

Zukunftstaugliche Ernährungssicherung durch Agrarwirtschaft in kontrollierter Umgebung

Diskussionspapier | Steuerungsgruppe der DAFA-Plattform *Controlled Environment Agriculture*
September 2023

Die Nachfrage nach Fläche zur Produktion von Nahrungsmitteln nimmt weltweit aufgrund des Bevölkerungswachstums zu. Sie wird durch die Folgen des Klimawandels und einer ressourcenintensiven Lebensweise verschärft. Die Agrarwirtschaft unter kontrollierten Bedingungen (hier „Controlled Environment Agriculture“ – CEA) abseits von landwirtschaftlich geeigneten Flächen ist ein zentraler Baustein zur resilienten, regionalen Versorgung mit Lebens- und Futtermitteln. Vorteile sind: die Entkopplung von Jahreszeiten, Klima und Standort, sowie deutlich **höhere Produktivität** bei beständig hoher Produktqualität und **Minimierung von Umwelt- und Gesundheitsbelastungen** (Nährstoffauswaschung, Flächen- und Wasserverbrauch, Pestizid-, Herbizid- und Antibiotikaeinsatz). Effiziente CEA-Technik ist damit auch ein exportierbares Wirtschaftsgut.

Was ist CEA? CEA umfasst die Produktion von Pflanzen - einschließlich Algen -, Pilzen, Insekten, Garnelen und Fischen in weitgehend geschlossener Kreislaufwirtschaft (bis auf die Aufnahme von Ressourcen und Entnahme von Produkten). Die Pflanzenproduktion schließt die Nutzung von Gewächshäusern ein, soweit sie mit anderen CEA Systemen gekoppelt sind, geht aber in Vertical Farming deutlich darüber hinaus. Die Pflanzen werden bei optimierten Wachstumsbedingungen in Substraten oder substratlos angebaut. Die Insekten-, Garnelen- und Fischproduktion umfasst vor allem jene Arten, die sich aufgrund ihrer natürlichen Lebensweise eignen, in kontrollierten und begrenzten Umgebungen heranzuwachsen. Die benötigte Energie stammt idealerweise aus erneuerbaren Quellen. Controlled Environment Agriculture ist dann nachhaltig, resilient und ressourceneffizient und eine zukunftstaugliche Form der Agrarwirtschaft, um gesellschaftlichen und ökologischen Herausforderungen erfolgreich zu begegnen.

Perspektive für CEA: Agrarwirtschaft in kontrollierter Umgebung ist seit Jahrzehnten bekannt (Aquakultur, Aquaponik, hydroponische Pflanzenkulturen einschließlich Nährstoff-Film-Technik und Aeroponik, Insektenfarmen) und auf kleinerem Maßstab gut untersucht. Für die neuen Herausforderungen - Klimawandel, globales Bevölkerungswachstum, Biodiversitätsverlust, Umweltverschmutzung und Flächenversiegelung einerseits und Ernährungswandel der Gesellschaft andererseits - sind Verknüpfungen zwischen tierischen und pflanzlichen Produktionssystemen zur Steigerung der Produktionseffizienz erforderlich. Die Verknüpfungen sind aber bisher nur eingeschränkt entwickelt und erfordern eine Optimierung der Einzel- und Gesamtsysteme in größeren Maßstäben, um mit CEA die herkömmliche Agrarwirtschaft zu erweitern. Die Nachfrage nach effizienter CEA-Technik für die großskalige Produktion und zur Sicherung der Selbstversorgung im asiatisch-pazifischen Raum ist hoch.

Forschungsbedarf: Nach Ansicht der Steuerungsgruppe der DAFA-Plattform „Controlled Environment Agriculture“ müssen aus gesellschaftlichem Interesse für einen Ausbau von CEA produktionstechnische Fragen und sozioökonomische Konzepte geklärt werden:

- Wie kann der ökologische Fußabdruck von CEA ermittelt und durch sektorale Verknüpfungen weiter verringert werden (insbesondere der Energieverbrauch)? Wie können in Frage kommende Pflanzen- und Tierarten und die Bedingungen von CEA miteinander optimiert werden? Welche Wachstumsbedingungen ermöglichen hohe Erträge und Produktqualität mit gleichzeitig hoher Ressourceneffizienz? Welche Arten und Sorten/Rassen eignen sich besonders gut für CEA und welche modernen Methoden bieten sich zur züchterischen Optimierung an? Wie können neue Ressourcen für die Nährstoffgewinnung genutzt werden und wie sind Nährstoffkreisläufe in CEA mit möglichst geringen Verlusten zu gestalten? Wie können verschiedene CEA-Produktionssysteme am effizientesten miteinander kombiniert werden? Wie lassen sich Krankheiten und Kontaminationen innerhalb der Kreisläufe am effizientesten vermeiden oder rechtzeitig entdecken und behandeln? Wie kann mit modellbasierten Algorithmen oder künstlicher Intelligenz die automatisierte Steuerung und

Überwachung von CEA weiter optimiert werden? Welche ernährungsphysiologischen Vorteile haben die erzeugten Nahrungsmittel? Wie werden vorhandene Kriterien zur Beurteilung von CEA umgesetzt und werden dafür angepasste Methoden benötigt (z.B. adaptierte Life Cycle Assessments)?

- Wie kann CEA in bestehende Agrarsysteme (z.B. in ländlichen Regionen) zur Stärkung der regionalen Landwirtschaft eingegliedert werden? Welche Bedenken gibt es in der Gesellschaft zu CEA und wie sollte damit umgegangen werden? Welche politischen Maßnahmen können die Akzeptanz der Gesellschaft für CEA und die Marktintegration von Produkten aus CEA erhöhen? Wie können rechtliche Rahmenbedingungen die weitere Etablierung und die Marktgängigkeit von CEA unterstützen? Welche Rolle kann CEA in der globalen Ernährungssicherung spielen, z.B. in ariden Regionen und Ballungsgebieten? Wie sollte CEA-Forschung staatlich gefördert werden, um die Innovationen auf diesem Gebiet voranzutreiben? Welche Rolle kommt Public-Private-Partnerships auf dem Gebiet der Entwicklung von CEA-Systemen zu?

Controlled Environment Agriculture bietet Vorteile für den Agrarsektor. Gezielte Forschung bietet die Chance CEA in Deutschland zu etablieren und in diesem hochinnovativen und zukunftsweisenden Bereich eine internationale Führung in Wirtschaft und Forschung aufzubauen.

Interesse an Mitarbeit?
Dieses Diskussionspapier dient als Impuls zur Einrichtung eines entsprechenden DAFA-Fachforums. In einem Strategieprozess unter Einbeziehung der Akteur:innen soll das Diskussionspapier zu einer Forschungsstrategie ausgebaut werden, um das gesellschaftliche Ziel einer nachhaltigen, zukunftstauglichen Produktion von Lebensmitteln zu unterstützen. Bei Interesse an Mitarbeit senden Sie bitte eine Mail an info@dafa.de mit ihrem Namen, ihren Kontaktdaten, Arbeitsschwerpunkten und der URL zu Ihrem Internetauftritt.



Agrarwirtschaft in kontrollierter Umgebung: näher · weniger Fläche · höhere Qualität
Agrarforschungs-Plattform »Controlled Environment Agriculture«

Wer wir sind: Die DAFA-Plattform „Controlled Environment Agriculture“ vernetzt die wachsende Gemeinschaft der an diesem Thema Forschenden. Durch gemeinsame Initiativen können die vorgenannten Fragen zu Agrarwirtschaft in kontrollierter Umgebung innerhalb der Agrarforschung, aber auch mit Politik, Praxis und Gesellschaft diskutiert werden, um so Lösungen mit dem größtmöglichen Nutzen für alle zu entwickeln.

Die Deutsche Agrarforschungsallianz (DAFA) ist eine Gemeinschaftsinitiative der deutschen öffentlich geförderten Agrarforschung. Das Netzwerk aus über 60 Universitäten, Hochschulen, außeruniversitären Forschungseinrichtungen sowie Bundes- und Landesforschungsinstituten bündelt die Forschungskompetenzen und adressiert agrarwirtschaftlich und gesellschaftlich relevante Fragestellungen. Sie verfolgt das Ziel, die Leistungsfähigkeit sowie die internationale Sichtbarkeit der deutschen Agrarforschung zu verbessern.

Mitglieder der Steuerungsgruppe der Plattform *Controlled Environment Agriculture*

Prof. Dr. Senthold Asseng	Technische Universität München, Hans-Eisenmann-Forum
Prof. Dr. Werner Kloas	Leibniz-Institut für Gewässerökologie und Binnenfischerei u. Humboldt-Universität zu Berlin
Dr. Oliver Körner	Leibniz-Institut für Gemüse- und Zierpflanzenbau
Claudia Luksch	Technische Universität München, Hans-Eisenmann-Forum
Prof. Dr. Heike Mempel	Hochschule Weihenstephan-Triesdorf
Prof. Dr. Stefan Streif	Technische Universität Chemnitz u. Fraunhofer-Institut für Molekularbiologie und Angewandte Oekologie
Prof. Dr. Andreas Ulbrich	Hochschule Osnabrück
Prof. Dr. Dr. Christian Ulrichs	Humboldt-Universität zu Berlin
Prof. Dr. Andreas Vilcinskis	Justus-Liebig-Universität Gießen u. Fraunhofer-Institut für Molekularbiologie und Angewandte Oekologie

Controlled-environment agriculture – a contribution to future food security

Discussion Paper | Steering Group of the DAFA Platform “Controlled Environment Agriculture”,
September 2023

Demand for land for food production is on the rise worldwide as a result of population growth. This is exacerbated by the effects of climate change and lifestyles that rely heavily on resource use. Controlled Environment Agriculture (CEA) using land unsuitable for arable farming is a key component of a resilient regional food and feed supply. The benefits are: decoupling from seasons, climate and location; significantly **higher productivity** with consistently high product quality; and **minimisation of environmental and health stresses** (nutrient leaching, water consumption, land use, application of pesticides, herbicides and antibiotics). Hence, efficient CEA technology is also an exportable economic asset.

What is CEA? CEA involves the production of plants - including algae -, fungi, insects, shrimp and fish in a nearly closed-loop setting (except for the input of resources and the removal of products). Plant production includes the use of greenhouses if they are connected to other CEA systems, but CEA extends beyond this in vertical farming: Plants are grown in substrates or substrate-free under optimised growing conditions. Insect, shrimp and fish production mainly includes those species that, due to their natural way of life, are suitable for growing in controlled and confined environments. The energy required ideally comes from renewable sources. In that case, controlled environment agriculture is sustainable, resilient, and resource-efficient and a future-proof form of agriculture that can successfully meet social and ecological challenges.

Future prospects for CEA: Controlled environment agriculture has been established for decades, encompassing aquaculture, aquaponics, hydroponic crops (including nutrient film technology and aeroponics), as well as insect farms. While well-studied on a smaller scale, novel challenges such as climate change, global population growth, biodiversity loss, environmental pollution, and soil sealing require links between animal and plant production systems to increase production efficiency. These links, however, have not been extensively developed yet and necessitate improving individual and overall systems on a larger scale to use CEA for complementing traditional agriculture. The demand for efficient CEA technology for large-scale production and securing self-sufficiency in the Asian-Pacific region is strong.

Research needs: In the view of the steering group of the DAFA platform “Controlled Environment Agriculture”, several issues of production technology and socioeconomic concepts must be clarified in the society’s interest for an expansion of CEA:

- How can the ecological footprint of CEA be determined and further reduced through sectoral linkages (especially energy consumption)? How can the plant and animal species and the conditions of CEA be optimally adapted to each other? Which growing conditions enable high yields and product quality and, simultaneously, high resource efficiency? Which species and varieties/breeds are particularly suitable for CEA and which modern methods can be used for breeding? How can new resources be used for nutrient extraction and how can nutrient cycles in CEA be designed with the lowest losses possible? How can different CEA production systems be combined most efficiently? How can diseases and contaminations within the cycles be avoided most efficiently or detected and treated in time? How can model-based algorithms or artificial intelligence be used to further optimise the automated control and monitoring of CEA? What are the nutritional benefits of the food produced? How are existing criteria for assessing CEA implemented and are adapted methods needed for this (e.g. adapted life cycle assessments)?

• How can CEA extend existing agricultural systems (e.g. in rural regions) to strengthen regional agriculture? What are people's attitudes regarding CEA and how can concerns be addressed? Which policy instruments can increase people's acceptance of CEA and the integration of CEA-based products in the value chain? How can regulatory frameworks support the further establishment and marketability of CEA? What is the potential role of CEA for global food security, e.g. in arid regions and in metropolitan regions? How can public funding support CEA research to promote innovations in this field? What is the role of public-private partnerships for developing CEA systems?

Controlled Environment Agriculture provides benefits for the agricultural sector. Focused research provides the opportunity to establish CEA in Germany and develop international leadership in business and research in this highly innovative and future-oriented field.

Interested in participating?

This discussion paper is the starting point for the establishment of a corresponding DAFA expert forum. A strategy process involving the stakeholders, will turn the position paper into a research strategy to support the societal goal of sustainable, forward-looking food production. If you are interested in participating, please send an email to info@dafa.de with your name, contact details, main areas of work and the URL to your website.



Agrarwirtschaft in kontrollierter Umgebung: näher · weniger Fläche · höhere Qualität

Agrarforschungs-Plattform »Controlled Environment Agriculture«

About us: The DAFA platform “Controlled Environment Agriculture” connects the growing community of researchers working on this topic. Through joint initiatives, the aforementioned questions on controlled environment agriculture can be discussed within the agricultural research community as well as with policy-makers, practitioners and society in order to develop solutions with the greatest possible benefit for all.

The German Agricultural Research Alliance (DAFA) is a joint initiative of German publicly funded, agricultural research institutions. The network of over 60 universities, colleges, non-university research institutions and federal and state research institutes pools research competencies and addresses issues of relevance to agriculture and society. Its aim is to improve the performance and international visibility of German agricultural research.

Members of the Steering Group of the DAFA Platform “Controlled Environment Agriculture”

Prof. Dr. Senthold Asseng
Prof. Dr. Werner Kloas

Technische Universität München, World Agricultural Systems Center
Leibniz Institute of Freshwater Ecology and Inland Fisheries
and Humboldt-Universität zu Berlin

Dr. Oliver Körner
Claudia Luksch
Prof. Dr. Heike Mempel
Prof. Dr. Stefan Streif

Leibniz Institute of Vegetable and Ornamental Crops
Technische Universität München, World Agricultural Systems Center
University of Applied Sciences Weihenstephan-Triesdorf
Chemnitz University of Technology and
Fraunhofer Institute for Molecular Biology and Applied Ecology IME

Prof. Dr. Andreas Ulbrich
Prof. Dr. Dr. Christian Ulrichs
Prof. Dr. Andreas Vilcinskis

Hochschule Osnabrück
Humboldt-Universität zu Berlin
Justus Liebig University of Giessen and
Fraunhofer Institute for Molecular Biology and Applied Ecology