



Co-funded by
the European Union

Aquaponik: Naturbasierte Lösungen für die Zukunft



BIO4YOU
AR 2.0

BIO-INSPIRED STEM TOPICS FOR ENGAGING YOUNG GENERATIONS
THANKS TO THE USE OF AUGMENTED REALITY

Project Number: KA220-BW-23-30-126516

"Funded by the European Union. Views and opinions expressed are however those of the author(s) only and do not necessarily reflect those of the European Union or the European Education and Culture Executive Agency (EACEA). Neither the European Union nor EACEA can be held responsible for them."





INHALTSVERZEICHNIS

INHALT

Inhalt

Einführung	2
1- 4	
2- 5	
3- 6	
Fazit	6





Allgemeines Thema des Lernpfads	Aquaponik: Naturbasierte Lösungen für die Zukunft
Spezifischer Name der Lerneinheit	Aquaponik: Naturbasierte Lösungen für die Zukunft
Alter der Zielgruppe	14–18 Jahre
Anforderungen an die Lernenden	Grundkenntnisse in Biologie und Ökosystemen (Produzenten, Konsumenten, Zersetzer); Interesse an Umweltfragen; Fähigkeit zur Arbeit in Gruppen; Offenheit für den Einsatz digitaler und AR-Tools.
Beschreibung der Lerneinheit	Diese Einheit führt die Schüler in die wissenschaftlichen, technischen und ökologischen Prinzipien der Aquaponik ein, einem integrierten System, das Aquakultur (Fischzucht) und Hydroponik (bodenunabhängiger Pflanzenanbau) kombiniert. Die Lernenden untersuchen die Fragilität des Gleichgewichts in Ökosystemen, experimentieren mit dem Bau eines Mini-Aquaponik-Systems und verwenden Augmented Reality (AR) , um Nährstoffkreisläufe zu visualisieren und nachhaltige Ökogebäude zu entwerfen. Die Methodik folgt dem Rahmenkonzept „ Erkunden – Ausführen – Verbessern “ und führt die Schüler von der Recherche und Entdeckung über die praktische Umsetzung bis hin zur Reflexion und innovativen Anwendung.
Thema: Beteiligte Parteien	Biologie, Umweltwissenschaften, Ingenieurwesen/Technik, Design und Architektur; Lehrer als Moderatoren; Schüler als Forscher, Designer und Problemlöser.





Stichworte	Aquaponik, Gleichgewicht im Ökosystem, naturbasierte Lösungen, Nachhaltigkeit, Kreislaufsysteme, Augmented Reality, bioinspiriertes Design.
Wichtige Qualifikationen, Fähigkeiten und Kenntnisse, die erworben werden können	Kenntnisse: Dynamik von Ökosystemen, AR-Anwendungen in der Wissenschaft. Fähigkeiten: Problemlösung, Teamarbeit, Versuchsplanung, Datenerhebung, designbasiertes Lernen, kreativer Einsatz von AR. Qualifikationen/Kompetenzen: Fähigkeit zur Anwendung von Nachhaltigkeitsprinzipien, kritisches Denken, digitale Kompetenz, interdisziplinäre Verbindungen (Biologie + Ingenieurwesen + Design).
Verwendete Ressourcen und didaktische Hilfsmittel	Fallstudie (<i>Der sterbende See</i>), Rollenspiel, Labormaterialien für Mini-Aquaponik-Systeme (Behälter, Pumpen, Pflanzen, Fische), digitale Laborjournale, AR-Apps zur Visualisierung von Nährstoffkreisläufen und ökologischem Gebäudedesign, Gamification-Tools (Punkte, Abzeichen, Ranglisten).
Bewertungskriterien und Bewertung	Die Bewertung basiert auf: Wissen, praktische Fähigkeiten, Zusammenarbeit, Kreativität und Innovation, AR- und Digitalnutzung, Engagement.





Einleitung

Im 21. Jahrhundert hat das globale Bevölkerungswachstum den Druck auf natürliche Ressourcen wie Wasser und Boden drastisch erhöht. Die industrielle Landwirtschaft und Aquakultur haben erheblich zur Wasserverschmutzung beigetragen, indem sie große Mengen an Stickstoff, Phosphor und chemischen Düngemitteln in aquatische Ökosysteme freigesetzt haben. Infolgedessen sind die Süßwasserressourcen bedroht, die biologische Vielfalt nimmt ab und das ökologische Gleichgewicht ist gefährdet.

Um diesen Herausforderungen zu begegnen, wenden sich internationale Organisationen und Forscher zunehmend naturbasierten Lösungen (Nature-Based Solutions, NBS) zu: nachhaltige Praktiken, die von natürlichen Prozessen inspiriert sind und die Umweltqualität verbessern, während sie gleichzeitig die Auswirkungen des Menschen reduzieren. Eine der vielversprechendsten davon ist die Aquaponik, ein integriertes System, das Aquakultur (Fischzucht) mit Hydroponik (bodenunabhängiger Pflanzenanbau) kombiniert. In der Aquaponik wird nährstoffreiches Wasser aus Fischbecken durch Pflanzenbeete recycelt, wo es auf natürliche Weise gefiltert wird.

Diese Lerneinheit führt Schüler im Alter von 15 bis 18 Jahren in die wissenschaftlichen, technischen und ökologischen Prinzipien der Aquaponik ein. Anhand von Experimenten, Augmented Reality (AR) und designbasiertem Lernen erkunden die Schüler, wie Biologie und Technik zusammenwirken können, um nachhaltige Wasserwiederverwendungssysteme zu entwickeln und umweltfreundliche architektonische Lösungen zu inspirieren.





1- Entdecken Sie – Einführung in die Aquaponik und naturinspirierte Wasserrückgewinnung

Aquaponik ist ein innovatives System zur Lebensmittelproduktion, das Aquakultur – die Fischzucht – mit Hydroponik, dem erdelosen Anbau von Pflanzen, kombiniert. In diesem geschlossenen Kreislauf werden die von den Fischen produzierten Abfälle zu einem natürlichen Dünger für die Pflanzen (), während die Pflanzen das Wasser filtern und reinigen, bevor es in die Fischbecken zurückfließt. So entsteht ein sich selbst tragendes Ökosystem, in dem jede Komponente der anderen zugute kommt, wodurch der Bedarf an chemischen Düngemitteln reduziert und das Abwasser minimiert wird. Untersuchungen zufolge kann Aquaponik den Wasserverbrauch im Vergleich zur konventionellen Bodenbewirtschaftung um bis zu 90 % reduzieren, da das Wasser ständig recycelt wird und nur geringe Mengen durch Verdunstung oder Transpiration der Pflanzen verloren gehen (Go Green Aquaponics, 2024; CalPoly Research, 2022).

Das Herzstück der Aquaponik ist der Stickstoffkreislauf, ein natürlicher biologischer Prozess, der Abfall nutzbar statt schädlich macht. Fische scheiden Ammoniak aus, das in hohen Konzentrationen giftig ist. Nützliche Bakterien, die in diesem System leben – hauptsächlich *Nitrosomonas* und *Nitrobacter* – wandeln dieses Ammoniak zunächst in Nitrite und dann in Nitrate um, die von Pflanzen sicher als Nährstoffe aufgenommen werden können. Diese Umwandlung unterstützt nicht nur das Pflanzenwachstum, sondern reinigt auch das Wasser und schafft so einen kontinuierlichen Kreislauf der Nährstoffrückführung, der sowohl Fische als auch Pflanzen gesund hält (Hawaii University Aquaponics Program, 2023).

Das Konzept der Aquaponik ist eine praktische Anwendung einer umfassenderen Idee: naturbasierte Lösungen (Nature-Based Solutions, NBS). NBS sind Ansätze, die sich von natürlichen Prozessen und Ökosystemen inspirieren lassen, um moderne Umweltprobleme zu lösen. Anstatt auf industrielle oder chemische Eingriffe zu setzen, ahmen NBS nach, wie die Natur Kreisläufe reguliert, Ressourcen filtert und das Gleichgewicht





aufrechterhält. Beispielsweise reinigen Feuchtgebiete auf natürliche Weise das Wasser, begrünte Dächer absorbieren Regen und reduzieren den Abfluss, und Aquaponik recycelt Wasser, indem sie die Beziehungen in natürlichen Teichen oder Flüssen nachahmt. Durch die Umsetzung von NBS reduzieren Gemeinden nicht nur die Umweltbelastung, sondern erhöhen auch die Widerstandsfähigkeit und Biodiversität (Europäische Kommission, 2021; FAO, 2021).

Zusammengenommen unterstreichen diese Konzepte die Effizienz und Nachhaltigkeit der Aquaponik. Sie zeigen, wie Wasser wiederverwendet statt verschwendet werden kann, wie Bakterien als unsichtbare Partner in der Lebensmittelproduktion fungieren und wie bioinspirierte Systeme industrielle Methoden ersetzen können, die die Umwelt schädigen. Aquaponik ist mehr als eine Anbaumethode, sie ist ein pädagogisches Modell dafür, wie Menschen mit den natürlichen Kreisläufen arbeiten können, anstatt gegen sie – ein Ansatz, der bei der Bewältigung globaler Herausforderungen wie Klimawandel, Wasserknappheit und nachhaltigem urbanem Leben immer wichtiger wird.

AR-Aktivitäten:

Fallstudien aus der Praxis: Wasserverschmutzung durch Düngemittel, Verschlechterung des Ökosystems.

AR-Erfahrung: Simulation eines Wasserkreislaufs mit und ohne menschliches Eingreifen. Die Schüler interagieren mit einem virtuellen Ökosystem und beobachten Verschmutzungsmuster und naturbasierte Sanierungsmaßnahmen.

2- Durchführung:

Umsetzung im Lehrplan

Die Lernenden wenden die Theorie in der Praxis an, indem sie **kleine Aquaponik-Systeme bauen**. In kleinen Gruppen entwerfen und montieren sie Behälter, Pumpen, Aquarien und Pflanzenbeete. Jedes Team experimentiert mit verschiedenen Pflanzenarten, Systemlayouts und Strategien zur Wasserzirkulation.





Die **AR-Anwendung** dient als digitaler Leitfaden: Sie überlagert Schritt-für-Schritt-Anleitungen, vergleicht die Systeme der Lernenden mit einem virtuellen Modell und simuliert potenzielle Probleme (z. B. Sauerstoffmangel oder pH-Ungleichgewicht).

Interaktive Übungen

Praktische Aufgaben werden als **bioinspirierte Designherausforderungen** formuliert:

- Sicherstellung der Sauerstoffversorgung für Fische.
- Testen von Pflanzenarten, die für nährstoffreiches Wasser geeignet sind.
- Optimierung der Wasserzirkulation.

Beispiele aus Klassenzimmern weltweit zeigen inspirierende Ansätze: Hawaiianische Schulen nutzen Aquaponik für den Biologieunterricht, während europäische Schulen AR zur Modellierung von Stickstoffkreisläufen einsetzen.

Feedback-Erfassung

Die Schüler halten ihre Fortschritte in **digitalen Laborjournalen** fest und notieren dabei pH-Werte, Pflanzenwachstum und Fischverhalten. AR-Tools geben **sofortiges Feedback** und melden Probleme, wenn Daten außerhalb der erwarteten Bereiche liegen. Die Lehrer moderieren Reflexionsrunden, in denen die Gruppen ihre Ergebnisse austauschen, Erkenntnisse vergleichen und ihre Systeme gemeinsam verfeinern.

3- Verbessern:

Die letzte Phase ist der Reflexion und Zukunftsvision gewidmet. Die Schüler vergleichen ihre Systeme: Welche funktionieren am besten? Auf welche Schwierigkeiten sind sie gestoßen? Welche Verbesserungen würden sie vorschlagen?

Kreativität nimmt durch eine Augmented-Reality-Aktivität Gestalt an: Sie entwerfen ein „Ökogebäude“ – ein Gebäude der Zukunft, das Aquaponik-Systeme zur Produktion von Lebensmitteln und zur Wasserreinigung integriert.





So verlässt die Aquaponik den Labortank und wird zu einer konkreten Idee für nachhaltige Architektur.

Die abschließende Diskussion verbindet die Erfahrung mit den Zielen für nachhaltige Entwicklung (SDGs): Wie kann Aquaponik dazu beitragen, sauberes Wasser, gesunde Lebensmittel und widerstandsfähige Städte zu gewährleisten? Was sind die Grenzen dieser Technologie?

Fazit:

Am Ende des Kurses haben die Schüler mit eigenen Augen gesehen, dass die Natur bereits die Lösungen bereithält: Ihre geschlossenen Kreisläufe, in denen nichts verloren geht und alles umgewandelt wird, sind Vorbilder, von denen man lernen kann.

Aquaponik wird so zu mehr als einer Technik: Sie ist eine Metapher für Ausgewogenheit. Fische, Bakterien und Pflanzen zeigen, wie Zusammenarbeit und gegenseitige Abhängigkeit Nachhaltigkeit schaffen können.

Die abschließende Botschaft ist klar: Nachhaltigkeit ist kein ferner Traum, sondern eine konkrete Möglichkeit. Wissenschaftliche Erkenntnisse, Technologie und Kreativität sind Werkzeuge in den Händen der jüngeren Generation, um sich eine andere Welt vorzustellen. Und jeder Schüler kann Teil dieses Wandels werden.





Referenzen und Ressourcen

Phase	Beschreibung
Erkunden	- Forschung und Entdeckung: Die Lernenden beginnen mit der Untersuchung der globalen Umweltprobleme des 21. Jahrhunderts. Das schnelle Bevölkerungswachstum und die industrielle Landwirtschaft haben den Druck auf die Süßwasser- und Bodenressourcen erhöht, während der übermäßige Einsatz von Düngemitteln die Ökosysteme weltweit gestört hat. Anhand von narrativen Fallstudien wie „<i>The Dying Lake</i>“ (Der sterbende See) sehen die Schüler, wie das ökologische Gleichgewicht zusammenbrechen kann, wenn sich Stickstoff und Phosphor in Gewässern ansammeln. Außerdem setzen sie sich mit dem Grundgedanken eines Ökosystems auseinander: einem empfindlichen Gleichgewicht zwischen Produzenten (Pflanzen), Konsumenten (Tieren) und Zersetzern (Bakterien). Sie erkennen, dass in der Natur nichts verschwendet wird – alles wird in kontinuierlichen Energie- und Nährstoffkreisläufen recycelt.
	- Inhaltsentwicklung: Der Schwerpunkt liegt auf naturbasierten Lösungen (Nature-Based Solutions, NBS) als Strategien, die von ökologischen Prozessen inspiriert sind. Den Lernenden wird Aquaponik als praktisches Beispiel für NBS vorgestellt: Fische produzieren Abfall, Bakterien wandeln diesen in Nährstoffe um, und Pflanzen nehmen diese Nährstoffe auf und reinigen gleichzeitig das Wasser. Dieses geschlossene System spiegelt das natürliche Gleichgewicht wider und zeigt, wie Menschen eine nachhaltige Lebensmittelproduktion gestalten können. Um unsichtbare Prozesse sichtbar zu machen, wird ein Augmented-Reality-Modell (AR) eingeführt. Mit AR können die Lernenden Nährstoffflüsse erkunden, Bakterien „bei der Arbeit“ beobachten und visualisieren, wie Pflanzen Wasser filtern.
	Bedarfsanalyse: Durch Reflexion und Klassendiskussionen erkennen die Schüler den Bedarf an Nahrungsmittelsystemen, die sowohl produktiv als auch nachhaltig sind. Diese Analyse stellt Aquaponik nicht nur als technische Innovation dar, sondern auch als Antwort auf globale ökologische und soziale Herausforderungen.
Durchführung	- Umsetzung des Lehrplans: Die Lernenden gehen von der Theorie zur Praxis über, indem sie Mini-Aquaponik-Systeme bauen. In kleinen Gruppen entwerfen und montieren sie Behälter, Pumpen, Fischbecken und Pflanzenbeete. Jedes Team experimentiert mit verschiedenen Pflanzenarten, Systemlayouts und Wasserzirkulationsstrategien. Die AR-Anwendung dient als digitaler Leitfaden: Sie überlagert Schritt-für-Schritt-Anleitungen zur Einrichtung, vergleicht die Systeme der Lernenden mit einem virtuellen Modell und simuliert potenzielle Probleme (z. B. Sauerstoffmangel oder pH-Ungleichgewicht).
	- Interaktive Übungen: Praktische Aufgaben werden als bioinspirierte Designherausforderungen formuliert: • Sicherstellung der Sauerstoffversorgung für Fische. • Testen von Pflanzenarten, die für nährstoffreiches Wasser geeignet sind. • Optimierung der Wasserzirkulation. Beispiele aus Klassenzimmern weltweit zeigen inspirierende Ansätze: Hawaiianische Schulen nutzen Aquaponik für den Biologieunterricht, während europäische Schulen AR zur Modellierung von Stickstoffkreisläufen einsetzen.
	- Feedback-Erfassung: Die Schüler halten ihre Fortschritte in digitalen Laborjournalen fest und notieren dabei pH-Werte, Pflanzenwachstum und Fischverhalten. AR-Tools liefern sofortiges Feedback und melden Probleme, wenn Daten außerhalb der erwarteten Bereiche liegen. Die





	Lehrer moderieren Reflexionsrunden, in denen die Gruppen ihre Ergebnisse austauschen, Erkenntnisse vergleichen und ihre Systeme gemeinsam verfeinern.
Verbessern	- AR-Integration: In dieser Phase vertieft AR das Verständnis, indem es den Lernenden ermöglicht, komplexe Prozesse zu manipulieren und zu testen . Sie können die bakterielle Aktivität heranzoomen, den Zusammenbruch eines Teils des Systems simulieren und sofort die Auswirkungen auf das gesamte Ökosystem sehen.
	- Interaktives Lernen: Die Schüler erweitern ihren Horizont, indem sie mit Hilfe von AR ökologische Gebäude der Zukunft entwerfen und Aquaponik in nachhaltige Architektur integrieren. Diese interdisziplinäre Aktivität verbindet Biologie, Ingenieurwesen und Design Thinking und macht das Lernen sowohl kreativ als auch anwendungsorientiert.
	Gamifizierte Inhalte: - Punkte und Abzeichen: werden für genaue Datenerfassung, kreative Lösungen oder Systemverbesserungen vergeben. - Ranglisten: Verfolgen Sie den Fortschritt der Gruppe und fördern Sie einen gesunden Wettbewerb. - Quests und Levels: Jede Herausforderung – Ausgleich von Nährstoffen, Optimierung des Wasserflusses oder Förderung des Pflanzenwachstums – schaltet das nächste Level frei. - Belohnungen für Erkundungen: Extrapunkte für innovative Ansätze, wie z. B. das Testen ungewöhnlicher Pflanzen. - Kollaborative spielerische Aufgaben: Teamübergreifende Missionen, bei denen Gruppen Ressourcen teilen oder gemeinsame Systemherausforderungen lösen.
	AR-basierte Bewertungen: - In AR-Simulationen diagnostizieren die Lernenden fehlerhafte Aquaponik-Systeme und „reparieren“ sie, indem sie die Bedingungen anpassen. - Interaktive Quizfragen, die in AR eingebettet sind, testen das Wissen über Kreisläufe, Ökosysteme und Designstrategien. - Die Schüler werden nicht nur hinsichtlich ihres Wissens abgefragt, sondern auch hinsichtlich ihrer Fähigkeit, Lösungen in einer virtuell-physischen Hybridumgebung anzuwenden.





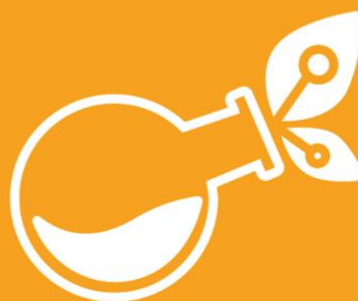
Referenzen

1. **Encyclopedia Britannica – Aquaponik.** Beschreibung des integrierten Agrarsystems auf Basis eines geschlossenen Kreislaufs. Verfügbar unter: <https://www.britannica.com/technology/aquaponics>
2. **Ecolife Conservation – Einführung in das Aquaponik-Handbuch.** Einführendes Handbuch, das den Stickstoffkreislauf und pädagogische Grundsätze erklärt. Verfügbar unter: <https://www.ecolifeconservation.org/wp-content/uploads/2017/06/Introduction-to-Aquaponics-Manual-1.pdf>
3. **North Huron Agriculture (Weebly) – Aquaponik-Lehrplan Schülerhandbuch.** Schülerhandbuch mit einem interdisziplinären Ansatz zur Aquaponik. Verfügbar unter: https://northhuronag.weebly.com/uploads/1/1/2/8/11286496/aquaponics_curriculum_student_manual.unlocked.pdf
4. **Hawai'i Public Schools – HS Biology Aquaponics Project.** Bildungsprojekt für Schüler der Oberstufe im Fach Biologie (9./10. Klasse). Verfügbar unter: <https://www.hawaiipublicschools.org/DOE%20Forms/NGSS/HSBiologyAquaponicsFINA L.pdf>
5. **HundrED Foundation – Aquaponik-System.** Bildungsinnovationsprojekt, das Aquaponik in Schulen einsetzt, um Erfahrungslernen zu fördern. Verfügbar unter: <https://foundation.hundred.org/en/innovations/aquaponics-system>
6. **The Aquaponics Source – Aquaponik in der Schule.** Bildungsressourcen, die Aquaponik als lebendiges Ökosystem für das MINT-Lernen zeigen. Verfügbar unter: <https://www.theaquaponicsource.com/school-aquaponics/>
7. **National Agricultural Library (USDA) – Aquakultur und Aquaponik.** Technische Ressourcen zu Aquaponik und nachhaltigen landwirtschaftlichen Praktiken. Verfügbar unter: <https://www.nal.usda.gov/farms-and-agricultural-production-systems/aquaculture-and-aquaponics>
8. **Oklahoma State University Extension – Aquaponik.** Praktische Definition der Synergie zwischen Aquakultur und Hydrokultur. Verfügbar unter: <https://extension.okstate.edu>





Co-funded by
the European Union



BIOS4YOU AR 2.0

BIO-INSPIRED STEM TOPICS FOR ENGAGING YOUNG GENERATIONS
THANKS TO THE USE OF AUGMENTED REALITY



Project Number: KA220-BW-23-30-126516

*Funded by the European Union. Views and opinions expressed are however those of the author(s) only and do not necessarily reflect those of the European Union or the European Education and Culture Executive Agency (EACEA). Neither the European Union nor EACEA can be held responsible for them.