Schritt, die Umwandlung von Nitrit zu Nitrat, wird z. B. von der Gattung *Nitrobacter* vollzogen. Das gebildete Nitrat stellt das Endprodukt der Nitrifikation dar und reichert sich folglich in dem Prozesswasser der geschlossenen Kreislaufanlage an. Nitrat wiederum ist ein wichtiger Nährstoff für Pflanzen.



Ammoniumgehalt

Durch die Zersetzung von nicht gefressenem Futter und durch Kot wird der Gehalt von Ammonium/Ammoniak im Haltungswasser zusätzlich erhöht.

FISCHE UND PFLANZEN

In der Aquaponik werden häufig **robuste Fischarten**, wie z. B. Nil-Tilapia, gehalten. Diese Buntbarsche stammen ursprünglich aus Afrika, stellen als Omnivore (»Allesfresser«) geringere Ansprüche an die Futterqualität, sind robust gegenüber Schwankungen der Haltungsbedingungen (Temperatur, Nährstoffgehalt im Wasser etc.) und **wachsen sehr schnell**.

Gerade bei der Aufzucht von Fischen in Gewächshäusern ist die **Toleranz gegenüber Temperaturschwankungen ein großer Vorteil**, da bei intensiver Sonneneinstrahlung zeitweise Temperaturen von über 30°C erreicht werden können, eine Temperaturregulierung/Klimatisierung jedoch sehr kostenaufwendig und wenig nachhaltig ist. Auch andere Süßwasserfische, wie z. B. der Afrikanische Raubwels und verschiedene Karpfenartige, werden erfolgreich in Aquaponiksystemen aufgezogen.

Kaltwasser-Aquaponik ist an wenigen Orten in der Erprobung (z. B. Forellen in Skandinavien). Bei der Auswahl der Pflanzen in Aquaponik können prinzipiell alle Arten, die auch ohne Erde auskommen, gezüchtet werden. Dabei müssen aber die spezifischen **Nährstoffansprüche** beachtet werden. So benötigen stark zehrende (fruchttragende) Pflanzen, wie Tomate, Gurke oder Kürbis, wesentlich mehr Nährstoffe als schwach zehrende, wie Salat oder Kräuter. Dementsprechend sollten bei der Auswahl der Pflanzen neben ökonomischen Aspekten auch die Bedingungen der jeweiligen Aquaponikanlage berücksichtigt werden.

WIRTSCHAFTLICHE BEDEUTUNG

Aktuell (2020) gibt es noch keinen flächendeckenden, kommerziellen Einsatz von Aquaponiksystemen zur nachhaltigen Produktion von Lebensmitteln.

→ Dies hat hauptsächlich mit den oftmals hohen Investitionskosten, einer unzureichenden Standardisierung und der Verfügbarkeit geeigneter Fachkräfte und den damit verbundenen Risiken bei der Planung und Finanzierung solcher Systeme zu tun.

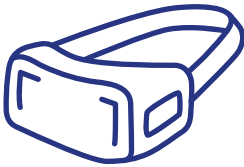
→ Allerdings wurden in den letzten Jahren in Europa mehrere kommerzielle Systeme errichtet und besonders in den USA gibt es mittlerweile eine größere Zahl kleinerer und mittlerer Produzenten, die jedoch häufig im Nebenerwerb wirtschaften.

→ Genaue Zahlen, wie hoch das Produktionsvolumen in Aquaponiksystemen weltweit einzuschätzen ist, gibt es nicht. Die Produktion dürfte zurzeit im Vergleich zu konventionellen Systemen noch äußerst gering sein. Vielversprechend für zukünftige kommerzielle Anlagen sind hierbei besonders Zwei-Kreislaufsysteme, die eine optimale Steuerung aller Produktionsparameter ermöglichen und die am Leibniz-Institut für Gewässerökologie und Binnenfischerei in Berlin entwickelt wurden.



VR-SPIEL AQUAPONIK

Virtuelle Realität (VR) ist eine computergenerierte Wirklichkeit in 3D.



➤ VR-Brille

Das Spiel...

...wurde so gestaltet, dass es den NutzerInnen ohne Vorkenntnisse möglich ist, die Zusammenhänge und das Funktionsprinzip der Aquaponik spielerisch zu entdecken.

DAS VR-SPIEL AQUAPONIK

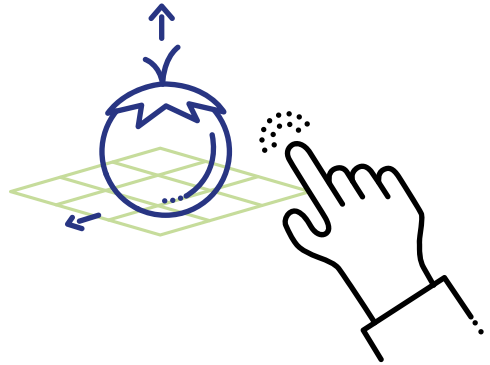
Während des Spieles führt eine Erzählerin durch die Aquaponik, damit die NutzerInnen die möglichen Interaktionen in der virtuellen Realität erlernen können und keine wichtigen Stationen verpassen.

Dadurch wird eine Übersicht über die gesamte Anlage geliefert, aber auch Einblicke und Informationen zu spezifischen Anlagenteilen, wie z. B. dem Biofilter und natürlich auch zu den Fischen und Tomatens. Die NutzerInnen interagieren im virtuellen Raum in einer Aquaponik-Anlage als FischwirtIn und GärtnerIn, führen einfache Aufgaben wie Füttern und Ernten aus. Parallel dazu werden Hintergrundinformationen vermittelt.

ZIEL UND KONZEPT

Das zentrale Ziel der Aquaponik-VR Anwendung ist es, die komplexen biologischen und technischen Hintergründe der integrierten Fisch- und Pflanzenproduktion einer Aquaponik-Anlage durch eine Virtual-Reality (VR) Simulation einer Vielzahl an Nutzergruppen und der interessierten Öffentlichkeit zugänglich und erlebbar zu machen.

Eine Besichtigung oder greifbare Erfahrungen können zu einem gesteigerten Verständnis beitragen und die Akzeptanz dieser Produktionsformen erhöhen. Solche Erfahrungen sind jedoch in der Regel standortgebunden und nur in Ausnahmefällen zugänglich. Mit Hilfe der VR-Technologie lässt sich dies realitätsnah transportieren.



↑ VR-Spiel



Dahrendorf Preis

Der Ralf-Dahrendorf-Preis für den Europäischen Forschungsraum, den das Bundesministerium für Bildung und Forschung 2019 erstmals vergab, würdigt herausragende Leistungen in europäischen Netzwerken. Damit werden Projekte von Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern in EU-Forschungsprojekten und ihre Motivation, die Ergebnisse in den Dialog mit der

Gesellschaft zu stellen, geehrt. Die Gewinnerprojekte können Förderung für ihre kreativen Kommunikations-Ideen erhalten. Der Preis ist auch als Ansporn für weitere europäische Forschende gedacht, interessierte Bürgerinnen und Bürgern an den spannenden Ergebnissen ihrer

Forschungsprojekte Teil haben zu lassen und mehr Menschen von Forschungsthemen zu begeistern. Der Ralf-Dahrendorf-Preis wurde erstmals am 14. Mai 2019 bei der Konferenz zum Europäischen Forschungsraum in Berlin verliehen – auch an das Aquaponikprojekt »INAPRO« des IGB.



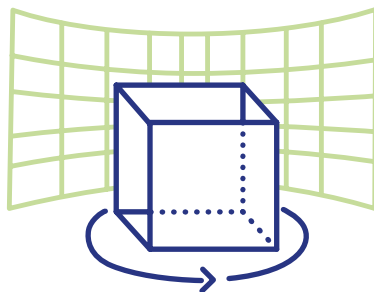


SICHERHEITSHINWEISE FÜR DIE NUTZUNG DER AQUAPONIK VR

SPIELFELDBEGRENZUNG

Das Spielfeld wird durch ein Gitternetz begrenzt, bitte bewegen oder greifen Sie nicht durch dieses virtuelle Gitter, da Sie eventuell mit Objekten oder Personen kollidieren könnten.

⚠ Vermeiden Sie generell ruckartige, schnelle und kraftvolle Bewegungen um sich selbst vor Unfällen zu schützen und um die Bedienelemente nicht zu beschädigen.



↑ Spielfeldbegrenzung

NUTZUNG DER KONTROLLER

A – Laufen

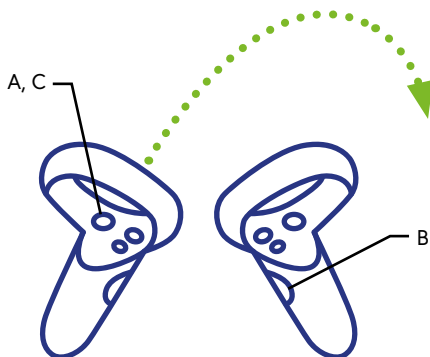
Vermeiden Sie in der Virtual Reality Anwendung eigenständig zu laufen, nutzen Sie den beweglichen Knopf des linken Controllers, um sich zu einem neuen Standort zu teleportieren (siehe Teleportieren).

B – Greifen

Mit Hilfe des rechten Controllers können Sie Objekte wie z.B. das Fischfutter greifen, indem Sie ihre Hand schließen.

C – Teleportieren


Wenn Sie den beweglichen Knopf des linken Controllers nach vorne drücken dann können Sie mit dem erscheinenden Lichtstrahl Ihren nächsten Standort bestimmen. Durch loslassen des Knopfes wird die Teleportation ausgelöst. Wenn ein grüner Strahl erscheint bedeutet dies, dass die Bewegung möglich ist. Ist der Strahl rot, kann diese Bewegung nicht ausgeführt werden.



↑ linker und rechter Controller

REFERENZEN, NÜTZLICHE LINKS UND WEITERE INFORMATIONEN

Ralf-Dahrendorf-Preis für den Europäi- schen Forschungsraum

 bmbf.de/de/ralf-dahrendorf-preis-fuer-den-europaeischen-forschungsraum-7420.html

AquakulturInfo

 aquakulturinfo.de

Forschungsprojekt CITYFOOD

 cityfood-aquaponics.com

Nina und der Tomatenfisch – Kinderbuch zur Aquaponik

 igb-berlin.de → Downloads

IGB Aquaponik

 igb-berlin.de/aquakultur-und-aquaponik

IGB Aquaponik in VR

 igb-berlin.de/aquakultur-und-aquaponik → Downloads

Forschungsprojekt INAPRO

 inapro-project.eu

Statistisches Bundesamt

 destatis.de

FAO 2020. The State of World Fisheries and Aquaculture 2020. Sustainability in action. Rom.

 fao.org/3/ca9229en/ca9229en.pdf

Fisch-Informationszentrum (FIZ)

 fischinfo.de

CUBES Circle

 cubescircle.de

Fischbestände Online

 fischbestaende-online.de

Aquaponik Knowledgebase

 cfakb.igb-berlin.de





IGB-BERLIN.DE
AQUAKULTURINFO.DE

