



Geschlossene hydroponische Agrarsysteme

Kurzdarstellung des Themas

Hydroponische Agrarsysteme werden definiert als Produktionseinheiten im industriellen Maßstab, die ähnlich einer Fabrik als Produktionsstätte für landwirtschaftliche Güter dienen, insbesondere zur Erzeugung pflanzlicher Erzeugnisse. Hierbei unterscheiden sich die geschlossenen Produktionseinheiten maßgeblich von denen der klassischen Landwirtschaft, welche in offenen Systemen auf Böden unter Ausbringung von Pflanzenschutz- und Düngemitteln ausgeübt wird.

In geschlossenen hydroponischen Agrarsystemen können ganzjährig unter Gewächshausbedingungen Gemüse und Früchte angebaut werden. Hierbei werden die Pflanzen in Hydrokultur kultiviert, d. h., dass sie in einem anorganischen Substrat eingebettet, durch eine flüssige Nährlösung mit Spurenelementen, Mineralien, Eisen etc. versorgt werden. Die Produktionseinheiten sind in der Regel von der Außenwelt abgeschlossen. Im Falle der sogenannten vertikalen Landwirtschaft besteht eine Produktionseinheit aus mehreren übereinander gelagerten Ebenen, die in vielstöckigen Gebäuden untergebracht und oftmals hermetisch von der Außenwelt getrennt werden, um das Eindringen von Schädlingen und Krankheiten zu verhindern und die Pflanzen vor Umwelteinflüssen, wie starker Hitze oder Wind, zu schützen. In Produktionsanlagen, die in geschlossenen, jedoch nicht hermetisch abgeriegelten Gewächshäusern untergebracht sind, kann es vereinzelt zu Schädlingsbefall kommen.

Weil hydroponische Anlagen als geschlossene Produktionseinheiten genutzt werden, sind die Umweltwirkungen in der Regel geringer als in der klassischen offenen Landwirtschaft. Die durch Landwirtschaftsmaschinen verursachte Bodenerosion wird vermieden, der Wasserverbrauch ist geringer, und es werden weniger, bis keine Pflanzenschutz- und Düngemittel in das umliegende Ökosystem eingebracht. Einzig der Energieverbrauch ist in geschlossenen Systemen bisher höher, da die Nutzpflanzen zum Teil künstlich belichtet werden müssen. Doch zeichnen sich auch hier Fortschritte ab, indem beispielsweise LED-Technologien oder regenerative Energiequellen genutzt werden.

Hintergrund und Stand der Entwicklung

Die Nährstoffversorgung der Pflanzen wird in hydroponischen Systemen durch nährstoffbeladenes Wasser umgesetzt. Hierdurch können Nährstoffe wie auch Wasser zielgerichtet und sparsam eingesetzt werden. Dies ermöglicht auch in tro-



ckenen und unfruchtbaren Regionen den Anbau von Pflanzen. So hat das Unternehmen Sundrop Farms (www.sundropfarms.com/) in der australischen Wüste eine geschlossene hydroponische Produktionseinheit zur Herstellung von Tomaten aufgebaut. Die 20 ha große Anlage soll 2017 fertiggestellt werden und zukünftig 17.000 t Tomaten jährlich produzieren (Wünnenberg 2016). Zur Bewässerung wird aus dem 5 km entfernten Meer zuvor entsalztes Wasser zugeführt. Die energieintensive Wasserversorgung wird mithilfe von Sonnenenergie realisiert, wobei 85 % der jährlich benötigten Energie durch eine Solaranlage erwirtschaftet werden kann. Aktuell planen die Betreiber ähnliche Anlagen in der portugiesischen Kleinstadt Odemira und in Tennessee, USA (Wünnenberg 2016).

Ein besonderer Anwendungsfall im Bereich der geschlossenen hydroponischen Systeme ist die Aquaponik. Aquaponische Systeme stellen eine Kombination aus Hydroponik und Aquakultur dar (CIFT 2008). In aquaponischen Systemen profitieren die Pflanzen von den Nährstoffen, die die Fische in Form ihrer Ausscheidungen in das System speisen. Die Pflanzen wiederum fungieren als natürlicher Filter für das Wasser, in dem die Fische leben. Aquaponische Systeme können also als kleine geschlossene Ökosysteme betrachtet werden. Die ECF Farmsystems GmbH (www.ecf-farmsystems.com/) ist ein Beispiel für ein deutsches Unternehmen, das eine Test-/Beispielanlage in Berlin betreibt und in aquaponischen Systemen kultiviertes Gemüse und Fisch in kleinen Mengen verkauft. Das Hauptgeschäftsfeld des Unternehmens liegt jedoch in der Beratung, Planung und baulichen Umsetzung von aquaponischen Anlagen. Große aquaponische Systeme sind bisher noch kaum etabliert, oft fehlt es an Systemstabilität oder wirtschaftlicher Rentabilität. Das Kooperationsprojekt »Innovative Aquaponics for Professional Application« (INAPRO) beabsichtigt, dies zu ändern. Das europäische Konsortium möchte bis Ende 2017 ein neues, wassersparendes aquaponisches System umsetzen, das sowohl für die Fischzucht als auch für den Anbau von Pflanzen optimale Produktionsbedingungen bietet (eip-agri 2015). Die prototypische Anlage wird vom Leibniz-Institut für Gewässerökologie und Binnenfischerei betrieben (Leibnitz IGB 2014).

Eine weitere Form geschlossener hydroponischer Systeme sind vertikale Farmen. Diese können als übereinander gestapelte Hydroponiksysteme betrachtet werden, die in der Regel in mehrgeschossigen Gebäuden untergebracht sind, um die Flächennutzung zu begrenzen. Neben der hydroponischen Nährstoffversorgung der Pflanzen spielen in vielen Fällen LED-Beleuchtungsanlagen eine wichtige Rolle, um die Pflanzen mit Licht zu versorgen. Insbesondere die Fortschritte im Bereich der Lichttechnologien und der damit einhergehenden Effizienzsteigerung ermöglichten es, vertikale Farmen weniger energieintensiv zu betreiben. Die größten industriellen vertikalen Farmen sind in Japan und den USA zu finden. Die Mirai Corp. betreibt beispielsweise eine vertikale Farm mit 25.000 m² Anbaufläche und kann bis zu 10.000 Kopfsalate pro Tag produzieren.



Nach eigenen Angaben verbraucht die Anlage 99 % weniger Wasser als der Outdooranbau auf herkömmlichen Feldern (Mellino 2015). Auch Toshiba betreibt eine vertikale Farm, welche ein jährliches Produktionsvolumen von 3 Mio. abgepackten Einheiten Salat hat. Die vertikale Salatfabrik in Tokio, die als ein Beispiel innerstädtischer Landwirtschaft aufgeführt werden kann, zeichnet sich durch verschiedene Technologien aus (Toshiba Corporation 2014). Hierzu gehören: (1) fluoreszierende Beleuchtung mit einer für das Pflanzenwachstum optimierten Wellenlänge, (2) Klimaanlage, die für eine konstante Temperatur und Feuchtigkeit sorgen, (3) Fernüberwachungssysteme zur Verfolgung des Wachstums und (4) Sterilisationssysteme für Verpackungsmaterialien. AeroFarms (<http://aerofarms.com/>) ist ein amerikanisches Unternehmen, das nach eigenen Angaben Marktführer im Bereich Indoor Farming ist. Wie auch Toshiba setzt das Unternehmen auf vernetzte Technologien, um die Produktionsanlage zu managen und die Pflanzen zu versorgen. Im Gegensatz zu anderen Unternehmen, die hydroponische Systeme für die Versorgung von Pflanzen mit Wasser und Nährstoffen einsetzen, nutzt AeroFarms ein besonderes aeroponisches System. Hierbei werden die Wurzeln der Pflanzen ständig mit einem wasserbasierten Nährstoffaerosol benetzt. Laut Hersteller wird hierdurch 40 % weniger Wasser als bei hydroponischen Anlagen verbraucht. Die aktuellen vertikalen Farmsysteme in Deutschland haben im Vergleich mit den beschriebenen Systemen aus Japan und den USA kleinere Produktionskapazitäten und sind oftmals weniger stark technisiert. Das Hamburger Start-up Farmers Cut (<https://farmerscut.com/>) möchte beispielsweise seine Pilotanlage, die 1.200 m² Anbaufläche bieten soll, nach eigenen Aussagen ab 2017 in Produktion nehmen, um verschiedene Salate auf dem lokalen Markt anzubieten. Das Geschäftsmodell eines weiteren deutschen Unternehmens, der Indoor Urban Farming GmbH (<https://infarm.de/>) in Berlin, basiert dagegen auf der Planung und Umsetzung kleinerer bis kleinster Anlagen. Von technisch-wissenschaftlicher Seite wird das Konzept der vertikalen Landwirtschaft in Deutschland insbesondere vom Fraunhofer UMSICHT bearbeitet. Im Rahmen des Forschungsprojekts »inFARMING®« wird an der integrierten Produktion von Lebensmitteln in der Stadt geforscht (Keuter/Krause 2016). Hierbei werden die Farmsysteme in bestehende Dächer oder Fassaden integriert.

Mit der Etablierung erster geschlossener hydroponischer Agrarsysteme, und insbesondere vertikaler Farmen, wurde 2013 die Nichtregierungsorganisation The Association for Vertical Farming (<https://vertical-farming.net/>) in München gegründet. Das erklärte Ziel der Organisation ist die vertikale Förderung der Landwirtschaft auf nationaler und internationaler Ebene, insbesondere durch (1) die Vernetzung der Akteure, (2) die Bereitstellung von Wissen zu Technologien und themenspezifischer Datensätze, (3) die Veranstaltung von



Wettbewerben und Workshops und (4) die Ausarbeitung von politischen Handlungsempfehlungen.

In Deutschland hat zudem das Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) 2015 einen themenübergreifenden Strategieprozess zu Agrarsystemen der Zukunft gestartet. Darauf aufbauend fördert das BMBF mit der gleichnamigen Fördermaßnahme »Agrarsysteme der Zukunft« neuartige Forschungs- und Entwicklungsansätze für innovative Agrarsysteme, die das Potenzial haben, die Landwirtschaft und die Produktion von Nahrungs- und Futtermitteln sowie biobasierten Rohstoffen in einer sich ändernden Umwelt nachhaltig und ressourceneffizient umzugestalten (BMBF 2016). Aufgrund der Tatsache, dass die Frist zur Einreichung von Projektideen erst kürzlich abgelaufen ist (Dezember 2016), konnten bisher noch keine weitergehenden Erkenntnisse eruiert werden.

Gesellschaftliche und politische Relevanz

Bis 2050 wird die Weltbevölkerung auf etwa 9,5 Mrd. Menschen ansteigen (UN 2017), wobei die Mehrheit der Menschen in Städten leben und arbeiten wird. Dies wird zukünftige Gesellschaften vor Herausforderungen stellen, u. a. in der Versorgung der Städte mit Lebensmitteln. Da schon heute ein Großteil der bestehenden Agrarflächen landwirtschaftlich genutzt wird und eine weitere Expansion einschränkt, müssen alternative Versorgungskonzepte etabliert werden, bei denen auch der innerstädtische oder stadtnahe Anbau von Lebensmitteln eine wichtige Rolle spielen könnte. Geschlossene hydroponische Agrarsysteme und insbesondere vertikale Farmen stellen eine Option dar, um zukünftig die Verfügbarkeit von Nahrung und den Zugang zu Lebensmitteln für eine wachsende, städtische Weltbevölkerung sicherstellen zu können.

Insbesondere hydroponische und aeroponische vertikale Farmen haben das Potenzial, auf geringer Grundfläche größtmögliche Erträge zu erzielen, weil sich die Anbaufläche mit den Stockwerken der Fabrik vervielfacht. Diese Art der Landwirtschaft ist auch innerstädtisch umsetzbar und mit zahlreichen Vorteilen verbunden: Nährstoffe und Wasser können gezielt eingebracht werden, wodurch der Wasserverbrauch gemindert und die Überdüngung von Landflächen vermieden wird. Überdies können die durch die Bebauung der Böden freigesetzten Feinstaubemissionen vermindert werden. Zudem können die Umweltbedingungen in geschlossenen Farmsystemen so eingestellt werden, dass eine höhere Produktivität gegenüber herkömmlicher Landwirtschaft erzielt wird.

Die Erträge wären nicht mehr vom Standort und den dort vorkommenden Böden abhängig. Auch der Einsatz von Pestiziden zur Schädlingsbekämpfung könnte minimiert werden, da die Anlagen hermetisch abgeschlossen werden



können. Zusätzlich zu den positiven Implikationen für die Umwelt, könnten auch gesundheitsschädliche Emissionen der klassischen Landwirtschaft minimiert werden.

Obwohl erste Großanlagen in Betrieb genommen wurden, ist bisher noch nicht ausreichend geklärt, welchen tatsächlichen Nutzen und welche Wirkungen die Etablierung von geschlossenen Agrarsystemen für die Gesellschaft und die Industrie mit sich bringt. Es ist offen,

- > welche Umweltwirkungen diese neue Form der Landwirtschaft verursacht, mit besonderem Fokus auf Energieverbrauch,
- > welchen Beitrag geschlossene Agrarsysteme bezüglich der globalen Ernährungssicherheit leisten können,
- > wie und in welchem Zeitraum eine Skalierung der Produktionskapazitäten wirtschaftlich umsetzbar ist.

Neben der Beantwortung dieser Fragen wäre auch die Fragestellung von Interesse, welche Einflüsse eine von der von uns wahrgenommenen Natur entkoppelte Produktion von Nahrungsmitteln auf die Ernährungsmuster und Wahrnehmung von Natur in unserer Gesellschaft hat.

Mögliche vertiefte Bearbeitung des Themas

Die Thematik ist besonders im Hinblick auf die Versorgungssicherheit einer wachsenden städtischen Weltbevölkerung interessant und relevant. Das Thema wäre geeignet für eine größere TA-Studie, um die Potenziale und Herausforderungen geschlossener Agrarsysteme qualitativ zu erfassen und die wirtschaftliche Umsetzbarkeit zu prüfen. Unklar ist bisher, inwieweit geschlossene Agrarsysteme die intensive industrialisierte Landwirtschaft auf offenen Flächen ergänzen bzw. sogar ersetzen könnten. Überdies ist zu klären, welche Nutzpflanzen in geschlossenen Agrarsystemen angebaut und ob diese zu angemessenen Preisen auf dem Konsumentenmarkt angeboten werden können. Geschlossene Agrarsysteme benötigen eine technische Infrastruktur für ihre Versorgung. Es stellt sich die Frage, wie die Systeme in den städtischen Baubestand bzw. in wachsende Städte implementiert oder außerhalb einer städtischen Infrastruktur versorgt werden können. Im Rahmen einer TA-Vorstudie könnte ein erster Überblick über ökologische, technologische, wirtschaftliche und gesellschaftliche Aspekte erarbeitet werden. Hierdurch ließe sich das Themenfeld einleitend eingrenzen und es könnten Umsetzungsbeispiele sowie der aktuellen Stand der Technik auf Basis von einer Literaturanalyse erarbeitet werden. Durch themenspezifische Interviews mit zu identifizierenden Akteuren, sollten die Ergebnisse evaluiert und ergänzt werden. Überdies wäre eine beispielhafte Bewertung be-



stehender Systeme bezüglich der Skalierbarkeit, Produktionskapazitäten etc. auf Basis von Interviews mit Branchenführern möglich.

Literatur

- BMBF (Bundesministerium für Bildung und Forschung) (2016): Richtlinie zur Förderung von Forschungsvorhaben der Agrarforschung unter dem Namen »Agrarsysteme der Zukunft« im Rahmen der »Nationalen Forschungsstrategie BioÖkonomie 2030«. <https://www.bmbf.de/foerderungen/bekanntmachung-1231.html> (13.4.2017)
- CIFT (Center for Innovative Food Technology) (2008): Alternative Ag Ventures – Aquaponics. <https://de.scribd.com/document/189477071/Small-Articles-and-Information-Aquaponics> (13.4.2017)
- eip-agri (2015): Inspirational ideas: Aquaculture + hydroponics = aquaponics. <http://ec.europa.eu/eip/agriculture/en/news/inspirational-ideas-aquaculture-hydroponics-aquaponics> (13.4.2017)
- Keuter, V.; Krause, S. (2016): Ernten über den Dächern der Großstadt. www.infarming.de/images/111011-infarming.pdf (13.4.2017)
- Leibnitz IGB (Leibniz-Institut für Gewässerökologie und Binnenfischerei) (2014): The Tomatoefish. Fish and tomatoes under one roof. www.igb-berlin.de/sites/default/files/media-files/download-files/IGB_Brosch%C3%BCre%20Tomatenfisch_eng-Webversion.pdf (19.4.2017)
- Mellino, C. (2015): World's Largest 'Vegetable Factory' Revolutionizes Indoor Farming. www.ecowatch.com/worlds-largest-vegetable-factory-revolutionizes-indoor-farming-1882004257.html (13.4.2017)
- Toshiba Corporation (2014): Toshiba Starts Vegetable Production at Toshiba Clean Room Farm Yokosuka. https://www.toshiba.co.jp/about/press/2014_09/pr3001.htm (13.4.2017)
- UN (United Nations) (2017): World Population Prospects, the 2015 Revision. <https://esa.un.org/unpd/wpp/> (13.4.2017)
- Wünnenberg, I. (2016): Tomatenfarm in der Wüste. In: Technology Review Dezember 2016, S. 70–71



**BÜRO FÜR TECHNIKFOLGEN-ABSCHÄTZUNG
BEIM DEUTSCHEN BUNDESTAG**

KARLSRUHER INSTITUT FÜR TECHNOLOGIE (KIT)

Neue Schönhauser Straße 10
10178 Berlin

Tel. +49 30 28491-0
Fax +49 30 28491-119

buero@tab-beim-bundestag.de
www.tab-beim-bundestag.de