

Liebe CUBES Circle Gemeinschaft,

wir freuen uns über das stete Interesse am Projekt und möchten Ihnen und Euch auf diesem Weg einen Einblick in das letzte Jahr geben.

CUBES Circle ist ein im Rahmen der Agrarsysteme der Zukunft vom BMBF gefördertes Projekt, das die Produktion von Lebensmitteln in einem modularen, weitgehend geschlossenen Kreislaufsystem mit drei Ebenen (Fisch, Pflanze und Insekt) anstrebt. Ein allgemeiner Überblick über das Projekt und das zentrale Nährstoffkreislaufsystem sind im [Newsletter 1-2020](#) zu finden.

In dieser Newsletterausgabe legen wir den Fokus zum einen auf den **InsectCUBE** und zum anderen auf die Arbeiten im Teilprojekt 5, das **ControlSystem**, welches u. a. an Modellierungen der Energie- und Stoffströme des CUBES Circle arbeitet.

1) RÜCKBLICK 2021

Während im vergangenen Jahr viele Meetings und Veranstaltungen weiterhin nur in digitaler Form durchgeführt werden konnten, haben wir uns umso mehr über die Workshops und Begehungen des Standorts-Dahlem gefreut, die wir in Präsenz durchführen konnten.

So wurde z. B. im Rahmen der Förderlinie **Agrarsysteme der Zukunft** vor Ort ein **Porträtfilm** zu CUBES Circle gedreht.

Mit Verzögerung haben im Frühjahr 2022 endlich die Bauarbeiten am Campus Dahlem in Berlin begonnen.

Einen **Rückblick** über das vergangene CUBES Jahr 2021/22 zeigen wir Ihnen in Bildern in Abschnitt 4 dieses Newsletters.

INHALTE

- 1) RÜCKBLICK
- 2) INSECT CUBE
- 3) CONTROL SYSTEM
- 4) 2021/22 IN BILDERN
- 5) PUBLIKATIONEN
- 6) AUSBLICK

2) DER INSECT CUBE (TEILPROJEKT 3) IM KURZPORTRÄT

Die Forschung für den **InsectCUBE** wird von einer Gruppe von Wissenschaftlern und technischen Assistenten am Campus-Dahlem der Humboldt-Universität zu Berlin, wo auch die **CUBES-Forschungsanlage** gebaut wird, durchgeführt.

Womit beschäftigt sich das Teilprojekt 3? Warum Insektenproduktion?

Der InsectCUBE ist einer der drei zentralen Produktionseinheiten innerhalb des CUBES Circles. Die Insektenproduktion (aktuell hauptsächlich der Schwarzen Soldatenfliege) passt perfekt in ein Kreislaufsystem; Insekten ernähren sich von einer Vielzahl von landwirtschaftlichen Nebenprodukten/Lebensmittelabfällen und generieren hochwertige Proteine. Allgemein wachsen Insekten sehr schnell, haben einen geringen Platz- sowie Trinkwasserbedarf und ihr Kot kann als Dünger verwendet werden. Dies macht sie insgesamt zu einer nachhaltigen Proteinquelle.

Welche Versuche werden im InsectCUBE durchgeführt? Mit welchem Ziel?

Das zentrale Ziel des InsectCUBE ist es, das Insektenwachstum zu optimieren und die potenzielle Nutzung der Nebenprodukte anderer CUBES zu testen und herauszufinden, inwieweit die Ernährungsqualität und Nachhaltigkeit der Insekten in einem Kreislaufsystem verbessert werden können. Hierzu werden gezielt unterschiedliche Fütterungsversuche durchgeführt.

Konnten bereits erste Ergebnisse erzielt werden? Wenn ja, welche?

Erste Ergebnisse konnten zum Beispiel bereits hinsichtlich potenziell nutzbarer Pflanzenreststoffe generiert werden; Hier wird die Frage beantwortet, welche Pflanzenblätter und -triebe, die nicht für den menschlichen Verzehr verwendet werden, sich für die Insektenproduktion eignen, um Insektenbiomasse zu gewinnen, die später an die Fische im FishCUBE verfüttert werden kann.

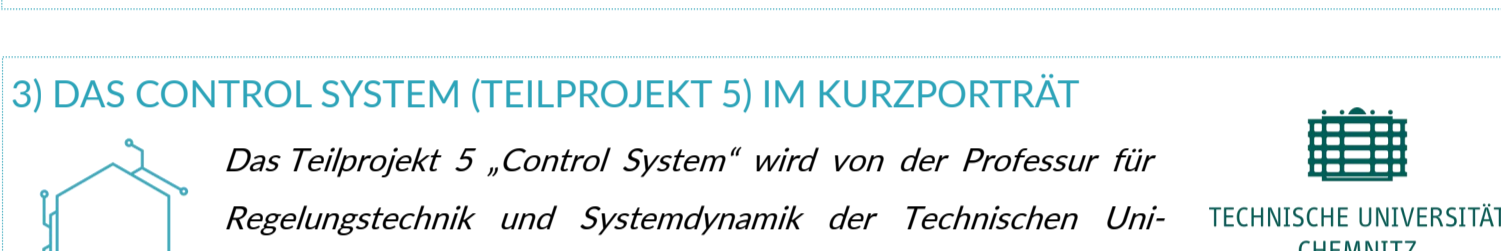
Weiterhin wurde der Fischkot hinsichtlich seiner Verwendung für die Insektenproduktion mit einem Fokus auf Sicherheitsaspekte untersucht.

Welche Stoffe werden dabei dem InsectCUBE zugeführt, welche Stoffe werden abgeführt? Entstehen Reststoffe?

Die Nebenprodukte aus den anderen CUBES wie beispielsweise Pflanzenblätter oder Fischkot sind zentrale Inputstoffe für den InsectCUBE. Darüber hinaus könnten auch andere externe Abfallströme (z. B. Überreste aus der Lebensmittelindustrie) dem InsectCUBE zugeführt werden. Dem InsectCUBE entnommen werden das entfettete Insektenmehl (Futterkomponente für Fische) und das extrahierte Fett, welches als Energiequelle verwendet werden kann.

Als Nebenprodukte entsteht im InsectCUBE das restliche Substrat, das ein guter Dünger und darüber hinaus ein potenzieller Booster für Pflanzengesundheit ist.

Zusätzlich zu den genannten Feststoffen wird die Rückgewinnung von durch Insekten produziertem Ammoniak und CO₂ getestet, das das Pflanzenwachstum ankurbeln könnte.



Fütterungsversuche an *Hermetia illucens* (Schwarze Soldatenfliege), © Wael Yakti

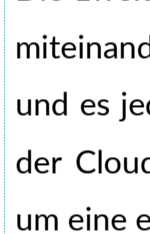
Welche Insektenarten werden im InsectCUBE verwendet? Warum?

Im InsectCUBE wird zunächst hauptsächlich die Schwarze Soldatenfliege (*Hermetia illucens*) verwendet, bekanntermaßen gedeiht diese gut unter Fütterung von Bio- und organischen Abfällen. Auch andere Insekten wie Mehlwürmer und Heuschrecken werden berücksichtigt; diese haben einen höheren Pflegeaufwand, benötigen eine höhere Futterqualität und produzieren Proteine mit einer anderen Qualität.

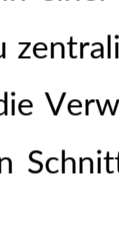
Welche rechtlichen Rahmungen sind für die Produktion und Verwendung von Insekten in der Lebensmittelwirtschaft relevant?

Innerhalb der Europäischen Union sind Grillen, Mehlwürmer und Heuschrecken bereits als sogenannte neuartige Lebensmittel gemäß der Novel Food-Verordnung zugelassen. Bestimmte Produktionspraktiken (zu Tötungsmethoden, Substrat, Verarbeitung usw.) sind bereits definiert und werden übernommen, wenn die Produkte auf den Markt gebracht werden sollen.

3) DAS CONTROL SYSTEM (TEILPROJEKT 5) IM KURZPORTRÄT



Das Teilprojekt 5 „Control System“ wird von der Professur für Regelungstechnik und Systemdynamik der Technischen Universität Chemnitz bearbeitet.



Unter wissenschaftlicher Leitung von Prof. Dr.-Ing. habil. Stefan Streif und Dr.-Ing. Arne-Jens Hempel deckt Murali Padmanabha die Aspekte „Cloud-Infrastruktur“ und Modellierung biobasierter Prozesse zusammen mit Alexander Kobelski ab. Diese Modelle fließen, in den regelungstechnischen Schwerpunkt des Teilprojekts ein, in welchem sich Rania Tafat mit optimierungsbasierten Regelungsmethoden beschäftigt.

Was ist die zentrale Aufgabe/das zentrale Ziel des Control Systems?

Im Rahmen des Teilprojekts verfolgt das Team "Control System" die folgenden zwei Hauptaufgaben, um CUBES Circle als geschlossenes System realisieren zu können.

Die erste besteht darin, CUBES Circle-System optimal zu betreiben. „Optimal“ ist hier im Sinne von Ressourcen- und Energieeffizienz gemeint und umfasst dabei auch übergeordnete Projektziele wie z. B. „Zero-Waste“ sowie teilweise ökologische und ökonomische Nachhaltigkeitsaspekte. Um dieses Optimierungsziel zu erreichen, werden die CUBES-Konfigurationen ermittelt sowie geeignete Regelungsmethoden erforscht, welche effiziente Kreislaufschlüsse mit geringstem Ressourcenverbrauch bei gleichzeitig hoher Ausbeute ermöglichen. Für die Umsetzung der Regelungsmethoden werden mathematische Modelle für verschiedene Bioprozesse (Larven, Pflanzen, Pilze...) benötigt. Eine Teilaufgabe besteht darin, die Modelle zu finden, die die hohe Komplexität des vernetzten Gesamtsystems CUBES Circle beschreiben und es ermöglichen, Vorhersagen über das zukünftige dynamische Verhalten und der erreichten Optimalität der CUBES zu treffen.

Die zweite Hauptaufgabe besteht darin, alle einzelnen CUBES auf der Ebene der Daten in einer Cloud miteinander zu vernetzen. Das Ziel ist es, das gesamte Wissen der CUBES an einem Ort zu zentralisieren und es jedem Partner jederzeit zur Verfügung zu stellen. Das Team konzentriert sich auf die Verwaltung der Cloud-Architektur, der Datenbank, der Kommunikationsprotokolle und der grafischen Schnittstelle, um eine einfache und intuitive Benutzereinführung zu gewährleisten.

Welche Rolle nimmt das ControlSystem innerhalb von CUBES Circle ein? Inwieweit ist es mit den anderen Teilprojekten verknüpft?

Das ControlSystem spielt im Projekt CUBES Circle in enger Zusammenarbeit mit dem ConnectivitySystem eine zentrale Rolle. Teilprojekt 5 ermöglicht das optimale, dynamische und synergetische Zusammenspiel aller einzelnen CUBES im Gesamtsystem CUBES Circle. Es konzentriert sich zum einen auf die Optimierung von Ressourcenflüssen, die auf Modellen beruhen, die in Zusammenarbeit mit allen anderen Teilprojekten erstellt und verifiziert werden. Zum anderen spielt es eine wichtige Rolle auf der Ebene der gesammelten Daten, denn erst die Sammlung der Daten sowie deren Verwaltung in der Cloud ermöglichen den unmittelbaren Austausch der Ergebnisse der einzelnen Partner.

Mit welchen Methoden arbeitet das Teilprojekt 5?

Für Aufgabe 1 wird auf das gesamte Methodenspektrum der theoretischen Modellbildung, des maschinellen Lernens sowie der Identifikation auf der Basis von dynamischen Modellgleichungen zurückgegriffen. Die Identifikation der Modellgleichungen und -parameter wurde mit Hilfe einer kleinen und einfachen Nachbildung von CUBES (Mini-CUBES) durchgeführt. Dies war der Notfallplan für die COVID-19-Situation, der es ermöglichte, mehrere Simulationen mit MATLAB durchzuführen.



Visualisierung von Messwerten auf dem ThingsBoard

Für Aufgabe 2 wurde ein ThingsBoard-Server für die IOT-Datenbank und deren Verwaltung mit Matlab High Performance Computing eingesetzt.

Gibt es bereits erste Ergebnisse/Outcomes? Wenn ja, welche?

Zunächst wurden umfangreiche Larven-, Pflanzen- und Pilzmodelle erstellt und disseminiert. In ersten Veröffentlichungen wurden Optimierungsaspekte mittels von modellbasierten optimalen Steuerungen betrachtet und am Beispiel der Larvenmast mit derzeit gebräuchlichen Standardmethoden der Regelung verglichen. Dank dieser optimalen Steuerung konnte für einen sehr niedrigen Energie- und Ressourcenverbrauch (Wasser, Temperatur, Feuchtigkeit) eine bessere Larvenausbeute realisiert werden. Außerdem ist die Serverarchitektur fertiggestellt und die Datenbank mit der Kommunikation ist in der Cloud verfügbar. Eine zusätzliche (nicht geplante) Arbeit wurde durchgeführt, um die Benutzeroberfläche zu verbessern, indem eine Sandbox und ein Dashboard eingerichtet wurden. Es wurde ein Workshop durchgeführt, um den anderen Teilprojekten zu erklären, wie man die Schnittstelle benutzt.

4) EIN RÜCKBLICK IN DAS CUBES JAHR 2021/22 IN BILDERN

Die Bauplanung am Standort Dahlem läuft, ebenso wie die Erdbeerversuche im Gewächshaus vor Ort.



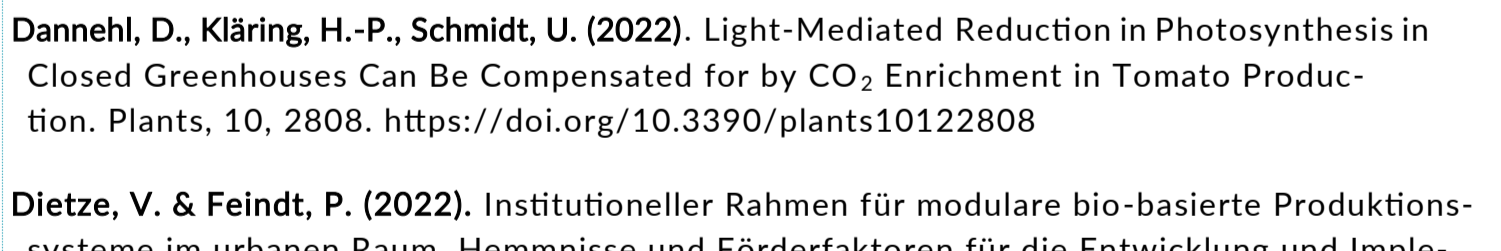
© Frank Weiß

Neben einem physischen Modell wird ein digitaler Zwilling von CUBES Circle programmiert, dafür wird die VR Simulation von CUBES Circle ausgebaut. Sie findet z. B. Verwendung in einer Ausstellung im Museum für Naturkunde in Berlin und für eine Probandenstudie.



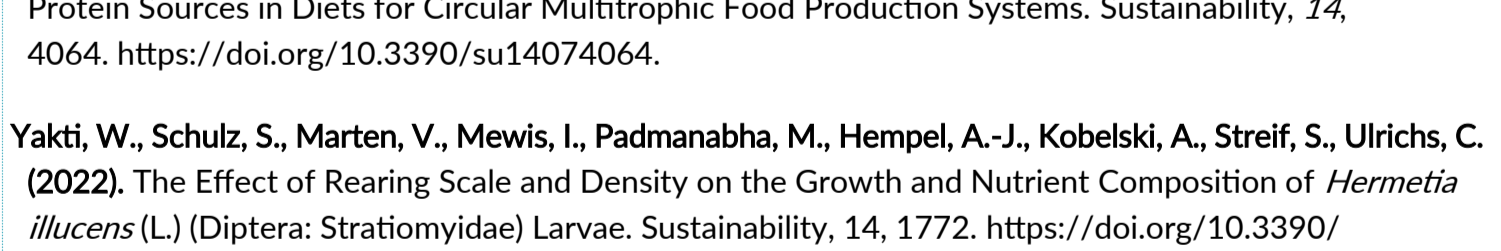
© Zoltan Ferenczi

In Pandemiezeiten finden Meetings, so auch das jährliche Konsortialtreffen digital statt.



© Sophia Tadesse

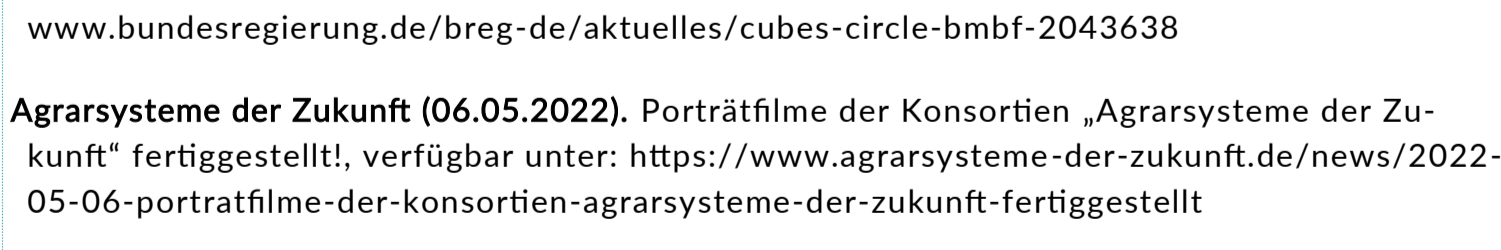
Mit den ersten Lockerungen sind wieder Begehungen und Workshops am Standort Dahlem möglich.



© Sophia Tadesse

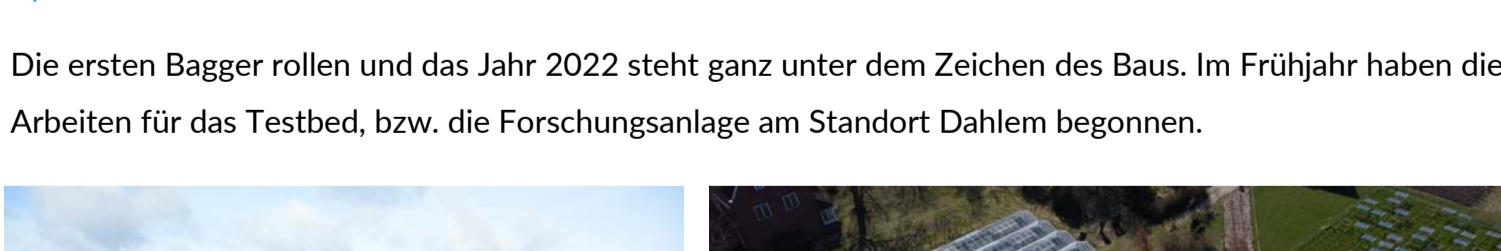
© Zoltan Ferenczi

CUBES Circle wird im Deutschen Pavillon auf der **Expo2020 in Dubai** vorgestellt.



© Deutscher Pavillon Expo 2020 Dubai; facts and fiction | NUSSLI Adunic | LAVA

Eine gemeinsame Vision für die Agrarsysteme der Zukunft entsteht und Dreharbeiten für einen **Porträtfilm** zu CUBES Circle finden statt.



© AGZ, Economic Filmproduktion

5) AUSWAHL AKTUELLER PUBLIKATIONEN UND PRESSEARTIKEL

Dannehl, D., Kläring, H.-P., Schmidt, U. (2022). Light-Mediated Reduction in Photosynthesis in Closed Greenhouses Can Be Compensated for by CO₂ Enrichment in Tomato Production. *Plants*, 10, 2808. <https://doi.org/10.3390/plants10122808>

Dietze, V. & Feindt, P. (2022). Institutioneller Rahmen für modulare bio-basierte Produktionssysteme im urbanen Raum. Hemmnisse und Förderfaktoren für die Entwicklung und Implementierung. 10.22004/ag.econ.317060.

Shaw, C., Knopf, K., Kloas, W. (2022). Fish Feeds in Aquaponics and Beyond: A Novel Concept to Evaluate Protein Sources in Diets for Circular Multitrophic Food Production Systems. *Sustainability*, 14, 4064. <https://doi.org/10.3390/su14074064>.

Yakti, W., Schulz, S., Marten, V., Mewis, I., Padmanabha, M., Hempel, A.-J., Kobelski, A., Streif, S., Ulrichs, C. (2022). The Effect of Rearing Scale and Density on the Growth and Nutrient Composition of *Hermetia illucens* (L.) (Diptera: Stratiomyidae) Larvae. *Sustainability*, 14, 1772. <https://doi.org/10.3390/su14031772>

Greenup (Nov.-April 2021/22 (#11)). Künstliche Kreisläufe & Ökosysteme - Über Würfelmodule und Sensorentchnik

Bundesregierung.de (25.05.2022). Eine modulare Farm in der Stadt, verfügbar unter: <https://www.bundesregierung.de/breg-de/aktuelles/cubes-circle-bmbf-2043638>

Agrarsysteme der Zukunft (06.05.2022). Porträtfilme der Konsortien „Agrarsysteme der Zukunft“ fertiggestellt!, verfügbar unter: <https://www.agrarsysteme-der-zukunft.de/news/2022-05-06-portraetfilme-der-konsortien-agrarsysteme-der-zukunft-fertiggestellt>

Bundesregierung.de (26.01.2022). Agrarwirtschaft, Klima und Umwelt zusammendenken, verfügbar unter: <https://www.bundesregierung.de/breg-de/aktuelles/agrarsysteme-der-zukunft-1999732>

6) AUSBLICK

Die ersten Bagger rollen und das Jahr 2022 steht ganz unter dem Zeichen des Baus. Im Frühjahr haben die Arbeiten für das Testbed, bzw. die Forschungsanlage am Standort Dahlem begonnen.



© Uwe Schmidt

Trotz steigender Werkstoffpreise und einer schwierigen Auftragslage in der Baubranche sind wir zuversichtlich noch in diesem Jahr Richtfest zu feiern. Bis zur Inbetriebnahme der Anlage gehen unterdessen die dezentralen Experimente in Fish, Insect und PlantCUBE und den anderen Teilprojekten weiter.

KONTAKT

Prof. Dr. Christian Ulrichs
& Dr. Zoltan Ferenczi
Humboldt-Universität zu Berlin
Lebenswissenschaftliche Fakultät

Albrecht Daniel Thaer-Institut für Agrar- und
Gartenbauwissenschaften
Fachgebiet Urbane Ökophysiologie der Pflanzen
Lentzeallee 55-57
14195 Berlin

Tel.: +49 30 2093 46420
Fax: +49 30 2093 46440
E-Mail: mail@cubescircle.de

Folgen Sie uns auf Instagram:
[@cubescircle](https://www.instagram.com/cubescircle)

