

21.11.2022



*Fragen der Schüler*innen des Smart - Garden - Projekts des Gymnasium Gars an die Forscher*innen des EDEN ISS – Projekts live aus der Antarktis.*

Das DLR in Bremen forscht innerhalb der EDEN Gruppe an Bioregenerativen Lebenserhaltungssystemen (BLSS) für höhere Pflanzen für bemannte Exploration zum Mond und Mars. EDEN ISS ist eine analoge Forschungsplattform in der Antarktis, ein Prototyp. Hier wird ein Gesamtsystem bestehend aus z.B. Nährstofflieferesystem oder Umweltkontrollsystem für höhere Pflanzen und Menschen in einer Umgebung mit extremen Umweltbedingungen getestet. Die Antarktis bietet eine einmalige Forschungsumgebung, da die Temperaturen und das Wetter allgemein extrem sind und die Logistik eine Herausforderung. Nur in den Sommermonaten kann die Station mit Ersatzteilen und frischer Nahrung versorgt werden.

Weiterführende Informationen gibt es:

<https://www.dlr.de/irs/desktopdefault.aspx/tabid-11408#gallery/35726>

https://de.wikipedia.org/wiki/Neumayer-Station_III

Thema: BIOLOGIE

1. Welche Pflanzen bauen Sie an?

Wir testen verschiedene Pflanzen im EDEN Gewächshaus für die Tauglichkeit in Vertical Farms und vor allem für die Nutzung im Weltraum. Was wir anbauen, hängt u.a. von folgenden Faktoren ab:

- Größe, Klimabedingungen, Anbauzeit, notwendige Nährstoffe sowie Nährstoffgehalt für den Menschen

Für die Nährstoffzufuhr gruppieren wir die Pflanzen so, dass sie pro Durchgang mit der gleichen Nährstofflösung auskommen.

Bisher haben wir z.B. in der Antarktis getestet:

- Salate: Rukola, Grünkohl, Swiss Chard
- Kräuter: verschiedenes Basilikum (Thai, Rot,...), Petersilie, Lauch, Oregano, Thymian,...
- Früchte-Gemüse: verschiedene Tomatentypen, Gurke, rote Paprika
- Größere Gemüse: Kohlrabi, Radieschen

Wir haben versucht jedes Jahr neue Pflanzenarten zu testen, wie z.B. in 2021 Bohnen und Erbsen. Die Wünsche der Überwinterungscrew der Neumayer Station III spielten auch eine große Rolle für die Auswahl der Pflanzen.

2. Was ist ihre Erfolgsrate, wie viel Ertrag haben Sie und wie lange brauchen Ihre Pflanzen zum Wachsen?

Die Germination rate können wir nicht genau bestimmen. Wir haben bei manchen Pflanzenarten gesehen, dass die Samen nach einige Jahren deutlich schlechter funktioniert haben.

Der Ertrag richtet sich nach Nährstoffen, Licht und Umwelteinflüsse wie Feuchte, Temperatur und Kohlendioxid. In 2018 hatten wir fast 270 kg frisches Gemüse geerntet in ca. 280 Tagen. In 2022 hatten wir sogar mehr als 300 kg Ernte in ca. 320 Tagen.

21.11.2022

Im Schnitt brauchen die Pflanzen bis zur Ernte 38-46 Tage bis hin zu 155 Tagen.

3. Können Sie jeden Tag Gemüse essen?

Die Neumayer Station III kann nur in den Sommermonaten mit dem Schiff erreicht werden, welches frische nicht lange haltbare Nahrung nachliefert. Das meiste Gemüse kommt aus Dosen oder ist tiefgefroren. Daher ist es seit vier Jahren ein Gewinn für die Stationsbewohner, Zugang zu frischem Salat, Kräutern und Gemüse zu haben.

4. Was benötigen sie alles für den Anbau der Pflanzen? -Wir hatten an Hochbeete gedacht. Würden Sie uns eher Hochbeete oder Innenanbau empfehlen?

Das kommt darauf an, was und wie viel angebaut werden soll, welches System genutzt werden soll (Erde / hydroponisch /etc.), drinnen/draussen. W sollen das Wasser mit den Nährstoffen zugeführt werden soll.

Würde vielleicht auch ein Regal gehen? Dann sollten folgende Dinge nicht fehlen:

- Regale, Kisten mit Deckel, Pinzetten, um die Samen einzeln auszusähen.
- Kittel, Handschuhe
- Speziellen Nährboden, der sich vollsaugen kann für die Keimung bzw. Startphase. Wir nehmen Glaswolle, es gibt aber auch andere Möglichkeiten.
- Wasser und Nährstoffe, abgestimmt auf die Pflanze.
- ausgewählte Samen, Temperatur and Feuchtigkeitssensoren, a water sprayer (for irrigation purposes)
- LED Licht mit Auswahl des Spektrums zwischen grüne, blau, rot und weiss

Thema: WASSER- und STROMversorgung

1. Wie viel Wasser und wie viel Energie benötigen Sie am Tag für ihre Pflanzen? Für was benötigen Sie die meiste Energie? (Wärme, Pumpen, Sensorik, ...)

Im vollen Betrieb für ein Gewächshaus von ca. 12m² Anbaufläche benötigen wir in der Hochsaison ca. 8-12kW. Die meiste Energie geht in der LED Lampen, und die Klima-Regelung.

Power: Peak power ~16 kW

Average Power (Photoperiod): 11.24 kW

Average Power (Dark Period): 8.22 kW

2. Wie viel Wasser lagern Sie als Reserve?

Für ein Gewächshaus wie EDEN ISS mit voller Auslastung benötigen wir insgesamt 400-450 Liter Wasser zum Start und dann im vollen Betrieb ca. 150 bis zu 200 Liter pro Monat für die Reinigung und den Austausch von Nährstofflösungen. Viel Wasser bleibt in de Pflanzen (z.B. Gurke und Tomate).

3. Gewinnen Sie ihr Wasser durch das Schmelzen von Schnee?

Das Frischwasser wird u.a. aus frischem Schnee an der Station gewonnen.

Über entsprechende Reverse Osmosis Filter wird es gesäubert bzgl. Verunreinigungen bevor es zum Gewächshaus transportiert wird.

4. Fangen Sie das durch Verdunstung verloren gegangene Wasser wieder auf, wenn ja, wie?

Das Umweltkontrollsystem, auch Atmospheric Management System AMS genannt, kühlt und entfeuchtet die Luft im Gewächshaus mittels eines Wärmetauschers (Heat Exchanger) und führt das resultierende Kondenswasser zurück in den Frischwassertank. Das rückgewonnene Wasser wird noch über UV-Lampen und verschiedene Filter gereinigt.

5. Zu welchem Zeitpunkt geben Sie die Nährstoffe bei Hydroponik hinzu? Kann man die Nährstoffe direkt in die Wasserreserve geben, oder bilden sich dann schneller Algen?

Das Nutrient Delivery System im EDEN ISS hat zwei Bulk Solution Tanks für die zwei verschiedene Nährstofflösungen (eine für Salat, Kräuter, usw. und eine für Tomaten, Gurken usw.)

Die Bulk Solution Tanks beinhalten die fertige Mischung aus Nährstoffen und Frischwasser.

Die Bulk Solution Tanks sind an die Stock Solution Tanks (hoch konzentrierte Nährstofflösungen), die Säure und Base Tanks (für pH Kontrolle) sowie den Frischwassertank angeschlossen.

21.11.2022

Eine Reserve gibt es so nicht. Die fertige Lösung wird in vorgeschriebenen Abständen direkt an die Wurzeln gesprüht. Die Einsprühung wird über ein komplexes Computerprogramm gesteuert.

In die Bulk Solution Tanks bildet sich Biofilm. Wir nutzen Ozone und Wasserstoffperoxid um das zu verhindern, und reinigen die Tanks alle 6-8 Wochen.

6. Wir glauben, dass Aquaponik zu Beginn einfacher als Hydroponik ist. Können Sie das bestätigen?

Aquaponic is generally used to describe a system including fish rearing/production. One would need a system to grow plants, and a tank with control system and other equipment to support the fish.

In hydroponics there are a few different options to supply the nutrients to the plants (e.g. ebb and flood, aeroponics). Depending on how your system will be designed, one may be preferred over the other.

7. Was forschen/ untersuchen Sie aktuell mit den Pflanzen?

Siehe Einleitung.

Zusätzlich zu den Systemforschungen untersuchen wir, welche Pflanzen am besten im Gewächshaus funktionieren. Es werden Proben von den Pflanzen genommen, damit wir die Qualität (z.B. Nutritional Content, ...) bestimmen können.

8. Erzeugen Sie im Winter (wenn es hell ist) auch mit Photovoltaik?

Derzeit gehören Solarpaneele nicht zum System. Wir beziehen den Strom von der Neumayer Station III. Diese generiert ihn über eine Windmühle sowie Dieselgeneratoren. Die Windmühlen sind extremen Wetterbedingungen ausgesetzt, die wir bei uns nicht kennen. Wenn es soweit ist und eine stabile Möglichkeit gefunden und getestet wurde, wird man nach und nach mehr auf Windenergie umsteigen.

Photovoltaik würde nur in der Sommersaison (~Nov-März in der Antarktis) funktionieren, da es in der Wintersaison mehrere Monate zu dunkel bleibt.

9. Inwieweit können Sie Ihre Forschungsergebnisse auf die ISS und die Raumfahrt übertragen?

Es gibt sehr viele Parallelen. EDEN ISS ist ein Prototyp und wurde in einer dem Weltraum in vielen Aspekten sehr ähnlichen Umgebung für Tests platziert. Z.B.:

- Sehr extreme Temperaturen (-50C im Winter)
- Logistisch sehr schlecht bis (im Winter) zu erreichen.
- Weit weg von der Zivilisation somit Isolation

Thema: BAU und KONSTRUKTION

1. Aus welchen Materialien ist der Container in der Antarktis gebaut? Wie wird der Container isoliert?

Der Container ist grundsätzlich ein regulärer Schiffscontainer aus Stahl. Dieser wurde für unser Projekt verändert und nun gibt es eine isolierende Hülle, ein Fenster und drei Schutztüren mit Isolierung.

Für die Isolierung in den Wänden, der Decke und dem Boden wird ~8 cm Polyurethan (PU) Schaum genutzt.

2. Welche Materialien verwendet ihr für die Wasser und Stromversorgung?

Wasserrohre innerhalb der Station: Kunststoff

Strom: Kupferkabel plus entsprechende Schutz-Isolation

Ein Reverse Osmosis Gerät für Frischwasser-Vorbereitung

Ozone und Wasserstoffperoxid, sowie UV-Lampen, werden genutzt um Biofilm und Mikrobielle Entwicklung zu verhindern.

3. Welche Materialien sollten im Kontakt mit Pflanzen vermieden werden?

There are certain additives, such as silver particles, which could be useful for decontamination of nutrient solution, but might accumulate in the plants.

Furthermore, certain plastics might build-up in the plants, making them unsafe for consumption.

21.11.2022

Aside from that, there are certain materials which will degrade when in contact with acid or base, so piping, tubing and connectors should be checked to make sure they can withstand these liquids.

4. Welche Materialien sind besonders wetterfest und ausdauernd. Müssen wir Glas für die Gewächshäuser verwenden oder könntet ihr auch Folie oder Plexiglas empfehlen?

Das kommt auf die Größe des Anbaus an. Oft reicht Kunststoff.

Soll es aber wetterfest sein, lohnt sich ein stabilerer Aufbau. Sollen Robotik oder andere elektrische Geräte eingebaut werden, müssen sie vor Nässe geschützt werden. Am besten ist es, das Gewächshaus trocken zu halten und alle Leitungen so gut es geht abzudichten – besonders bei elektrischen Leitungen zu den Lampen und Sensoren ist auf ausreichende Absicherung zu achten.

Thema: KOMPOSTIERUNG

1. Wie werden im EDEN ISS-Projekt die Abfälle wiederverwertet? Nutzt ihr die Nährstoffe für die Pflanzen oder erzeugt ihr damit Wärme?

In unserem ersten Test mit EDEN ISS haben wir uns auf die Automatisierung des Bio-Lebenserhaltungssystems konzentriert. Alle z.B. braunen Blätter und Wurzeln wurden in den Biomüll an der Station gegeben und dann mit dem Schiff zurück transportiert zur Entsorgung.

In der nächsten Generation von EDEN ISS werden wir uns auch mit der Weiterverarbeitung von z.B. Wurzeln konzentrieren.

2. Wie messt ihr den Pflanzen zugegebenen Nährstoffen? Muss man die Nährstoffkonzentration variieren können?

We have EC and pH sensors to measure the composition of the nutrient solutions, but we don't have ion selective sensors to identify the exact amount of each ion in the solution. We also don't inject each ion individually, rather adjust the EC and pH of the concentration by adding stock solutions (concentrated nutrient mixtures) or acid, base and fresh water.

We start with a mixture which is exactly as we want it, but over time the solution will start to deviate from this composition more and more. That is why, every 6-8 weeks, we exchange the nutrient solution to start with a new mixture.

We take daily pictures of the plants to check if they are healthy or not. If there is something wrong with the plants it could be that the nutrient solution needs to be adjusted, e.g. to have a bit more calcium.

3. Brauchen wir eine Mindestmenge an Kompost für eine sinnvolle Wärmegewinnung?

On small scale it likely won't make sense to build up the additional equipment (e.g. an anaerobic digester) to turn bio-waste into energy (probably in the form of methane gas).

4. Sollten wir uns lieber auf Energiegewinnung/ Wärmegewinnung oder Nutzung der Nährstoffe für die nächste Pflanzengeneration konzentrieren? Oder ist es sinnvoll alle drei Schwerpunkte miteinander zu verknüpfen?

Options to reduce energy usage, or re-use waste heat instead of rejecting it to the external environment would probably be most beneficial. But for this, you would probably need to connect the greenhouse with another system (e.g. a habitat or fish/insect/animal farm).

The waste nutrient solution might be usable for specific plant cultivation of plants that are more resistant to salt/brine water or filtration might work to recover nutrient salts and/or water for reuse in the greenhouse.

Inedible biomass can probably be used most easily to feed various animals.

Recovering nutrients from this biomass, or other waste, can be done using different processes, but would require more equipment and probably a laboratory space with various chemicals.

The same goes for processing inedible biomass to create bio-plastics for 3D printing. It will likely be fairly tricky to create the bio-plastics and, most likely, the results would vary quite heavily based on the type/quality of the inedible biomass.

21.11.2022

Thema: MANAGEMENT

1. Wir haben gesehen, dass Sie mit vielen verschiedenen Firmen zusammenarbeiten. Wie denken Sie, können wir auf Sponsoren aufmerksam machen?

Hier sollten zwei Bereiche unterschieden werden.

- a) Staatliche Förderungen in jedem Land sowie die Europäische Union sind z.B. möglich. Der Fokus liegt meist auf der Forschung. EDEN ISS kommt zum Beispiel aus einer europäischen Forschungsförderung. Wir hatten 14 Firmen mit einem gemeinsamen Interesse dabei. Jeder hat seinen Beitrag beigesteuert, z.B. eine kanadische Firma den Rechner für das automatisierte Nährstoffsystem, die Universität in Florida Filter in Kamerasystemen, die frühzeitig kranke Pflanzen erkennen sollen.

Hier einige Beispiele:

EU https://research-and-innovation.ec.europa.eu/funding/funding-opportunities/funding-programmes-and-open-calls/horizon-2020_en

DLR https://www.dlr.de/rd/desktopdefault.aspx/tabid-4340/7041_read-12422/

- b) Kommerzielle Sponsoren. Hierzu sollte der Markt genau untersucht werden und ein Businessplan erstellt werden. Dieser erläutert dann nicht nur z.B. die neuen Technologien oder Methoden, sondern sollte auch die Gewinngenerierung über die Zeit darstellen. Hierzu gibt es ausreichende Literatur.

Bayern: <https://www.stmwi.bayern.de/foerderungen/eu-forschungs-und-innovationsfoerderung/>

2. Mit welchen Herausforderungen hatten Sie im Laufe Ihrer Projekte zu kämpfen?

Die erste Herausforderung ist das Schreiben eines Forschungsantrages. Dazu muss nicht nur die Idee vorliegen, sondern auch „Was, Wie, Wann und Wie viel kostet es“ beantwortet werden. Das kann schon mal ein Jahr dauern, bis man alle Partner beisammenhat.

Die zweite Herausforderung ist die Umsetzung im internationalen Team. Das erfordert Fachwissen, Empathie, Verhandlungsgeschick und Durchhaltevermögen.

Another challenge was the fixed deadline of the ship which would transport the greenhouse to the Antarctic. If we missed this deadline it would have meant a 1 year delay of the project, so it was crucial to get the design complete, procure and test all the subsystems, then transport everything to Bremen to assemble and integrate them into the complete greenhouse and carry out further tests before finally preparing the system for shipment to Antarctica. All within two and a half years.

3. Was sind Ihre größten Entwicklungsziele im Moment?

Es wird derzeit ein Bodensimulator vorgeschlagen, der als Grundlage für ein orbitales System dienen soll. Aus EDEN ISS wird ein Mondgewächshaus, welches so weit wie möglich nach Raumfahrtanforderungen designed wird, wie sie für Satelliten oder die Raumstation gestellt werden.

Dabei wird u.a. Fragen nachgegangen wie: Wie können Flüssigkeiten zu den Pflanzen unter Mikrogravitation gelangen? Wie kann die Nahrung im Weltraum nach der Ernte zubereitet werden ohne Chaos und Verschmutzung zu verursachen.

4. Was haben Sie studiert und wie sind Sie zu dem Projekt und zum DLR gekommen?

Vincent: Luft- und Raumfahrttechnik an der TU Delft. Ich habe mein Praktikum bei in der EDEN Gruppe gemacht und habe danach auch meine Masterarbeit da geschrieben. Ich arbeite seit EDEN ISS Projektbeginn beim DLR als System Ingenieur.

Claudia: Luft- und Raumfahrttechnikerin, TU Berlin. Sie wird das Nachfolgeprojekt von EDEN ISS (EDEN LUNA) leiten.