



Bundesministerium
für Bildung
und Forschung

Agrarsysteme der Zukunft

Smart und nachhaltig Lebensmittel produzieren



Vorwort

Wir brauchen umwelt- und ressourceneffiziente sowie klimaneutrale Strategien, um die Nachteile unserer heutigen Agrar- und Ernährungssysteme zu überwinden. Wir wollen eine Transformation hin zu nachhaltigen, zukunftsfähigen Agrar- und Ernährungssystemen aktiv mitgestalten.

Mit der Bioökonomie haben wir ein Instrument für die Etablierung einer nachhaltigen, biobasierten und kreislaforientierten Wirtschaftsweise zur Verfügung. Die Bioökonomie nutzt biologische Ressourcen und das Wissen darüber, um mithilfe innovativer Technologien nachhaltige Prozesse und Produkte zu entwickeln. Mit der „Nationalen Bioökonomiestrategie“ und den Missionen der „Zukunftsstrategie Forschung und Innovation“ leistet die Bundesregierung einen Beitrag zum Erreichen der UN-Nachhaltigkeitsziele und stellt die Weichen für Technologien und Arbeitsplätze von morgen.

Hier setzt auch die Fördermaßnahme „Agrarsysteme der Zukunft“ an, die wir auf Basis eines partizipativen Zukunftsprozesses ins Leben gerufen haben. Mit den „Agrarsystemen der Zukunft“ zeigen wir innovative Wege zur Neugestaltung einer nachhaltigen Ernährungs- und Agrarwirtschaft auf. Mit der Entwicklung neuartiger und zum Teil unkonventioneller Lösungsansätze und Konzepte wollen wir einen Beitrag leisten, die Versorgung mit Lebensmitteln und Biomasse verantwortungsvoll sicherzustellen. Klima- und Umweltschutz, der Erhalt von Biodiversität und Ökosystemleistungen sind dabei unsere Vorgaben, ebenso wie die Nachhaltigkeitsziele der UN und eine ökonomische Wettbewerbsfähigkeit.

Seit 2019 entwickeln in unserem Auftrag bundesweit acht inter- und transdisziplinäre Forschungskonsortien innovative, automatisierte und digitalisierte Produktionssysteme. In neuen, systemisch ausgerichteten Konzepten werden moderne Anbau- und Schlüsseltechnologien intelligent vernetzt. Dabei untersuchen die Konsortien alternative Produktionssysteme vom ländlichen Raum bis hin zur Stadt. Die Arbeit der acht Konsortien von „Agrarsysteme der Zukunft“ wird zudem von einer zentralen Koordinierungsstelle wissenschaftlich und kommunikativ begleitet.

Mit dieser Broschüre stellen die Forschungskonsortien der „Agrarsysteme der Zukunft“ in kompakten und reich bebilderten Porträts Ziele, Herausforderungen und bereits erzielte Erfolge der ersten Förderperiode von „Agrarsysteme der Zukunft“ vor. Es ist ein spannender Streifzug mit einer faszinierenden Vielfalt innovativer Ansätze. Die „Agrarsysteme der Zukunft“ zeigen anschaulich, wie moderne Agrar- und Ernährungsforschung einen nachhaltigen Beitrag zur Bewältigung der gesellschaftlichen und globalen Herausforderungen leisten kann.

Mit den „Agrarsystemen der Zukunft“ zeichnen wir das Zukunftsbild einer resilienten Agrarproduktion, die – umwelt- und ressourcenschonend – ausreichend Lebensmittel in hoher Qualität bereitstellen und zugleich ein tragfähiges Einkommen für sämtliche Beteiligte der Wertschöpfungskette generieren kann.

Ihr Bundesministerium für Bildung und Forschung

Inhaltsverzeichnis

Agrarsysteme der Zukunft gestalten	2
CUBES Circle – Modulare Systeme für die urbane Landwirtschaft	4
DAKIS – Digitales Informationssystem für die Landwirtschaft	8
Fahrerkabine 4.0 – Arbeitsplatz der Zukunft	12
food4future – Nahrungsproduktion in Städten	16
GreenGrass – Die digitalisierte Viehweide	20
NOcsPS – Smarter Ackerbau ohne chemischen Pflanzenschutz	24
RUN – Nährstoffgemeinschaften zwischen Stadt und Land schließen	28
SUSKULT – Gemüse von der Kläranlage	32
Vernetzung und Perspektiven	36
Impressum	41



Agrarsysteme der Zukunft gestalten

Mit der Fördermaßnahme „Agrarsysteme der Zukunft“ unterstützt das Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) acht Forschungskonsortien, um die landwirtschaftliche Produktion neu zu denken und nachhaltig zu gestalten. Innovative Technologien werden smart miteinander kombiniert und Wissen über Systemgrenzen hinweg vernetzt.

Unsere Ernährungs- und Agrarsysteme stehen vor einer Vielzahl an komplexen Herausforderungen:

- Durch den **Klimawandel** steigt das Risiko von Ernteausfällen durch Wetterextreme wie Überschwemmungen und Dürren zukünftig weiter an.
- Der stetige Verlust der **Biodiversität** wird durch die Agrarwirtschaft verstärkt. Der wachsende Bedarf an Produktionsflächen bedroht fragile Ökosysteme.
- Das **Bevölkerungswachstum** nimmt weiter zu. Laut UN sollen bis 2080 über zehn Milliarden Menschen auf der Erde leben. Um sie alle weltweit zu ernähren, muss die Agrarproduktion drastisch steigen.
- Durch die **Urbanisierung** werden nach UN-Berechnungen im Jahr 2050 etwa 80 % der Menschen in Städten leben. Die Nahrungsmittelproduktion muss sich an diesen Trend anpassen.

Neben der damit einhergehenden zunehmenden Verknappung lebenswichtiger Ressourcen kommen geopolitische Instabilitäten, wirtschaftliche Abschottung sowie disruptive Ereignisse wie die Corona-Pandemie oder politische Krisen verschärfend hinzu. Die heutigen Agrar- und Ernährungssysteme sind Mitverursacher eines Teils dieser zentralen Herausforderungen. Gleichzeitig hat die Agrarproduktion aber auch ein großes Potenzial, sich mit alternativen Lösungsansätzen als innovative Zukunftsbranche zu etablieren.

Die Fördermaßnahme „Agrarsysteme der Zukunft“ hat das Ziel – im Spannungsfeld zwischen wissenschaftlich-technischer Machbarkeit, ökonomischer Tragbarkeit und gesellschaftlicher Akzeptanz – eine neuartige Agrarproduktion zu erforschen und aktiv mitzugestalten. Dafür sind systemische Konzepte gefragt, die über thematische und fachliche Grenzen hinausgehen und Impulse und Ideen aller Akteure aufnehmen.

Die Bioökonomie, eine auf biologischen Ressourcen und Verfahren basierende Wirtschaftsform, bietet viele hochrelevante Lösungsansätze und kann einen bedeutenden Beitrag zur nachhaltigen Umgestaltung der Agrarproduktion leisten. Eine verstärkte inter- und transdisziplinäre Forschung spielt hierbei eine entscheidende Rolle, um die Potenziale der Bioökonomie zu identifizieren. Das ist ebenfalls ein zentrales Ziel der 2020 veröffentlichten „**Nationalen Bioökonomiestrategie**“. Damit strebt die Bundesregierung an, die internationale Vorreiterrolle Deutschlands in der Bioökonomie zu stärken, um so die Grundlagen für die Entwicklung zukünftiger Technologien und Arbeitsplätze zu legen. Zudem hat die Bundesregierung ihre bisherige Bioökonomiepolitik verstärkt an dem übergeordneten Ziel der nachhaltigen und klimaneutralen Entwicklung ausgerichtet. Die Bioökonomie kann aus Sicht der Bundesregierung zu 11 der 17 UN-Nachhaltigkeitsziele (**Sustainable Development Goals – SDGs**) unmittelbar beitragen.

Bioökonomie-Ansätze für innovative Agrarsysteme der Zukunft sind zudem von großer Bedeutung für die Anfang 2023 veröffentlichte „**Zukunftsstrategie Forschung und Innovation**“ der Bundesregierung. Die federführend vom BMBF entwickelte Zukunftsstrategie benennt sechs zentrale Zukunftsfelder (Missionen), in denen eine nachhaltige Entwicklung durch Forschung und Innovation beschleunigt werden soll. Die Bioökonomie trägt insbesondere dazu bei, die in Mission 1 und 2 definierten Ziele zu erreichen: Mission 1 zielt darauf ab, eine „ressourceneffiziente und auf kreislauffähiges Wirtschaften ausgelegte wettbewerbsfähige Industrie und nachhaltige Mobilität [zu] ermöglichen“. Mission 2 hat zum Ziel, „Klimaschutz, Klimaanpassung, Ernährungssicherheit und Bewahrung der Biodiversität voranzubringen“. Hierfür müssen „... nachhaltige und resiliente Agrar- und Ernährungssysteme“ geschaffen werden.

Agrarsysteme der Zukunft neu denken

Bereits im Jahr 2015 hat das BMBF den „Zukunftsprozess Agrarsysteme – Ideen und Strategien für eine lebenswerte Zukunft“ ins Leben gerufen. In einem offenen „Wettbewerb der Visionen“ waren Akteure aus Wissenschaft und Forschung, Wirtschaft und Gesellschaft sowie Politik und Verbänden eingeladen, visionäre Ideen und Zukunftsbilder für die Agrarsysteme

der Zukunft einzubringen. Der Wettbewerb bildete die Grundlage für die Entwicklung der Mitte 2016 veröffentlichten BMBF-Fördermaßnahme „Agrarsysteme der Zukunft“. Für die entsprechende Ausschreibung wurden 117 Ideenskizzen eingereicht. Im Verlauf eines mehrstufigen Auswahlverfahrens wurden daraus 40 Ideenskizzen von einem internationalen Gutachtergremium zur Förderung einer sechsmonatigen Konzeptphase vorgeschlagen. Eine internationale Fachjury wählte acht inter- und transdisziplinäre Forschungskonsortien aus. 2019 nahmen sie ihre Arbeit auf. Die Konsortien entwickeln innovative Ansätze für eine nachhaltige agrarwirtschaftliche Produktion, die in hohem Maße digitalisiert, automatisiert und vernetzt ist und die moderne Anbautechnologien intelligent miteinander kombiniert. Im Sinne einer zukunftsfähigen Landwirtschaft und entsprechender bioökonomischer Prinzipien spielen Schlüsseltechnologien wie Smart- und Hightech, Künstliche Intelligenz (KI), Digitalisierung sowie ressourceneffiziente geschlossene Energie- und Stoffkreislaufsysteme eine zentrale Rolle. Dabei bearbeiten die Konsortien auch alternative Produktionssysteme vom ländlichen Raum bis hin zur Stadt. In den Konsortien werden innovative und teils unkonventionelle Ansätze verfolgt. Ökonomische, ökologische und gesellschaftliche Perspektiven werden zur Vermeidung von Zielkonflikte bestmöglich aufeinander abgestimmt. Insgesamt hat das BMBF die Fördermaßnahme „Agrarsysteme der Zukunft“ in der ersten Förderphase bis ins Jahr 2023/24 mit ca. 50 Mio. Euro unterstützt, darunter:

- **Verbundprojekte zum Smart Farming:** Im Rahmen der Verbundprojekte NOcsPS, DAKIS, Fahrerkabine 4.0 und GreenGrass werden Hightech-Lösungen für Produktionsprozesse in Pflanzenbau und Tierhaltung entwickelt.
- **Verbundprojekte zur nachhaltigen Ernährungssicherung im urbanen Raum:** Nachhaltige Ernährungssicherung im urbanen Raum ist ein wichtiges Ziel der geförderten Verbundprojekte SUSKULT, RUN, CUBES Circle und food4future.

In den folgenden Kapiteln werden die acht Verbundprojekte mit ihrer Vielfalt an innovativen Ansätzen in kompakten und reich bebilderten Steckbriefen porträtiert. Zudem wird erläutert, wie die Verbünde vernetzt sind und durch eine Koordinierungsstelle in ihrer Arbeit begleitet werden.



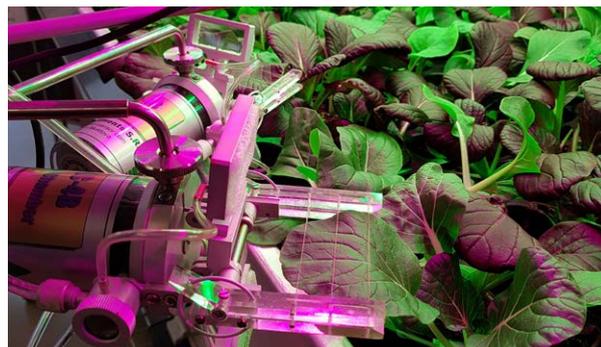
CUBES Circle – Modulare Systeme für die urbane Landwirtschaft

Im Forschungskonsortium CUBES Circle entsteht eine Indoor-Farm aus unterschiedlichen Produktionseinheiten. Gemüsebau wird mit Fisch- und Insektenzucht kombiniert – die Module sind auf smarte Weise miteinander vernetzt.

Die Herausforderung

Neben dem weltweiten Bevölkerungszuwachs und den Auswirkungen des Klimawandels stellt die Verdichtung urbaner Räume eine der zentralen Herausforderungen für die Sicherstellung einer gesunden Nahrungsmittelversorgung dar. Der Raum für Agrarwirtschaft in Städten ist begrenzt und auch die zur Verfügung stehende Agrarfläche auf dem Land schrumpft. Ohne Anpassung werden die heutigen Agrarsysteme künftig nicht in der Lage sein, die wachsende Weltbevölkerung zu ernähren. Ein Blick in die historische Entwicklung der Agrarsysteme verdeutlicht die Notwendigkeit eines Umdenkens in der konventionellen Nahrungsmittelproduktion. Während sich im Zeitalter der industriellen Revolution grundlegende Technologien veränderten, beispielsweise durch den Einsatz von künstlichen Düngemitteln, der kontinuierlich hohe Ernteerträge ermöglichte, ist eine vergleichbare bahnbrechende Veränderung derzeit nicht absehbar. Daher basiert der

Fortschritt in der heutigen Agrarwirtschaft mehr auf der Optimierung und Verbreitung bewährter Technologien und schrittweisen Verbesserungen und Anpassungen, als auf revolutionären Innovationen. CUBES Circle verfolgt eine konsequente Weiterentwicklung und intelligente Verknüpfung etablierter Produktionsmethoden, die sich an Nachhaltigkeitskriterien orientieren.



Pflanzenphysiologisches Monitoring im RemoteCUBE

Zu diesen Nachhaltigkeitszielen (SDGs) der Vereinten Nationen trägt CUBES Circle bei:



Das Ziel

Im Projekt CUBES Circle (closed urban modular energy- and resource-efficient agricultural systems) werden drei agrarische Produktionssysteme – die Aquakultur, die Produktion von Insekten und die gärtnerische Pflanzenproduktion – als Kreislaufsystem miteinander vernetzt. Die Organismen verwerten dabei die Reststoffe aus den jeweiligen anderen Produktionsprozessen. So werden die Reststoffe aus dem einen Produktionsschritt im nächsten wieder zu Wertstoffen. Um das Kreislaufsystem zu kontrollieren und zu optimieren, sind die CUBES-Produktionssysteme digital miteinander vernetzt.

Die Auswahl und Erprobung der jeweiligen Organismen, die sich auch in einem Kreislauf sinnvoll ergänzen, zählten zu den weiteren Meilensteinen. Darüber hinaus wurden Systeme zur Steuerung und Kontrolle des Produktionskreislaufs entwickelt und erprobt. Mit dem CUBES-Forschungsbau auf dem Campus Dahlem der Humboldt-Universität zu Berlin, der im April 2023 Richtfest feierte, steht nun ein erster Prototyp für solch eine vernetzte Produktionsstätte. Dies ist der entscheidende Schritt, um den Produktionskreislauf im Dauerbetrieb zu testen, verschiedene Kombinationen von Organismen zu erproben und sogar neue Organismen zu integrieren.

Der Lösungsansatz

Die Vision von CUBES Circle ist eine urbane oder stadtnahe (peri-urbane) Nahrungsmittelproduktion in geschlossenen, skalierbaren, miteinander vernetzten und standardisierten Produktionsmodulen, den sogenannten CUBES. Die CUBES sollen die Grundprinzipien verschiedener geschlossener Anzuchtverfahren in eine innovative Prozesskette integrieren. Für das Projekt ist von entscheidender Bedeutung, dass die einzelnen Produktionsmodule miteinander und mit externen Systemen verbunden und gesteuert werden können. So nutzen die CUBES Synergien aus, sparen Ressourcen und fügen sich harmonisch in die urbane Umgebung ein.

Der Weg

Die Entwicklung und die technische Optimierung der Module für die Pflanzen-, Insekten- und Fischproduktion waren entscheidende Meilensteine des Konsortiums. In jedem einzelnen Produktions-CUBE wurden Verbesserungsinnovationen zu gängigen Verfahren entwickelt, so zum Beispiel die Messung einzelner Ionen zur Pflanzenernährung, die Anreicherung von wertgebenden Inhaltsstoffen in Pflanzen durch Belichtungsstrategien sowie neuartige Ernährungsstrategien in der Aquakultur.

Titel: CUBES Circle – closed urban modular energy- and resource-efficient agricultural systems

Website: cubescircle.de

Kooperierende Institutionen: Humboldt-Universität zu Berlin, Leibniz-Institut für Gewässerökologie und Binnenfischerei, Technische Universität Berlin, Technische Universität Braunschweig, Technische Universität Chemnitz, Hochschule Geisenheim University, Julius-Kühn Institut, Hochschule Weihenstephan-Triesdorf



So soll es einmal aussehen: Landwirtschaft in kombinierbaren Modulen mitten in der Stadt in einem CUBES Circle-Produktionssystem. Hier ist der Pflanzen CUBE zu sehen, welcher in der oberen Etage aufgebaut ist.



Blick auf den Forschungsneubau von CUBES Circle auf dem Campus Dahlem der Humboldt-Universität zu Berlin



Heuschrecken-Fütterungsversuch mit Tomatenblättern im Insekten CUBE

„Smart miteinander vernetzte Produktionsmodule“

Prof. Christian Ulrichs von der Humboldt-Universität zu Berlin über urbane Landwirtschaft in der CUBES Circle Indoor-Farm, in der Pflanzenbau, Fisch- und Insektenzucht in einem geschlossenen Produktionssystem miteinander kombiniert werden.

Wie sieht die Nahrungsmittelproduktion der Zukunft aus?

CUBES Circle verfolgt ganz klar den Ansatz, die Lebensmittel dort zu produzieren, wo die Menschen wohnen, also im urbanen und peri-urbanen Raum. Außerdem soll und muss die Nahrung nachhaltig und ressourcenschonend produziert werden, das heißt im Rahmen der Lebensmittelproduktion sollen einerseits möglichst wenig Abfälle entstehen, andererseits vorhandene geeignete Reststoffe zu werthaltigen Lebensmitteln umgewandelt werden. Verbraucherinnen und Verbraucher werden noch stärker als heute darauf achten, dass Nahrungsmittel der Zukunft qualitativ hochwertig sind sowie fair und transparent gehandelt werden. Dazu gehört auch, dass wir vielfältiger einkaufen und auch neue, regional produzierte Produkte in die Ernährung integrieren. Das können wiederentdeckte Kultursorten sein, aber auch Algen oder Insekten als Proteinquelle.

Was macht CUBES Circle als Indoor-Produktionssystem so besonders?

Das Besondere am Konzept von CUBES Circle ist die Vernetzung der drei trophischen Ebenen (Ernährungsstufen) Pflanzen, Fische und Insekten in einer Kreislaufproduktion. Das ist in dieser Konsequenz tatsächlich weltweit einmalig und die zu erreichenden Ressourceneinsparpotenziale höher als in anderen verknüpften Systemen. Perspektivisch sehen wir zudem weitere spezifische Besonderheiten von CUBES Circle: Die Einbindung in vorhandene Energieinfrastrukturen, die Integration einer weiteren trophischen Ebene – die der Pilze – sowie die Modularität des Gesamtsystems, das heißt, dass wir je nach Anwendungskontext in der Lage sein werden, einzelne Produktionssysteme aus dem Gesamtsystem herauszulösen.

Wie weit ist die Forschung von CUBES Circle und wann könnte eine reale Umsetzung erfolgen?

Die Machbarkeit des Produktionskreislaufes konnten wir bereits in den vergangenen Jahren aufzeigen. Die Produktqualität innerhalb der einzelnen Produk-



Prof. Christian Ulrichs von der Berliner Humboldt-Universität koordiniert zusammen mit Dr. Dieter Simon das Konsortium CUBES Circle von „Agrarsystem der Zukunft“.

tions-CUBES wurde durch die gezielte Anreicherung gewünschter Inhaltsstoffe optimiert. Die Produktionskennzahlen für zahlreiche Gemüsekulturen, einer Insektenart und von drei Fischarten liegen vor. Innerhalb des Projektes wurden Schnittstellen zu den Stoff- und Ressourcenströmen identifiziert. Zudem wurde Steuerungswissen für die Produktion in den Einzelsystemen sowie für den Kreislauf generiert. Seit kurzem steht auch unsere Pilotanlage, in der alle Systeme in unmittelbarer räumlicher Nähe zueinander stehen. Hier forschen wir, um die Grenzen des Systems zu erfassen und Systemabhängigkeiten deutlicher zu erkennen. So müssen noch Fragen zur Skalierung der Einzelsysteme sowie der optimalen Kombination der Organismen beantwortet werden. Weitere Forschungsthemen sind Schnittstellen in andere Industrien, Fragen zur gesellschaftlichen Akzeptanz und der Steuerung der Gesamtanlage. Mit unseren Partnern entwickeln wir erste Umsetzungs-ideen für die kommenden Jahre. In fünf Jahren erwarten wir, dass alle grundsätzlichen wissenschaftlichen Fragen beantwortet sind, um eine erste kommerziell betriebene Anlage umsetzen zu können.



DAKIS – Digitales Informationssystem für die Landwirtschaft

Das Forschungsprojekt DAKIS zeigt, wie landwirtschaftliche Produktion mit dem Schutz von Artenvielfalt und dem Erhalt von ökologischen Funktionen in Einklang gebracht werden kann. Der Schlüssel dazu: Hightech-Messinstrumente und digitale Werkzeuge, die Landwirtinnen und Landwirte in ihren komplexen Entscheidungen unterstützen.

Die Herausforderung

Biodiversitätsverlust und Klimawandel, knapper werdende Ressourcen und ein gleichzeitig steigender Bedarf an Nahrungsmitteln stellen die Landwirtschaft heute in ein Spannungsfeld teils widersprüchlicher Ziele. Im gegenwärtigen Agrarsystem haben landwirtschaftliche Erzeugerinnen und Erzeuger oft keine andere Wahl, als ihre Felder möglichst ressourcenintensiv und großflächig zu bewirtschaften. Dabei zeigen wissenschaftliche Erkenntnisse, dass diese auf hohe Produktion getrimmte Form der Landwirtschaft viele negative Umweltwirkungen hat. Neben der Produktion von günstigen Lebensmitteln wird von Landwirtinnen und Landwirten unter anderem gefordert, mit Natur- und Tierschutz verträglich zu arbeiten sowie Gesundheitsrisiken zu minimieren. Das Zusammenspiel leistungsfähiger digitaler Methoden kann diese Ziele in Einklang bringen.



Messgeräte am Rand eines Ackers: Das Sensornetz Gateway im brandenburgischen Großmütz



Das Ziel

Mit einem ganzheitlichen digitalen Informationssystem will DAKIS Landwirtinnen und Landwirte dabei unterstützen, präzise Entscheidungen bei der Landbewirtschaftung zu treffen und damit eine kleinteiligere Feldwirtschaft ermöglichen, die die biologische Vielfalt erhält. Das System soll Echtzeitdaten mit Simulationen, dem gesellschaftlichen Bedarf und betriebswirtschaftlichen Faktoren so kombinieren, dass Ökosystemleistungen – also die Beiträge der Natur zum Nutzen des Menschen – optimal bereitgestellt werden können.

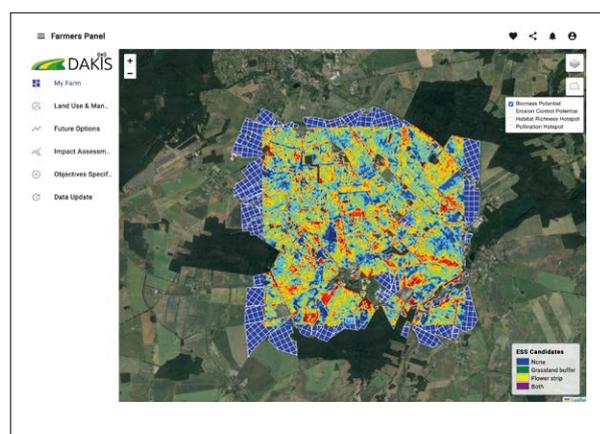
Der Lösungsansatz

DAKIS nutzt innovative digitale Technologien, um Ökosystemleistungen in moderne Planungsprozesse, Produktion und Vermarktung zu integrieren. In zwei Testregionen – in Brandenburg und in Bayern – werden die natürlichen Potenziale sowie die gesellschaftlichen Bedarfe an Ökosystemleistungen und biologischer Vielfalt analysiert. Zudem werden Sensoren und Modelle entwickelt, die Ökosystemdienstleistungen in Echtzeit erfassen und simulieren. Die Ergebnisse fließen in eine neue Software zur Entscheidungsunterstützung, die als Prototyp Landnutzungs- und Handlungsempfehlungen für die zwei Testregionen aufzeigt.

Der Weg

In Zusammenarbeit mit landwirtschaftlichen Betrieben in Brandenburg wurden Agroforstsysteme und der sogenannte Patch-Anbau (Inselanbau) erprobt. Im Rahmen des Patch-Anbaus wurde ein Ackerfeld basierend auf Sensormessungen und Drohnenbildern in Parzellen mit hohem und niedrigem Ertragspotenzial unterteilt. Die hierfür eingesetzten Sensoren wurden im Laufe des Projekts entwickelt und programmiert. Zusätzlich wurden innovative Analysemethoden entwickelt, wie die Bilderkennung seltener Grünland-Pflanzenarten oder die präzise Lokalisierung von Erosionsrisikoflächen. Die Erfassung dieser Informationen in einer neuen Software

ermöglicht es den Nutzerinnen und Nutzern, das Potenzial einer Fläche optimal auszuschöpfen und gleichzeitig Agrarumweltmaßnahmen wie Blüh- oder Pufferstreifen möglichst effizient zu platzieren.

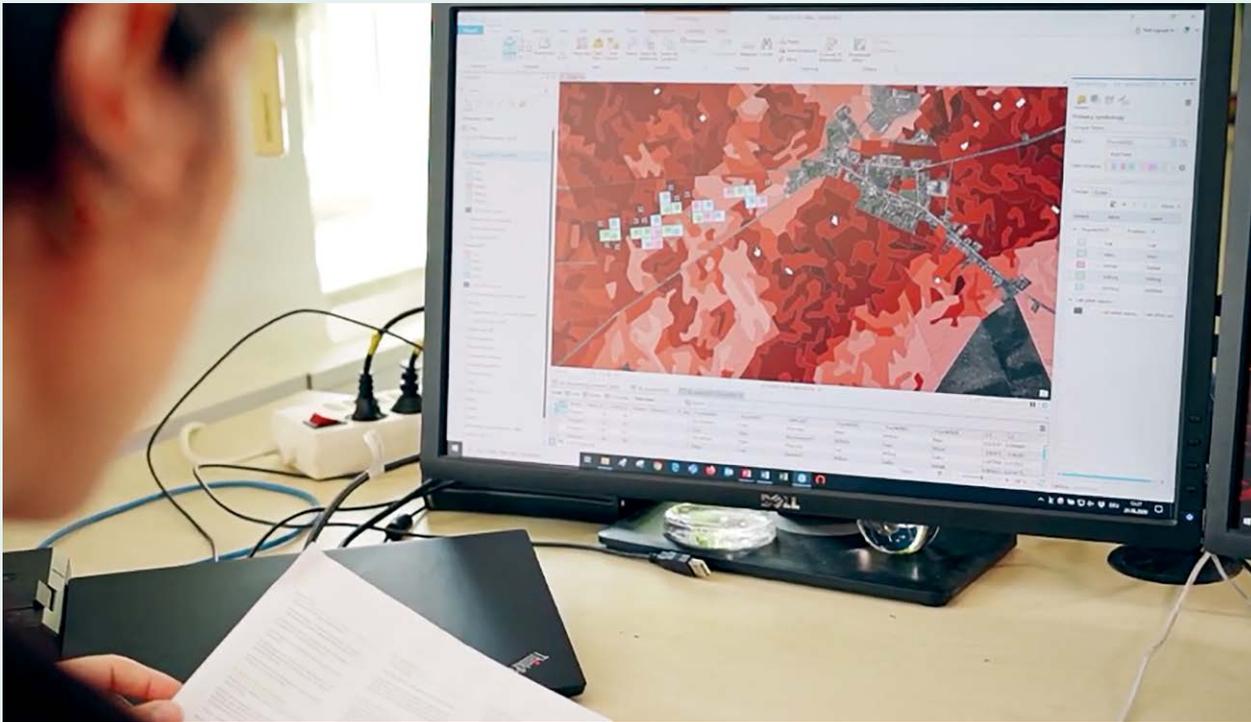


Graphische Darstellung zum Biomasse-Potenzial einer Fläche aus einer vorläufigen Version der DAKIS-Nutzeroberfläche

Titel: DAKIS – Digital Agricultural Knowledge and Information System

Website: adz-dakis.com

Kooperierende Institutionen: Leibniz-Zentrum für Agrarlandschaftsforschung (ZALF) e.V (Koordination), Leibniz-Institut für innovative Mikroelektronik (IHP), Hochschule für nachhaltige Entwicklung Eberswalde (HNEE), Europa-Universität Viadrina Frankfurt (Oder), Leibniz-Institut für Agrartechnik und Bioökonomie (ATB) e. V., Universität Bonn, Forschungszentrum Jülich GmbH, Deutsches Forschungszentrum für Künstliche Intelligenz GmbH (DFKI), Hochschule Osnabrück, Fraunhofer-Institut für System- und Innovationsforschung (ISI)



Zur Entscheidungsunterstützung berücksichtigt das DAKIS-System agrarökologische Faktoren wie beispielsweise Erosionsschutz, Klima- und Wasserregulierung oder Kohlenstoffspeicherung.



Drohnen spielen bei DAKIS eine große Rolle – sie liefern wertvolle Daten für die Präzisionslandwirtschaft.



In Zusammenarbeit mit landwirtschaftlichen Betrieben in Brandenburg werden auch Agroforstsysteme erprobt.

„Ökosystemleistungen erhöhen und smart nutzen“

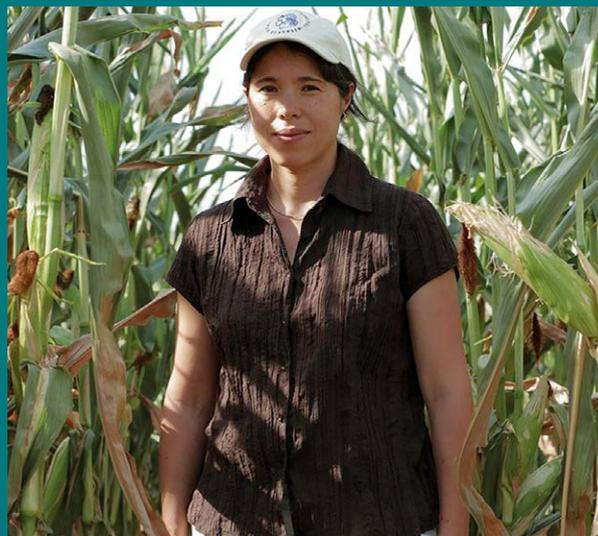
Prof. Sonoko Bellingrath-Kimura erläutert, wie das DAKIS-Informationssystem als Entscheidungshilfe für Landwirtinnen und Landwirte dienen kann, um Ökosystemleistungen auf ihren Ackerparzellen zu erhöhen.

Was sind ausschlaggebende Erfolge der Forschung von DAKIS?

DAKIS ist eines der größten Forschungsprojekte zur Entwicklung einer wissensbasierten Landwirtschaft der Zukunft in Europa. Das Projekt erfasst und integriert standortspezifische Landschaftsinformationen auf der Grundlage von Daten aus Modellen und Sensoren von Robotern, Drohnen und Satelliten. Die DAKIS-Software berechnet daraus Vorschläge zur Optimierung der Landnutzung, die soziale, ökologische und ökonomische Zielsetzungen zusammenführen. Die Analyseergebnisse werden auf einer Karte angezeigt. Landwirtinnen und Landwirte können angeben, welche Betriebsziele sie priorisieren, etwa den Ertrag, die Förderung von Biodiversität oder den Erosionsschutz. Basierend auf dieser Präferenz und angepasst an die Betriebsstruktur und dessen technischer Ausstattung werden dann Empfehlungen für die Landnutzung und die effiziente Platzierung von Agrarumweltmaßnahmen, wie Blühstreifen, Pufferstreifen oder Hecken auf der Karte angezeigt. Landwirtinnen und Landwirte werden so bei alltäglichen Entscheidungen digital unterstützt. Das DAKIS hilft Landwirtinnen und Landwirten auch ganz grundsätzlich, sehr komplexe Informationen zu verarbeiten. Die Anwendung kann zum Beispiel je nach Bedarf sich schnell ändernde Marktpreise, Subventionen und langfristig auch Kohlenstoffzertifikate berücksichtigen.

Inwiefern berücksichtigt DAKIS den Wert der Ökosysteme?

Durch DAKIS können Leistungen von Ökosystemen, wie Ertrag, Biodiversität oder Erosionsschutz, quantitativ sowie orts- und zeitspezifisch erfasst und messbar gemacht werden. Dadurch kann der Wert von Ökosystemen erfasst und quantifiziert werden und somit auch als ein Management-Ziel anvisiert werden. Die Ergebnisse, das heißt die Verbesserung der Leistungen, können als „Produkt“ auch ökonomisch in Wert gesetzt werden. Dazu trägt DAKIS maßgeblich bei.



Prof. Sonoko Bellingrath-Kimura vom Leibniz-Zentrum für Agrarlandschaftsforschung (ZALF) ist die Koordinatorin von DAKIS.

Wie werden die Ergebnisse von DAKIS den Alltag der Menschen verändern?

Wir wissen, dass Verbraucherinnen und Verbraucher schon heute bereit sind, für Agrarprodukte, die die Biodiversität erhalten, mehr zu zahlen. Oft fehlt allerdings die Transparenz von Produktionsbedingungen. Das kann die Digitalisierung verändern. Indem ein digitales Tool wie das DAKIS Produktionsbedingungen potenziell rückverfolgbar macht, kann es Landwirtschaft und Konsumentinnen und Konsumenten näher zusammenbringen und das Vertrauen in die Landwirtschaft stärken. Ökosystemleistungen wie Biodiversität oder Erosionsschutz, aber auch Kohlenstoffspeicherung oder die Verbesserung des Mikroklimas können durch DAKIS erfasst werden. So werden diese Ökosystemleistungen wirtschaftlich kalkulierbar, d.h. sie können als Bewirtschaftungsziel eingeplant werden und die dafür geleisteten Investitionen sowie die erzielten Verbesserungen können dadurch einen konkreten ökonomischen Wert bekommen. Das macht die Verbesserung von Ökosystemleistungen für landwirtschaftliche Betriebe auch wirtschaftlich attraktiv.



Fahrerkabine 4.0 – Arbeitsplatz der Zukunft

Lange Arbeitszeiten für Landwirtinnen und Landwirte, Fachkräftemangel, wenig Zeit für Erholung, Langeweile: Das Konsortium Fahrerkabine 4.0 will für Verbesserungen sorgen – mit einer neuartigen vernetzten Fahrerkabine für Landmaschinen, die zugleich ein mobiles Büro ist.

Die Herausforderung

Qualifizierte, motivierte Landwirtinnen und Landwirte sind für eine funktionierende Agrarwirtschaft essenziell. Der demographische Wandel sowie gestiegene Ansprüche an die Vereinbarkeit von Berufs- und Privatleben führen dazu, dass immer mehr Menschen ihre landwirtschaftlichen Berufe aufgeben oder erst gar nicht in diesem Bereich tätig werden. Das Projekt Fahrerkabine 4.0 hat ein attraktives Arbeitsumfeld am Beispiel einer Landmaschine entwickelt. Durch die Messung des Belastungsniveaus kann dieses individuell und situationsabhängig reguliert werden, um sowohl einer Über- als auch einer Unterforderung vorzubeugen. Automatisierungsfunktionen entlasten bei Überforderung. Andere Aufgaben werden auf weniger arbeitsintensive Zeiten verschoben, um sie dann effektiv und effizient zu erledigen. Die Arbeitenden empfinden ihr Arbeitsumfeld wieder als angenehm. Durch die Verknüpfung der Maschinen- und Arbeitsdatenströme

werden Hofarbeiten bereits auf der Maschine unterstützt. Das Ergebnis ist ein verbessertes Zeitmanagement und damit verbunden mehr Work-Life-Balance sowie wertvoller Erkenntnisgewinn zu Precision-Farming und Bioökonomie. Damit trägt die Fahrerkabine 4.0 zur ökonomischen Nachhaltigkeit bei.



Blick auf die Armlehnen im Demonstrator, der in dem Projekt Fahrerkabine 4.0 entstanden ist.

Zu diesen Nachhaltigkeitszielen (SDGs) der Vereinten Nationen trägt Fahrerkabine 4.0 bei:



Das Ziel

Das Konsortium Fahrerkabine 4.0 entwickelt Methoden zur Erfassung des Belastungsniveaus eines Bedieners und erforscht eine anpassungsfähige Mensch-Maschine-Schnittstelle. Ausgeklügelte Sensorik und KI-Methoden messen, wie stark eine Person in der Fahrerkabine beansprucht ist. In beanspruchungsarmen Situationen – zum Beispiel bei der automatisierten Ernte – bietet das System an, zusätzliche Tätigkeiten auszuführen, die sonst erst am Abend erledigt werden könnten. Wird hingegen eine Überforderung erkannt, stellt es die für die Automatisierung einer Arbeitstätigkeit nötigen Informationen bereit. Visuell und akustisch geführte Handlungen können so z. B. sicherheitskritische Situationen entschärfen. Die Fahrerkabine 4.0 steigert die Arbeitsleistung, reduziert Fehlerrisiken und erhöht das menschliche Wohlbefinden.

Der Lösungsansatz

Im Projekt Fahrerkabine 4.0 werden Eye-Tracking-Systeme und Pulsmessverfahren genutzt, um den Beanspruchungszustand der Nutzenden zuverlässig zu ermitteln, ohne sie bei der Arbeit zu beeinträchtigen. Auf dieser Basis bietet ein Assistenzsystem maschinenfremde Aufgaben zur Bearbeitung an, zum Beispiel Aufgaben im Farm-Management-System. Um den Anforderungen an eine intuitive und nutzerfreundliche Bedienung gerecht zu werden, wird die Fahrerkabine 4.0 mit ansprechenden Interaktionsmöglichkeiten ausgestattet. Eine Schlüsselrolle spielt dabei eine virtuelle Assistenzperson, die individuell auf Wünsche und Bedürfnisse der Nutzenden eingeht. Sogenannte Head-up-Displays – eine Augmented-Reality-Anwendung – projizieren Elemente in die Umgebung, ohne die Kabine mit Bedienelementen zu überladen.

Der Weg

Auf dem Weg zur funktionsfähigen Fahrerkabine 4.0 entstand ein Demonstrator in Form einer realen

Fahrerkabine eines Mähdreschers. Dieser ist mit verschiedenen Ein- und Ausgabegeräten sowie einer immersiven Umgebung ausgestattet. Hierbei wird eine Erntesimulation direkt auf die Scheiben der Kabine projiziert. Es wurden sowohl die Nutzerzustandserkennung von Grund auf neu entwickelt als auch die virtuelle Assistenz in das System implementiert. Anschließend fand eine Vernetzung aller Teilsysteme statt, um eine intuitive Bedienung zu ermöglichen. In mehreren Studien wurde die Demonstrator-Kabine in der Praxis evaluiert und vom Projektteam auf Basis der Erkenntnisse weiter optimiert. Durch Probandenstudien konnten zudem wichtige Rückmeldungen der Nutzenden gesammelt werden. Es wird ein minimalistisches System auf einen realen Mähdrescher appliziert und während einer ausführlichen Feldstudie validiert.

Titel: „Fahrerkabine 4.0“ – Entwicklung einer beanspruchungsadaptiven Nutzerschnittstelle für Landmaschinenbetreiber

Website: agrarsysteme-der-zukunft.de/konsortien/fahrerkabine-40

Kooperierende Institutionen: Karlsruher Institut für Technologie (KIT), Universität Hohenheim, CLAAS Selbstfahrende Erntemaschinen GmbH, Budde Industrie Design GmbH, InMach Intelligente Maschinen GmbH



Daten sammeln auf dem Mähdrescher: Messungen während der Ernteperiode zu Projektbeginn des Konsortiums Fahrerkabine 4.0. Es wurden Eye-Tracking-Systeme und Pulsmessverfahren genutzt, die die Erkennung des Beanspruchungszustands der Nutzenden zuverlässig aufzeigen.



Erster Betrieb der Demonstratorkabine mit der Umgebungssimulation auf den Scheiben und mit eingebauter Zustandserfassung



Eine Visualisierung zeigt, wie die finale Demonstratorkabine aussehen wird.

„Mit mobilem Büro nah an den Pflanzen sein“

Das Konsortium Fahrerkabine 4.0 entwickelt für Landwirtinnen und Landwirte den Arbeitsplatz der Zukunft – mit einer neuartigen vernetzten Fahrerkabine für Landmaschinen, die zugleich ein mobiles Büro ist. Prof. Marcus Geimer vom Karlsruher Institut für Technologie (KIT) koordiniert das Konsortium.

Wie verändert die Fahrerkabine 4.0 den Alltag der Landwirtinnen und Landwirte?

Die Fahrerkabine 4.0 nimmt das Wohlbefinden der Menschen in den Fokus, die in der Landwirtschaft arbeiten und an manchen Tagen bis zu 14 Stunden auf einer Maschine verbringen. Neben dieser Zeit müssen zusätzlich sowohl betriebliche als auch private Tätigkeiten zuvor oder anschließend erledigt werden. Die weiter steigende Automatisierung und die fortschreitende Digitalisierung bieten die Möglichkeit, diese maschinenfremden Tätigkeiten auf die Maschine zu nehmen. Dadurch können die Aufgaben effizienter erledigt und gleichzeitig die Work-Life-Balance gesteigert werden. Wir erwarten, dass mehr Landwirtinnen und Landwirte ihren Arbeitsplatz dadurch künftig als attraktiv beschreiben.

Was ist das Besondere an der Fahrerkabine 4.0?

Das Wohlbefinden einer Person ist am größten, wenn die Beanspruchung auf einem mittleren Niveau liegt. Eine optimierte Beanspruchung trägt nicht nur zum persönlichen Wohlbefinden bei, sondern steigert auch das Situationsbewusstsein erheblich. Fahrzeugführende, die sich auf einem angenehmen Beanspruchungsniveau befinden, können zum Beispiel die Maschine schnell und sicher aus einem hochautomatisierten Betrieb übernehmen. In ruhigen autonomen Phasen haben sie zudem die Möglichkeit, maschinenfremde Tätigkeiten zu erledigen. Mithilfe eines Eye-Tracking-Systems und Fitnesstrackern wird im Forschungsprojekt das Beanspruchungsniveau gemessen. Anschließend gibt unsere virtuelle Assistentin „Fabia“ maßgeschneiderte, individuelle Handlungsempfehlungen basierend auf definierten Personas aus. Dieses System ermöglicht es Landwirtinnen und Landwirten, in Zukunft während der stressigen Ernteperiode einerseits nah an ihren Pflanzen zu sein. Andererseits können sie sämtliche Tätigkeiten, sei es Büroarbeit oder Privates, auf der Maschine erledigen. Die Arbeitsbedingungen können so signifikant verbessert werden.



Prof. Marcus Geimer vom Karlsruher Institut für Technologie koordiniert das Konsortium Fahrerkabine 4.0 von „Agrarsysteme der Zukunft“.

Was sind ausschlaggebende Erfolge der Forschung von Fahrerkabine 4.0?

Für uns war stets von großer Bedeutung, Landwirtinnen und Landwirte aktiv in den Entwicklungsprozess einzubinden, da sie sich direkt auf den Maschinen und auf dem Feld befinden und somit das wertvollste Feedback liefern können. Durch das System soll und darf nicht das Gefühl aufkommen, dass sich Personen überwacht fühlen. Im Rahmen der Agritechnica 2023 bot sich uns die Gelegenheit, unsere Demonstratorkabine auf dem Stand des Projektpartners Claas einem breiten Publikum zu präsentieren. Zahlreiche Besuche hatten die Möglichkeit, mittels eines kurzen Szenarios das System „Fahrerkabine 4.0 | OnField“ selbst zu erleben. Die vielfältigen und tiefgreifenden Diskussionen zum System sowie das positive Feedback bestätigen uns, dass ein Bedarf für ein solches System in der Praxis besteht und dieses eher als Unterstützung denn als Überwachung gesehen wird. Dass sich die überwiegende Mehrheit der Landwirtinnen und Landwirte dieses System sehr gut vorstellen kann und sogar wünscht, ist ein großer Erfolg für die Forschungsarbeiten zur Fahrerkabine 4.0.



food4future – Nahrungsproduktion in Städten

Die Agrarproduktion im urbanen Raum und die Entwicklung entsprechender Kultivierungssysteme für alternative Nahrungsquellen wie Makroalgen, Salzpflanzen, Quallen und Grillen steht im Mittelpunkt des Konsortiums food4future. Zudem werden die Auswirkungen derartiger Nahrungsinnovationen auf den Menschen untersucht.

Die Herausforderung

Die wachsende Weltbevölkerung stellt uns bereits heute vor die Herausforderung, eine ausreichende, gesunde und bedarfsgerechte Ernährung für alle sicherzustellen. Ressourcenverknappung, die Auswirkungen des Klimawandels und geopolitische Instabilitäten wirken dazu als globale Transformationstreiber, sodass die derzeitigen Agrar- und Ernährungssysteme in Zukunft nicht mehr tragfähig sein werden.

Das Forschungskonsortium food4future betrachtet zwei Extrem-Szenarien als Impulsgeber für technische Innovationen: „No Land“ und „No Trade“. Aufgrund der voranschreitenden Bodendegradation, die durch den Klimawandel begünstigt wird, steht im Szenario „No Land“ immer weniger landwirtschaftliche Fläche für die Nahrungsmittelproduktion zur Verfügung, während der Bedarf vor allem in den Städten steigt. Im Szenario „No Trade“ üben Handelskonflikte oder

globale Krisen Druck auf die Agrarsysteme aus. Vor allem die jüngere Vergangenheit hat gezeigt, dass einzelne Aspekte dieser Zukunftsszenarien bereits Realität geworden sind.



Hausgrillen sind in der EU als Lebensmittel zugelassen. In food4future wird die sichere und nachhaltige Produktion der Insekten erprobt.

Zu diesen Nachhaltigkeitszielen (SDGs) der Vereinten Nationen trägt food4future bei:



Das Ziel

food4future entwickelt nachhaltige geschlossene Lebensmittelproduktionssysteme, die dort aufgestellt werden können, wo die meisten Nahrungsmittel gebraucht werden – in der Stadt. Die Produktion konkurriert dabei nicht mit dem knappen Wohn-, Arbeits- oder Mobilitätsraum. Vielmehr werden nicht (mehr) genutzte Räume wie beispielsweise ehemalige Industrieanlagen oder U-Bahntunnel zu Orten der Lebensmittelproduktion. Neben Platz wird in der Zukunft auch Frischwasser immer mehr zu einer knappen Ressource. Daher werden in food4future Produktionssysteme für Organismen konzipiert, die in salinem, also salzhaltigem Umfeld gedeihen können oder nur wenig Frischwasser benötigen. Sie dienen als nachhaltige und wertvolle Rohstoffquellen und tragen zu einer vielfältigen und gesunden Ernährung bei.

Der Lösungsansatz

food4future verwendet nachhaltige Leichtbaumaterialien und (UV-)LEDs, um „urbane Bioräume“ für die Nahrungsmittelproduktion zu entwickeln. Dank ihrer modularen Bauweise fügen sie sich flexibel in den städtischen Raum ein. In diesen urbanen Bioräumen sollen alternative Nahrungsquellen wie marine Makroalgen, Salzpflanzen, Quallen und Grillen gemeinsam kultiviert werden. Bei der Indoor-Produktion können Anzuchtbedingungen, beispielsweise durch den Einsatz von UV-Licht, gezielt gesteuert werden. So kann die Zusammensetzung der Mikronährstoffe der Organismen für die menschliche Ernährung optimiert werden. Eine App in Verbindung mit nicht-invasiven Sensoren soll den individuellen Ernährungsstatus einer Person erfassen und damit eine bedarfsgerechte Ernährung mit diesen Lebensmitteln ermöglichen.

Der Weg

Im Rahmen des Projekts wurden Indoor-Kultivierungsprotokolle etabliert und erste Co-Kultivierungs-

ansätze erfolgreich demonstriert. Salzpflanzen, Algen und Quallen konnten durch UV-Beleuchtung mit wertvollen Mikronährstoffen angereichert werden. Bei den Hausgrillen hat UV-Licht sogar einen positiven Effekt auf deren Überlebensrate. Wenn Meerwasser nicht verfügbar ist, stellen Binnensalzwasserquellen – wie zum Beispiel Sole – eine geeignete Alternative für die Kultivierung ausgewählter Makroalgen und Halophyten dar. Für die Konstruktion der Kompartimente werden neuartige Leichtbaumaterialien mit integrierten Funktionen wie Licht oder Temperaturregulation erfolgreich eingesetzt. Die food4future-Humanstudie zeigte, dass nicht-invasive Sensoren und die food4future-App genauso gut geeignet sind, bestimmte Mikronährstoffe und die tägliche Ernährung zu erfassen wie mit klassischen Methoden, etwa Blutanalysen oder handschriftlichen Ernährungsprotokollen.

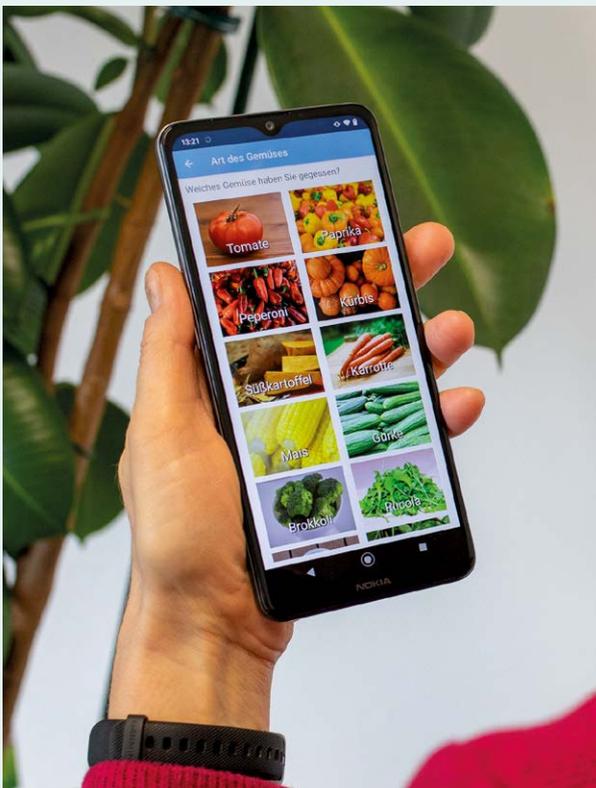
Titel: food4future – Nahrung der Zukunft

Website: food4future.de

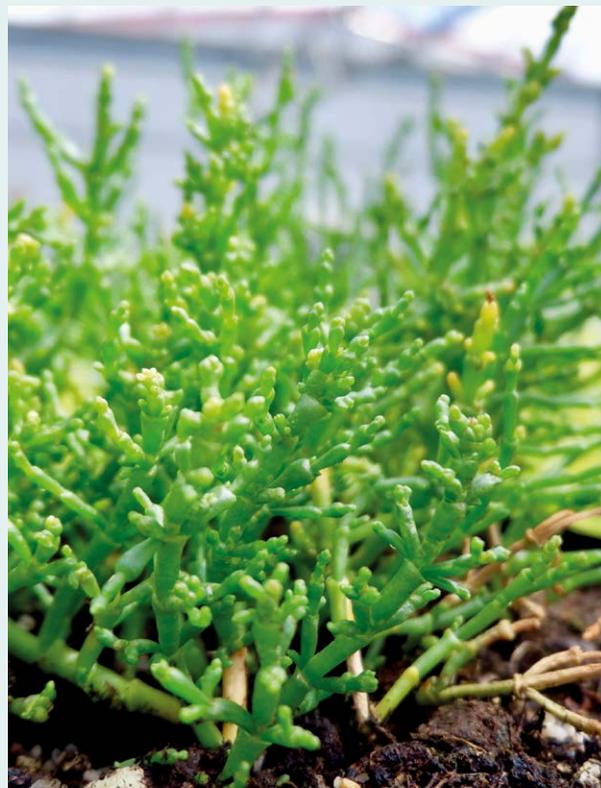
Kooperierende Institutionen: Leibniz-Institut für Gemüse- und Zierpflanzenbau (IGZ) e.V. (Koordination), Leibniz-Zentrum für Marine Tropenforschung (ZMT), Leibniz-Institut für Agrartechnik und Bioökonomie e.V. (ATB), Fraunhofer-Institut für Angewandte Polymerforschung IAP – Forschungsbereich Polymermaterialien und Composite PYCO, pmp Projekt Gesellschaft für Projektentwicklung u. Generalplanung mbH, Technische Hochschule Wildau, Deutsches Institut für Ernährungsforschung Potsdam-Rehbrücke (DIfE), Humboldt Universität zu Berlin, Freie Universität Berlin



food4future-Forschungsteam bei der Indoor-Kultivierung von Grünalgen der Gattung Ulva („Meersalat“) in den Gewächshäusern des Leibniz-Instituts für Gemüse- und Zierpflanzenbau (IGZ).



Kombiniert mit Hautsensoren kann die food4future-App klassische Methoden für die Erfassung von Mikronährstoffen ersetzen.



Queller benötigt salzhaltige Medien für ein optimales Wachstum. Je salziger, desto mehr sekundäre Pflanzenstoffe reichert er an.

„Urbane Bioräume für die Nahrungsmittelproduktion“

Prof. Monika Schreiner vom Leibniz-Institut für Gemüse- und Zierpflanzenbau (IGZ) koordiniert food4future. Im Interview spricht sie über das Potenzial von Makroalgen, Salzpflanzen, Quallen und Insekten für die Nahrungsmittelproduktion im städtischen Raum.

Wie sieht die Nahrung der Zukunft aus?

Angesichts globaler Herausforderungen brauchen wir neue und damit nachhaltige Ansätze für Agrifood-Systeme. Zwei natürliche Ressourcen geraten zunehmend an ihre Grenzen: Ackerfläche und Süßwasser. Das Projekt food4future setzt auf die nachhaltige Produktion von alternativen, nährstoffreichen Nahrungsquellen – wie Makroalgen, Salzpflanzen, Quallen und Insekten – produziert in urbanen Agrifood-Systemen. Diese benötigen weniger Produktionsfläche und weniger Frischwasser oder können mit Salzwasser kultiviert werden. Dabei ist es unser Anspruch, dass die Nahrung der Zukunft auch schmeckt. Food-Innovationen werden nur dann Akzeptanz durch Verbraucherinnen und Verbraucher und somit Eingang in unserer täglichen Ernährung finden, wenn sie schmecken. Es muss also Nachhaltigkeit mit Geschmack kombiniert werden – das ist der Schlüssel. Unser Fokus liegt also darauf, die Produktvielfalt zu erweitern und unsere Ernährungsmöglichkeiten zu diversifizieren.

Welche Lösungen haben Sie bereits entwickelt?

Wir arbeiten an urbanen Bioräumen für die Nahrungsmittelproduktion, in denen wir Makroalgen, Salzpflanzen, Quallen und Grillen einzeln oder gemeinsam kultivieren wollen. Einer unserer Schwerpunkte liegt dabei auf Organismen, die im oder mit Salzwasser leben können, damit wir unabhängiger von der Verfügbarkeit von Frischwasser werden. Mit den alternativen Organismen oder ihren Inhaltsstoffen können wir gängige Lebensmittel anreichern, zum Beispiel Brot mit Insektenmehl. Wir können daraus aber auch ganz neuartige Lebensmittel kreieren. Unsere Bioräume können in Größe und Form sehr unterschiedlich sein und sich den Gegebenheiten flexibel anpassen.

Auch der Mensch steht im Fokus Ihrer Forschung ...

Über nicht-invasive und tragbare Sensoren am menschlichen Körper in Kombination mit einer App wollen wir den Ernährungsstatus von Menschen bestimmen und so individuelle Ernährungsemp-



Prof. Monika Schreiner vom Leibniz-Institut für Gemüse- und Zierpflanzenbau (IGZ) ist Co-Leiterin der Koordinierungsstelle von „Agrarsysteme der Zukunft“ und Koordinatorin des Konsortiums food4future.

fehlungen möglich machen. Perspektivisch sollen in diesen Empfehlungen auch unsere alternativen Nahrungsquellen vorkommen. Auch Sozialwissenschaftlerinnen und Sozialwissenschaftler sind an unserem Konsortium beteiligt. Sie untersuchen unter anderem, wie sich ökologische und ökonomische Krisen auf das Ernährungsverhalten von Menschen auswirken.

Wie werden die Ergebnisse von food4future den Alltag der Menschen verändern?

Unsere Ernährung wird vielfältiger, wenn wir auch Quallen, Salzpflanzen, Algen oder Insekten auf unseren Speiseplan setzen. Wir werden häufiger traditionelles Fleisch durch proteinreiche Nahrungsquellen wie Quallen und Grillen ersetzen, die deutlich klimafreundlicher sind, und dadurch insgesamt weniger Fleisch essen. Und was wir nicht wissen, aber hoffen: dass durch die Produktion in urbanen Bioräumen nahe an den Verbraucherinnen und Verbrauchern auch der Aspekt der Nachhaltigkeit bei Lebensmitteln – neben Gesundheit, Genuss und Preis – stärker ins Bewusstsein rückt.

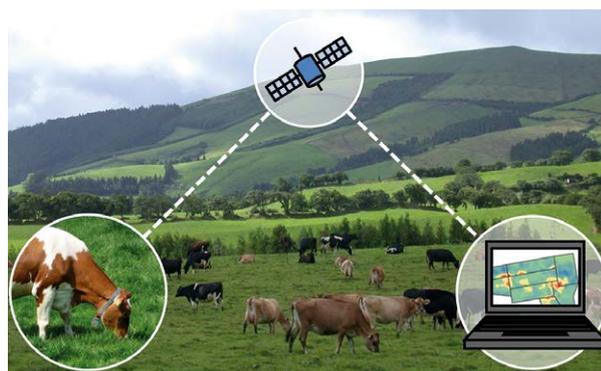


GreenGrass – Die digitalisierte Viehweide

Nur ein Drittel der Rinder in Deutschland hat Zugang zur Weide. Das Konsortium GreenGrass forscht an innovativen und zukunftsfähigen Ansätzen wie virtuellen Zäunen, um Weidetiere zurück auf die Weide zu bringen. Das dient nicht nur dem Wohl der Tiere, sondern auch dem Klimaschutz.

Die Herausforderung

Grünlandschaften wurden über Jahrhunderte maßgeblich von den in der Landschaft weidenden Nutztieren geprägt. Die im Grünland vorhandene Artenvielfalt hat sich dabei größtenteils im Zusammenspiel mit der Weidehaltung der Tiere herausgebildet. In der heutigen Landwirtschaft spielen Grünflächen eine entscheidende Rolle bei der Bereitstellung von Ökosystemleistungen, die auch der Menschheit nützen. Allerdings sind diese Leistungen gefährdet, da die Grünlandnutzung aus verschiedenen Gründen rückläufig ist. Die moderne Viehhaltung verstärkt beispielsweise den Druck, Ackerflächen für den Anbau von Futtermitteln zu nutzen. Zudem verzichten viele Landwirtinnen und Landwirte auf die Weidewirtschaft, da sie zu arbeits- und zeitintensiv ist und die Kosten durch den Mehraufwand gegenüber der Stallhaltung nicht angemessen vergütet werden.



Funktionsprinzip der virtuellen Weidetechnik, die auf GPS-gestützten Daten basiert

Zu diesen Nachhaltigkeitszielen (SDGs) der Vereinten Nationen trägt GreenGrass bei:



Das Ziel

GreenGrass will dazu beitragen, die ökologische, ökonomische und kulturelle Bedeutung von Weidewirtschaft und Grünland zu stärken und zu erhalten. Dafür braucht es eine Trendwende hin zu einer nachhaltigen Weidewirtschaft, die auch innovative Technologien einsetzt. GreenGrass entwickelt und erprobt deshalb digitale Technologien zur Lenkung der Tiere. Sie ermöglichen es, beispielsweise Kühe ohne Zäune in der Landschaft zu hüten und zu leiten. Mit modernen Fernerkundungssystemen wird zusätzlich das saisonale Angebot an Futterpflanzen auf der Weide überwacht.

Feld-Kampagnen umgesetzt, die innovative Methoden für das Grünlandmonitoring etablieren. Daten aus der Fernerkundung liefern zuverlässige Informationen, unter anderem zur Bewertung der Futterverfügbarkeit. Ein erster Prototyp eines Mehr-Ebenen-Informationssystems für Landwirtinnen und Landwirte ist fertiggestellt. Erste ökonomische Analysen des Einsatzes digitaler Tools zeigten Einsparungspotenziale bei den Maschinen-, Arbeits- und Fütterungskosten. Praxisbeiräte aus Landwirtschaft, Naturschutz, Verwaltung und Industrie sind in den Designprozess einer digitalen Weidewirtschaft integriert.

Der Lösungsansatz

Beim Lösungsansatz von GreenGrass steht die Idee im Zentrum, die Weidehaltung insgesamt zu vereinfachen. Dafür kommen Drohnen und Satellitenbilder zum Einsatz, die die benötigten Informationen sammeln und bereitstellen. In einem neuartigen Mehr-Ebenen-Informationssystem fließen diese Daten zusammen und werden analysiert. Auf Grundlage dieser Analysen können die Weidetiere räumlich und zeitlich so gelenkt werden, dass gleichzeitig schützenswerte Lebensräume von Pflanzen und anderen Tieren geschont werden. GreenGrass führt das Fachwissen von Forschenden aus allen relevanten Bereichen zusammen: aus Graslandforschung, Landschaftsökologie, Fernerkundung, Informationstechnologie, Betriebs- und Umweltökonomie, Agrarpolitik und Transformationsforschung. Zudem kooperiert GreenGrass mit Partnern aus der Praxis entlang der gesamten Wertschöpfungskette.

Der Weg

Die Weideversuche zeigten, dass digitale Hütesysteme die Beweidung von Rindern zuverlässig kontrollieren. Das Tierwohl und die Tierleistung werden nicht beeinträchtigt. Auf den Versuchsstandorten wird eine enge Zusammenarbeit von Fernerkundungs- und

Titel: GreenGrass – Innovative Nutzung des Grünlands für eine nachhaltige Intensivierung der Landwirtschaft im Landschaftsmaßstab

Website: greengrass-project.de

Kooperierende Institutionen: Georg-August-Universität Göttingen (Koordination), Humboldt-Universität zu Berlin, Brandenburgische Technische Universität Cottbus-Senftenberg, Universität Gießen, Universität Hohenheim, Universität Kassel/Witzenhausen, Universität zu Köln, horizon group GmbH, Texas Trading GmbH, Grünlandzentrum Niedersachsen/Bremen e. V.



Eine Färs mit Halsband eines virtuellen Zäunungssystems und einem GPS-Logger. Bei Annäherung an eine virtuelle (nicht sichtbare) Grenze sendet es akustische Warnsignale in Form einer Tonskala mit zunehmender Frequenz aus, ähnlich dem Piepton einer Einparkhilfe.



Betreten die Tiere das durch den virtuellen Zaun ausgegrenzte Weidestück, folgt nach dem Warnton ein elektrischer Impuls.



Zäunung in dem softwarebasierten Mehr-Ebenen-Informationssystem (SMI) – der App-basierten Benutzeroberfläche

„Mit unsichtbaren Zäunen die Weide wiederbeleben“

Dr. Juliane Horn von der Georg-August-Universität Göttingen über die Rolle der Weidehaltung für den Klimaschutz und virtuelle Zäune als Konzept, um Weidesysteme flexibel und nachhaltig zu gestalten.

Welche Forschungsergebnisse kann GreenGrass bereits aufweisen?

Unsere Weideversuche zeigten, dass digitale Hütesysteme die Beweidung von Rindern zuverlässig kontrollieren. Das Tierwohl und die Tierleistung werden nicht beeinträchtigt. Auf unseren Versuchsstandorten wird eine enge Zusammenarbeit von Fernerkundungs- und Feld-Kampagnen umgesetzt, die innovative Methoden für das Grünlandmonitoring etablieren. Daten aus der Fernerkundung liefern zuverlässige Informationen zur Bewertung unter anderem der Futterverfügbarkeit. Ein erster Prototyp eines Mehrebenen-Informationssystems für Landwirtinnen und Landwirte ist fertiggestellt. Erste ökonomische Analysen des Einsatzes digitaler Tools zeigten Einsparungspotenziale bei den Maschinen-, Arbeits- und Fütterungskosten. Unsere Praxisbeiräte aus Landwirtschaft, Naturschutz, Verwaltung und Industrie sind im Designprozess einer digitalen Weidewirtschaft integriert.

Wann könnte eine reale Umsetzung erfolgen?

GreenGrass befindet sich im Entwicklungs- und Erprobungsstadium der Schlüsseltechnologien virtuelles Zäunen und Fernerkundung sowie deren Verknüpfung und Einbindung in eine entsprechende Betriebssoftware. Im nächsten Schritt werden die innovativen Weidesysteme auf ihre Umsetzbarkeit, ihre wirtschaftliche und ökologische Tragfähigkeit überprüft. Parallel dazu werden die rechtlichen Rahmenbedingungen der Anwendung digitaler Innovationen geprüft und Lösungsmöglichkeiten für die Praxisanwendung erarbeitet. Wir gehen davon aus, dass für die Transformation unserer innovativen Weidesysteme mit den digitalen Tools noch fünf Jahre an Entwicklungs- und Erprobungsarbeit bis zur Einführung in die Praxis notwendig sind.

Wie wird die Rinderhaltung der Zukunft aussehen?

GreenGrass strebt danach, Weidetiere mithilfe innovativer Technologien zurück in die Landschaft zu bringen, um somit die landwirtschaftliche Tierhaltung mit einer nachhaltigen Bereitstellung von Ökosystemleistungen des Grünlands zu harmoni-



Dr. Juliane Horn forscht an der Georg-August-Universität Göttingen und ist Koordinatorin des Konsortiums GreenGrass von „Agrarsysteme der Zukunft“.

sieren. Vor dem Hintergrund der Verschärfung der Biodiversitäts- und Klimakrise sowie politischer Krisen der letzten fünf Jahre gewinnt diese Vision noch mehr an Bedeutung. Mit GreenGrass soll die Weidehaltung den Sprung in das nächste technologische Zeitalter schaffen und für Landwirtinnen und Landwirte eine attraktive und zukunftsfähige Tierhaltungsform werden. Mithilfe digitaler Technologien wird das gesamte Potenzial der Grünlandflächen nachhaltig genutzt; digitale Tools ermöglichen es, die Arbeitsabläufe und Managementprozesse der Betriebe wesentlich zu vereinfachen und gleichzeitig neue Möglichkeiten zur Monetarisierung von Ökosystemleistungen zu schaffen. Denn extensive und intensive Weidenutzung lassen sich sehr gut mit dem Naturschutz verbinden und als nachhaltige Beweidung gleichzeitig wirtschaftlich, tiergerecht, ökologisch und verkaufswirksam nutzen. Genau das will das Projekt zeigen.



NOcsPS – Smarter Ackerbau ohne chemischen Pflanzenschutz

Auf chemisch-synthetische Pflanzenschutzmittel verzichten, Mineraldünger in möglichst geringen Mengen einsetzen: So lässt sich der Mittelweg zwischen ökologischem und konventionellem Landbau zusammenfassen, den das Konsortium NOcsPS von „Agrarsysteme der Zukunft“ erforscht und erprobt.

Die Herausforderung

Die gesellschaftliche Akzeptanz gegenüber chemisch-synthetischen Pflanzenschutzmitteln (csPSM), wie sie im konventionellen Landbau eingesetzt werden, nimmt ab. Grund dafür sind unter anderem Vorbehalte wegen möglicher Rückstände von csPSM in Nahrungsmitteln sowie die möglichen negativen Auswirkungen auf die Ökosysteme. Zudem erschweren zunehmende Beschränkungen bei der Zulassung und Anwendung von Wirkstoffen und steigende Resistenzen auf Seiten der Erreger den Einsatz von csPSM. Die EU-Kommission will den Einsatz von Pflanzenschutzmitteln EU-weit bis 2030 auf 50 Prozent reduzieren. Der ökologische Landbau verzichtet auf csPSM, allerdings ist es fraglich, ob er allein eine zukünftig global ausreichende Nahrungsmittelversorgung sicherstellen kann. Klimawandel und politische Krisen verschärfen zudem weltweit Versorgungsengpässe mit Nahrungsmitteln, Rohstoffen und Energie. Daher ist es notwendig, Wege für eine

umweltschonendere und nachhaltige Pflanzenproduktion zu finden, die ausreichend Erträge mit angemessener Qualität erzielen. Durch den Green Deal der EU gewinnt die Entwicklung nachhaltigerer landwirtschaftlicher Anbausysteme erheblich an Bedeutung.



Parzellenversuche der NOcsPS- und Vergleichsanbausysteme am Standort Heidfeldhof der Universität Hohenheim, Stuttgart

Zu diesen Nachhaltigkeitszielen (SDGs) der Vereinten Nationen trägt NOcsPS bei:



Das Ziel

Mit NOcsPS soll ein innovatives nachhaltiges Agrarsystem entwickelt werden, das die Trennung zwischen konventionellem und ökologischem Landbau aufbricht und eine Brücke zwischen diesen Anbausystemen bildet. Der NOcsPS-Ansatz kann Impulsgeber im konventionellen Landbau (Reduktion von csPSM mit optimierter Düngung) wie auch im ökologischen Landbau (alternative Düngungsstrategien und Kulturmaßnahmen) sein. Indem das NOcsPS-Anbausystem auf csPSM verzichtet, schützt es die biologische Vielfalt und die Fruchtbarkeit des Bodens. Gleichzeitig wird Mineraldünger eingesetzt, um die Pflanzen mit Nährstoffen zu versorgen und stabile Erträge sicherzustellen. NOcsPS-Anbausysteme können mit ihrem Ansatz die klare Trennung zwischen konventionellem und ökologischem Landbau lockern, aber auch einen eigenständigen alternativen Weg darstellen.

Der Lösungsansatz

Forschende aus verschiedenen Disziplinen der Agrarwissenschaften entwickeln das NOcsPS-Anbausystem im Abgleich mit anderen Anbausystemen durch Labor-, Gewächshaus-, Feld- und Praxisversuche. Sie erforschen und erproben neue Smart-Farming-Technologien sowie innovative Methoden, um die Pflanzengesundheit sowie die Bodenfruchtbarkeit im Feldanbau zu überwachen und zu fördern. Darüber hinaus werden computergestützte Modelle zum Pflanzenwachstum, zum Verhalten von Schädlingen und Nützlingen sowie zur Abbildung des Mikroklimas innerhalb von Pflanzenbeständen entwickelt. Weiterhin werden die Qualität landwirtschaftlicher Produkte sowie die Ökobilanz geprüft und weiterentwickelt. Es erfolgt eine ganzheitliche Analyse, ob NOcsPS-Anbausysteme unter Einsatz modernster und vernetzter Technologien sowie innovativer Anbau- und Verwertungsmaßnahmen zu mehr Nachhaltigkeit bei gleichzeitig hoher Produktivität führen können.

Der Weg

Die Ergebnisse der Feldversuche zeigen, dass die Naturalerträge in NOcsPS-Anbausystemen bei optimaler Ausgestaltung bislang nur geringfügig unter den Erträgen im konventionellen und deutlich über denen im ökologischen Anbau liegen können. Bislang analysierte Qualitätseigenschaften der NOcsPS-Produkte zeigen keine Nachteile im Vergleich zu Produkten aus anderen Anbausystemen. Basierend auf Umfrageergebnissen zeigt sich aufseiten der Verbraucherinnen und Verbraucher eine hohe Akzeptanz einzelner NOcsPS-Produkte und eine entsprechend höhere Zahlungsbereitschaft als für konventionelle Produkte. Aktuell wird eine Nachhaltigkeitsbewertung der NOcsPS-Anbausysteme entwickelt. Umfassende Aussagen erfordern allerdings noch längerfristige Untersuchungen.

Titel: NOcsPS – Landwirtschaft 4.0 ohne chemisch-synthetischen Pflanzenschutz

Website: nocps.uni-hohenheim.de

Kooperierende Institutionen: Universität Hohenheim (UHOH; Koordination), Georg-August-Universität Göttingen (UGOE), Julius Kühn-Institut – Bundesforschungsinstitut für Kulturpflanzen (JKI)



NOcsPS auf dem Digitalgipfel 2022: Prof. Hans Griepentrog mit Bundesinnenministerin Nancy Faeser, Bundeskanzler Olaf Scholz, Bundesminister für Verkehr & digitale Infrastruktur Volker Wissing sowie der Bundesbeauftragten für digitale Wirtschaft und Start-ups Anna Christmann.



Parzellenversuche der NOcsPS- und Vergleichsanbausysteme am Standort Dahnsdorf des Julius Kühn-Instituts, Quedlinburg



Sensor- und kameragesteuerte Hacke zur Unkrautbekämpfung im Feldversuch Sojaanbau an der Universität Hohenheim

„Zwei Welten verbinden für bestmögliche Nachhaltigkeit“

Der wissenschaftliche Koordinator von NOcsPS, Prof. Enno Bahrs von der Universität Hohenheim, erklärt im Interview den Ansatz des Konsortiums für ein nachhaltigeres Landbausystem und was das für den Alltag der Menschen bedeutet.

Was macht die Forschung von NOcsPS zukunftsweisend?

Durch den Verzicht auf chemisch-synthetische Pflanzenschutzmittel (csPSM) in Kombination mit verschiedenen agrarökologischen Maßnahmen, dem optimierten Einsatz von Mineraldünger und Precision Farming-Technologien sollen in NOcsPS nachhaltige Anbausysteme entstehen, die die Ökosystemleistungen von Agrarlandschaften fördern und dazu beitragen, die Ernährung zu sichern und die planetaren Grenzen einzuhalten. Durch den Verzicht auf csPSM und verminderten Düngeraufwand kann einem boden- und wasserbelastenden Eintrag schwer abbaubarer oder persistenter Substanzen vorgebeugt werden. Das trägt zur Bodenfruchtbarkeit sowie zum Erhalt und zur Förderung der Biodiversität bei. Ferner birgt NOcsPS den Vorteil, dass es zu keinen Rückständen aus csPSM kommt, von denen die Gefahr gesundheitlicher oder ökologischer Einschränkungen ausgeht. Weiter folgt NOcsPS den aktuellen Vorgaben agrarpolitischer Regelungen und kann ein ergänzendes Anbausystem zu konventionellen und ökologischen Landbausystemen darstellen.

Was sind ausschlaggebende Erfolge der Forschung von NOcsPS?

In den zurückliegenden Jahren konnte festgestellt werden, dass ein NOcsPS-Anbausystem, ohne den Einsatz von csPSM, aber mit dem Einsatz von Mineraldünger zur Ertragssicherheit beitragen kann, was durch die Durchschnittserträge zweier Feldversuche an zwei Standorten mit unterschiedlichen Standortigenschaften gezeigt werden konnte. Für die Versuchsjahre wurden in dem NOcsPS-Anbausystem Erträge ermittelt, die zwischen denen der konventionellen und ökologischen Anbausysteme lagen. Mit dem Einsatz der verschiedenen Maßnahmen konnten innovative Technologien getestet und weiterentwickelt werden, die für eine Landwirtschaft ohne den Einsatz von csPSM notwendig und vorteilhaft sind.



Prof. Enno Bahrs ist wissenschaftlicher Projektleiter des Konsortiums NOcsPS in „Agrarsysteme der Zukunft“.

Welches Potenzial hat die Landwirtschaft 4.0 von NOcsPS?

Die Landwirtschaft 4.0 von NOcsPS hat großes Potenzial, Umwelt- und Naturschutz sowie Ernährungssicherung angemessen zu vereinen. Sie schafft eine Grundlage für eine weitere Reduzierung des Pflanzenschutzmitteleinsatzes in der Landwirtschaft, auch vor dem Hintergrund des europäischen Green Deal. Die in den Feldversuchen vorteilhaft erscheinenden Maßnahmen – wie der Einsatz moderner und innovativer Technologien in Kombination mit agrarökologischen Maßnahmen – können auf großen, für die Landwirtschaft typischen Bewirtschaftungseinheiten umgesetzt werden. Darüber hinaus haben die Entwicklungen von modernen NOcsPS-Anbausystemen das Potenzial, sowohl ökologische als auch konventionelle Anbauverfahren weiterzuentwickeln. Inwieweit sich die innovativen NOcsPS-Anbausysteme umsetzen und am Markt etablieren lassen, hängt davon ab, ob sich ihre Gemeinwohlleistungen am Markt in Wert setzen lassen bzw. ob und inwieweit sie flankierend durch staatliche Programme gefördert werden.



RUN – Nährstoffgemeinschaften zwischen Stadt und Land schließen

Im Konsortium RUN entwickeln die Forschenden ein Kreislaufsystem, in welchem sie Kohlenstoff, Phosphor, Kalium und Stickstoff aus häuslichem Abwasser und Bioabfällen zurückgewinnen und daraus Düngemittel für die Landwirtschaft und Ausgangsstoffe für die Kunststoffproduktion herstellen.

Die Herausforderung

Für eine nachhaltige Agrarwirtschaft der Zukunft müssen wir effizient und schonend mit den Ressourcen umgehen, die uns zur Verfügung stehen. Dafür ist ein fundamentaler Wandel notwendig. In organischen Rest- und Abfallströmen steckt vielfach noch ungenutztes Wertstoffpotenzial für eine nachhaltige Bioökonomie. Beispielsweise können Nährstoffe aus Bioabfällen und häuslichem Abwasser möglichst direkt zurückgewonnen und für die Herstellung von Düngemitteln genutzt werden. So lassen sich Stoffkreisläufe zwischen Stadt und Land schließen. Damit solch ein System der Kreislaufschließung für alle Beteiligten gut funktioniert, müssen einerseits technische Prozesse gut aufeinander abgestimmt und robust sein. Andererseits ist es auch notwendig, dass die Gesellschaft ihren Umgang mit Abfällen reflektiert und diese künftig stärker als werthaltigen und recycelbaren Rohstoff betrachtet.



Nährstoffrecycling nach dem Konzept von RUN. Ausgangspunkt sind die „Grundmaterialien“ häuslicher Bioabfall und häusliche Abwässer.

Zu diesen Nachhaltigkeitszielen (SDGs) der Vereinten Nationen trägt RUN bei:



Das Ziel

Das Projekt RUN (Rural Urban Nutrient Partnership) will Nährstoffkreisläufe zwischen städtischen und ländlichen Regionen schließen. Die Idee: Landwirtinnen und Landwirte sowie Menschen in Städten gehen Nährstoffgemeinschaften ein, indem Nährstoffe aus Bioabfällen und Abwasser des urbanen Raums zurückgewonnen und für die Produktion sicherer und wirksamer Düngemittel und Rohstoffe für die Kunststoffproduktion verwendet werden. Diese Wertstoffe kommen anschließend in der regionalen Landwirtschaft zum Einsatz. RUN strebt dabei an, einen geschlossenen, nachhaltigen Nährstoffkreislauf in der Gesellschaft zu etablieren. Bei der Entwicklung ihres Systems erforschen die Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler im RUN-Projekt neue und innovative Technologien, analysieren Stoffströme und untersuchen verschiedene Anwendungsszenarien. Dabei fließen auch sozialwissenschaftliche Methoden ein, und die Forschenden erstellen eine Ökobilanz für das RUN-System.

Der Lösungsansatz

Auf dem Umwelt-Campus Birkenfeld der Hochschule Trier sollen die neuen Technologien des Nähr- und Kohlenstoff-Recyclings unter realen Bedingungen erprobt werden. Ein zusätzlich eingerichteter Erfahrungsraum soll das RUN-System für Bürgerinnen und Bürger erlebbar machen. Alle Aspekte des Recyclingsystems, von der Nährstoffherzeugung in den Haushalten bis hin zur Wiederverwendung in der Landwirtschaft, werden anschaulich dargestellt. Um langfristig gesellschaftlich akzeptierte Lösungen im Rahmen des RUN-Projektes zu schaffen, befassen sich die beteiligten Fachleute aus den Sozialwissenschaften mit den Bedürfnissen von Verbraucherinnen und Verbrauchern und möglichen Vorbehalten gegenüber Produkten, die mit Stoffen aus recycelten Abfällen und Abwässern hergestellt wurden.

Der Weg

Nach erfolgreicher Entwicklung und Erprobung der einzelnen Verfahrensstufen zur Nährstoffrückgewinnung und zur Produktion von Biopolymeren wurden die Prozesse in einer Verfahrenskette im halbbetrieblichen Maßstab untersucht. Dabei hat sich gezeigt, dass sich mit der RUN-Technologie Stickstoff-, Phosphor- und Kaliumdünger ebenso wie Rohstoffe für die Herstellung biologisch abbaubarer Kunststoffe aus häuslichen Abwässern und Abfällen herstellen lassen. Eine Nachhaltigkeitsbewertung des RUN-Systems im Vergleich zum traditionellen Abwassersystem belegt, dass das RUN-System vor allem zur Ressourcenschonung beiträgt (u.a. geringerer Wasserverbrauch) und hinsichtlich der Ressourceneffizienz (Kreislaufführung der Nährstoffe) positive Bilanzen aufweist. Die RUN-Anlage wurde aus dem Labormaßstab auf die Ebene eines Realexperiments als Pilotanlage übertragen und als Containeranlage gebaut. Mitte 2024 wird diese Pilotanlage in Betrieb gehen.

Titel: RUN – Rural Urban Nutrient Partnership

Website: run-projekt.de

Kooperierende Institutionen: Universität Stuttgart (Koordination), Universität Heidelberg, Rheinland-Pfälzische Technische Universität Kaiserslautern-Landau, Universität Hohenheim, Johann Heinrich von Thünen-Institut Braunschweig, iat-Ingenieurberatung GmbH, KIT Institut für Technikfolgenabschätzung und Systemanalyse (ITAS), Institut für angewandtes Stoffstrommanagement (IfaS) Hochschule Trier



Küchenabfälle sind eine zentrale Ressource für die Kreislaufschließung im Forschungsprojekt RUN. Hier wird der Prototyp des für Spülbecken vorgesehenen Küchenabfallzerkleinerers und der Abtransport mit einem wassersparenden Unterdruck-Rohrsystem getestet.



Die RUN-Düngemittel werden auf ihre Qualität sowie auf die Pflanzenverfügbarkeit der enthaltenen Nährstoffe hin untersucht.



Aus Grünabfällen wird pelletierte Pflanzenkohle hergestellt, ein Bodenverbesserer für Ackerböden und städtische Grünanlagen.

„Klimafreundliche Düngemittel aus Küche und WC“

Dr.-Ing. Sebastian Schmuck über das Kreislaufsystem, mit dem die Forschenden in RUN Kohlenstoff, Phosphor, Kalium und Stickstoff aus häuslichem Abwasser und Bioabfällen zurückgewinnen und daraus vor allem Düngemittel für die Landwirtschaft herstellen wollen.

Was verändert sich in der Stadt, wenn die Forschung von RUN zur Realität wird?

Der klassische Konsum in der Stadt wird verschwinden, da sich die Verbraucherinnen und Verbraucher als Prosumentinnen und Prosumenten verstehen. Damit sind Konsumenten gemeint, die zugleich Produzenten sind, oder auch Produzentinnen, die zugleich als Konsumentinnen auftreten. Der klassische Konsument von Lebensmitteln wird gleichzeitig Produkt- oder zumindest Rohstofflieferant für die Düngemittel. Durch den Einsatz der RUN-Technologie können so Düngemittelimporte reduziert werden und bei noch größer skaliertem Betrachtungsweise können auch langfristig Ausbaupkapazitäten in der Abwasserinfrastruktur eingespart werden.

Welche technischen oder gesellschaftlichen Vorteile hat es, den Nährstoffkreislauf zwischen Stadt und Land zu schließen?

Durch RUN wird die Erzeugung von Düngemitteln am Ort der Nutzung ermöglicht, dies führt zur Schließung von lokalen Stoffkreisläufen. Durch die engere Vernetzung von Landwirtschaft und Bevölkerung erwarten wir sowohl eine bessere Verständigung als auch ein noch besseres Verständnis füreinander. Diese enge Verzahnung hat auch das Potenzial, die Landwirtschaft wieder stärker in die Mitte der Gesellschaft zu bringen. Durch die Einbindung der Bevölkerung als Prosumenten erwarten wir eine Steigerung der Sensibilität des Einzelnen bei der Verwendung des Systems. Beispielsweise können Medikamente (zum Beispiel Röntgenkontrastmittel oder Schmerzmittel) nach der Einnahme in den Abwasserkreislauf gelangen. Im klassischen Abwassersystem ist die Bürgerin oder der Bürger weit weg von der Reinigungsanlage, sodass er hier nicht genügend sensibilisiert ist, das Abwassersystem möglichst frei von diesen Belastungen zu halten, zum Beispiel durch den Einsatz einer Einwegtoilette. RUN bietet im ländlichen Raum mit schlechter oder ohne Abwasserinfrastruktur eine nachhaltige Lösung an. Bei der Aufskalierung auf größere Areale ermöglicht RUN eine Abkopplung



Dr.-Ing. Sebastian Schmuck vom Institut für Siedlungswasserbau, Wassergüte- und Abfallwirtschaft (ISWA) der Universität Stuttgart koordiniert das Forschungskonsortium RUN.

von Abwasser- und Abfallströmen aus dem Gesamtsystem.

Wie weit ist die Forschung von RUN und wann könnte eine reale Umsetzung erfolgen?

Die Pilotanlage ist gefertigt und wird Mitte 2024 in Betrieb gehen. Im weiteren Projektlauf werden noch wichtige Erkenntnisse gewonnen, um die Anlage weitergehend zu automatisieren und den Betrieb zu verbessern. Für eine Umsetzung sind zuerst die normativen Randbedingungen zu verändern, sodass eine gemeinsame Behandlung von Abwasser und Abfällen vereinfacht wird sowie die Vorgaben der Landwirtschaft erfüllt werden. Zur Ermöglichung der Nutzung neuartiger Düngemittel sind die entsprechenden Normen zu öffnen oder anzupassen.



SUSKULT – Gemüse von der Kläranlage

Bei dem Konsortium SUSKULT fließen die Nährstoffe aus der Abwasseraufbereitung als Flüssigdünger unmittelbar in die urbane Pflanzenproduktion. Diese innovative Kreislaufschließung sorgt nicht nur für nachhaltige Lebensmittel, sondern auch für mehr Unabhängigkeit von den Auswirkungen des Klimawandels und von globalen Lieferketten.

Die Herausforderung

Gegenwärtige Agrarsysteme verstärken den Klimawandel und die Flächenverknappung und tragen so zum Überschreiten der planetaren Grenzen bei. Zugleich offenbaren globale Krisen die Unsicherheiten und Abhängigkeiten von einer Agrarwirtschaft, die auf langen, störanfälligen Wertschöpfungsketten und Düngemittelimporten beruht. Nachhaltige, innovative und technologieoffene Ansätze der Nährstoffkreislaufschließung können ein Schlüssel für die Verwirklichung nachhaltiger und resilienter Agrarsysteme der Zukunft sein.

Die Produktion von Dünger aus rückgewonnenen Nährstoffen trägt zur Lösung wesentlicher Probleme gegenwärtiger Agrarsysteme bei, insbesondere von endlichen Phosphatressourcen, hohem Energieaufwand bei der Düngemittelproduktion und der Verschmutzung von Gewässern und Böden durch

Düngemittelrückstände. Zusätzlich werden Märkte für rückgewonnene Nährstoffe erschlossen und neue Wege für eine lokale Nahrungsmittelproduktion geschaffen.



Salatanbau in einem Container der SUSKULT-Pilotanlage auf der Kläranlage Emschermündung

Zu diesen Nachhaltigkeitszielen (SDGs) der Vereinten Nationen trägt SUSKULT bei:



Das Ziel

SUSKULT zielt auf die Verwirklichung der kreislaufbasierten urbanen Agrarproduktion als innovativer, nachhaltiger und gesellschaftlich anerkannter Bereich der biobasierten Wirtschaft in Deutschland. Durch die Koppelung des Abwassersystems mit dem Lebensmittelproduktionssystem werden technologische und politische Lösungsmöglichkeiten und Anpassungsstrategien für eine zukunftsfähige Agrarwirtschaft erschlossen. In der SUSKULT-Vision wandeln sich Kläranlagen von Entsorgungseinrichtungen zu zentralen Nährstofflieferanten – Kläranlagen der Zukunft (NEWtrient®-Center) – und leisten einen signifikanten Beitrag zur zukunftsfähigen und kreislaufbasierten Lebensmittelproduktion dort, wo die Nachfrage nach nachhaltigen, gesunden und frischen Nahrungsmitteln weiter steigen wird – in den Städten.

Emschergenossenschaft in Dinslaken den konsequent nächsten Schritt auf dem Weg hin zu einem zukunftsfähigen Agrarsystem. Das enorme Nährstoffpotenzial im Abwasser bietet vielfältige Verwendungsmöglichkeiten, beispielsweise die Nutzung dieser Nährstoffe zum Anbau von Gemüse in einem hydroponischen Gewächshaus direkt an der Kläranlage. Die Pilotanlage macht SUSKULT für die lokale Bevölkerung im Ruhrgebiet erfahrbar und ermöglicht, gesellschaftliche Rückmeldungen vor Ort in der partizipativen Stakeholderforschung zu berücksichtigen. Das geschah unter anderem im Rahmen eines interaktiven Informationsstands auf dem Duisburger Umweltmarkt 2023 und einer Online-Umfrage im Kontext der Pilotanlagen-Einweihung.

Der Lösungsansatz

SUSKULT entwickelt ein erdeloses, auf Hydroponik basierendes, regeneratives lokales Nahrungsmittelproduktionssystem, das die wesentlichen Ressourcen Wasser, Stickstoff, Phosphor, Kalium, CO₂ und Wärme aus dem Betrieb einer Kläranlage der Zukunft (NEWtrient®-Center) bezieht. Durch die innovative Aufbereitungstechnik, bestehend aus einem biologisch-physikalischen Multi-Barrieren-System, wird ein Flüssigdüngerkonzentrat erzeugt, das ohne weitere Umwandlungsprozesse direkt für die Kultivierung eingesetzt werden kann. Damit erschließt SUSKULT eine bislang wenig betrachtete Produktionsmöglichkeit für die biobasierte Transformation in Deutschland.

Der Weg

Während der ersten Projektphase konnte gezeigt werden, dass es möglich ist, den Flüssigdünger frei von inhärenten Risiken herzustellen. Im September 2022 unternahm SUSKULT dann mit der Einweihung der Pilotanlage auf der Kläranlage Emschermündung der

Titel: SUSKULT – Entwicklung eines nachhaltigen Kultivierungssystems für Nahrungsmittel resilienter Metropolregionen

Website: suskult.de

Kooperierende Institutionen: Fraunhofer-Institut für Umwelt-, Sicherheits- und Energietechnik UMSICHT (Koordination), Blue Foot Membranes GmbH, Deutsches Forschungszentrum für künstliche Intelligenz GmbH (DFKI), Emschergenossenschaft/Lippeverband K.ö.R., Helmholtz Zentrum für Umweltforschung GmbH (UFZ), Hochschule Osnabrück, ILS-Institut für Landes- und Stadtentwicklungsforschung, Justus-Liebig-Universität Gießen, Metro AG, Montan Universität Leoben, PACELUM GmbH, Rewe Group, Ruhrverband K.ö.R., Rheinland-Pfälzische Technische Universität Kaiserslautern-Landau (RPTU), Yara GmbH & Co. KG



Der Anbau von Salat, Kräutern oder Süßkartoffeln in einem von SUSKULT entwickelten NEWtrient®-Center kommt ohne Erde als Substrat aus. Stattdessen werden hydroponische Systeme eingesetzt.



SUSKULT-Flüssigdüngerkonzentrat (A- und B-Lösung, Mitte und rechts) im Vergleich zu schwer wasserlöslichen Rezyklaten



Ein Menüvorschlag mit SUSKULT-Zutaten: Pasta mit Wasserlinsen-Pesto

„Klärwerke als Zentren für urbane Agrarwirtschaft“

SUSKULT-Koordinator Volkmar Keuter von Fraunhofer UMSICHT über die Kläranlagen der Zukunft als Nährstoff-Zentren für den Anbau von Gemüse und Kräutern.

Warum ist es wichtig, Nährstoffe zu recyceln und wie gelingt es?

Ohne Phosphor gibt es kein pflanzliches und auch kein menschliches Leben. Phosphor ist aber als Mineral endlich, ähnlich wie Rohöl. Das hat die Bundesregierung erkannt und mit der Novellierung der Klärschlammverordnung im Jahr 2017 die Kläranlagenbetreiber dazu verpflichtet, Phosphor zurückzugewinnen. Ein weiterer wichtiger Nährstoff, Stickstoff, wird aktuell sehr energieaufwendig aus der Luft gewonnen. Angesichts endlicher Ressourcen und sich wandelnder Energiemärkte wird die Frage immer drängender, wie es gelingen kann, zentrale Nährstoffe für die Pflanzenproduktion direkt aus dem Abwasser zurückzugewinnen. Wir erreichen dies erfolgreich durch ein Multi-Barrieren-System, das mehrere biologische und physikalische Stufen umfasst. In verschiedenen Untersuchungen konnten wir nachweisen, dass dies ohne inhärente Risiken gelingt.

Wie weit ist die Forschung von SUSKULT und wann könnte eine reale Umsetzung erfolgen?

Zunächst mussten wir die Grundlagen des Verfahrenskreislaufs und der Pflanzenkultivierung entwickeln. Im Anschluss an eine erste Bestandsaufnahme auf mehreren Kläranlagen und einer Potenzial-Abschätzung, an welcher Stelle es Sinn macht, die Ressourcen für SUSKULT zurückzugewinnen, wurden an den verschiedenen Standorten im Labor die Aufbereitungsbausteine entwickelt. Bevor die Pflanzenfachleute aber einen ersten Flüssigdünger für ihre Kultivierungsversuche verwenden konnten, hat es schon ein wenig gedauert. Diese Versuche waren aber sehr vielversprechend und so konnten wir die einzelnen Module optimieren. Dieses optimierte Design wurde dann in den Entwurf der Pilotanlage überführt. Im Herbst 2022 konnte die Anlage in Betrieb genommen werden und läuft seitdem in verschiedenen Versuchsphasen. Trotz einer Maßstabsvergrößerung von der Labor- zur Pilotanlage um den Faktor 200 müssen noch verschiedene Verbesserungen und Optimierungen durchgeführt werden. Uns stimmt aber froh, dass der Verbraucher schon heute bereit wäre, Gemüse aus



Dipl.-Ing. Volkmar Keuter ist Abteilungsleiter Umwelt und Ressourcennutzung am Fraunhofer-Institut für Umwelt-, Sicherheits- und Energietechnik UMSICHT. Er ist Koordinator des Konsortiums SUSKULT.

der Kläranlage zu kaufen und wir auch schon Anfragen bezüglich des Flüssigdüngers erhalten. Dieser muss allerdings noch zugelassen werden, woran wir intensiv mit unseren Partnern arbeiten.

Wird unser Essen in unmittelbarer Nähe unseres Zuhauses produziert werden? Sind Indoor-Produktionssysteme die Zukunft?

Zum Teil. Wir gehen davon aus, dass gerade frische und qualitativ hochwertige Gemüseprodukte am Ort des Bedarfs kultiviert werden sollten. So lassen sich die wichtigen Nährstoffe in den Produkten auch besser an die Verbraucherinnen und Verbraucher bringen. Auch für viele andere Produkte kann ich mir vorstellen, dass es wichtig ist, Schwankungen in der Produktion und der Qualität, zum Beispiel durch Starkregenereignisse oder starke Sonneneinstrahlung, durch Indoor-Produktionssysteme auszugleichen.



Vernetzung und Perspektiven

Die Arbeit der acht Konsortien von „Agrarsysteme der Zukunft“ wird von einer Koordinierungsstelle wissenschaftlich, strategisch und kommunikativ unterstützt. Gemeinsam haben die Akteure ein Zukunftsbild der Agrarwirtschaft entworfen und Transformationspfade für die nachhaltige Umgestaltung der Agrarproduktion entwickelt.

Mit ihrer außergewöhnlichen Struktur und dem Fokus auf innovative Lösungen für eine nachhaltige Agrarwirtschaft von morgen ist die BMBF-Fördermaßnahme „Agrarsysteme der Zukunft“ ein Erfolgsmodell der Bioökonomie-Forschung in Deutschland. Die zukünftigen Agrarsysteme sollen einen aktiven Beitrag zur Erreichung der gesamtgesellschaftlichen Klima- und Nachhaltigkeitsziele leisten. Die gemeinsame Forschung der Fördermaßnahme folgt einem transdisziplinären, partizipativen und ganzheitlichen Ansatz. So können Innovationshemmnisse aufgebrochen und neue Netzwerke etabliert werden. Die Schließung von Energie- und Stoffkreisläufen führt zu mehr Nachhaltigkeit in der gesamten Nahrungsmittelproduktion.

Die unter dem Dach der „Agrarsysteme der Zukunft“ geförderten Konsortien werden von einer Koordinierungsstelle wissenschaftlich, strategisch und kommunikativ unterstützt. Sie vertritt die „Agrar-

systeme der Zukunft“ nach außen und organisiert die interkonsortiale Zusammenarbeit. Die Konsortien der Fördermaßnahme verfolgen nicht nur das Ziel, die Nahrungsmittelproduktion nachhaltiger zu gestalten, sondern auch einen Beitrag zum Transformationsprozess der Ernährungs- und Agrarwirtschaft zu leisten und diesen aktiv zu fördern.

Wissenschaft transparent kommunizieren

Die **Koordinierungsstelle**, die am Leibniz-Institut für Gemüse- und Zierpflanzenbau (IGZ) e. V. in Großbeeren und am Leibniz-Zentrum für Agrarlandschaftsforschung (ZALF) e. V. in Müncheberg (zukünftig ILS – Institut für Landes- und Stadtentwicklungsforschung gGmbH in Dortmund) angesiedelt ist, begleitet die Arbeit der Konsortien. Eine bedeutende Aufgabe der Koordinierungsstelle, die von allen Konsortien der

Fördermaßnahme unterstützt wird, ist die Wissenschafskommunikation. Ziel ist es, durch innovative und partizipative Formate verschiedene Zielgruppen, wie Politik, Agrarwirtschaft und Öffentlichkeit, in den Prozess der Transformation hin zu einer nachhaltigen Agrarwirtschaft mit einzubinden, ein Bewusstsein für die Innovationen von „Agrarsysteme der Zukunft“ zu schaffen und die Akzeptanz für diese zu stärken.

Hierfür werden Fachinformationen zielgruppengerecht aufbereitet und durch verschiedene Medien verbreitet. Neben regelmäßigen Beiträgen auf verschiedenen digitalen Kanälen (Twitter, LinkedIn, Radio, TV) gibt es auch einen Multitouch-Tisch, eine Virtual-Reality-Brille, Erklärvideos und Porträtfilme.

Die Koordinierungsstelle strebt einen gesamtgesellschaftlichen Dialog über zukünftige Agrarsysteme an. Durch die Einbindung verschiedener Akteure, von zukünftigen Entscheidungsträgerinnen und Konsumenten bis hin zu Fachkräften, wird dieses Ziel in internen und externen Netzwerkaktivitäten verfolgt. Vorträge, Podiumsdiskussionen und Dialog-Formate auf unterschiedlichsten Veranstaltungen mit externen Partnern, Projekten und Förderaktivitäten im In- und Ausland tragen zusätzlich zur öffentlichen Sichtbarkeit bei. Die Koordinierungsstelle orientiert sich bei ihrer Arbeit an den Leitlinien der Denkfabrik #FactoryWiss-Komm des BMBF.

Seit Beginn der Fördermaßnahme in 2019 sind sowohl die Koordinierungsstelle als auch die einzelnen Konsortien auf zahlreichen Veranstaltungen bundesweit aktiv. Durch die Beteiligung im Wissenschaftsjahr 2020/21 – Bioökonomie, am BMBF-Gemeinschaftsstand auf der Internationalen Grünen Woche in Berlin 2020 oder mit einem Ausstellungsbeitrag auf der MS Wissenschaft in 2020/2021 wurde die Sichtbarkeit der „Agrarsysteme der Zukunft“ auf nationaler und internationaler Ebene deutlich gestärkt. So hat sich die Koordinierungsstelle der „Agrarsysteme der Zukunft“ als aktiver und zuverlässiger Mittler und Multiplikator gerade bei der Kommunikation mit der Politik und als Ansprechpartner von regionalen und überregionalen Medien etabliert.

Weitere Veranstaltungshighlights:

- der **Tag der offenen Tür der Bundesregierung** im Jahr 2022. Bundesforschungsministerin Bettina

Stark-Watzinger besuchte den Stand der „Agrarsysteme der Zukunft“ im BMBF.

- der **Digitalgipfel 2022**, bei dem der Agrar-Roboter Phoenix, der vom Konsortium NOcsPS weiterentwickelt wird, Bundeskanzler Olaf Scholz und weiteren Bundesministerinnen und Bundesministern als ein Beispiel für Innovation im Bereich Digitalisierung vorgestellt wurde. NOcsPS-Forscher Prof. Dr. Hans Griepentrog von der Universität Hohenheim präsentierte das Exponat. Dabei machte er deutlich, wie Künstliche Intelligenz und Robotik Umweltschutz und Nachhaltigkeit in der Landwirtschaft vorantreiben können.
- der **9. NRW-Nachhaltigkeitstag 2023** im Landtag in Düsseldorf zum Thema „Regionale Ernährung und urbane Landwirtschaft“. Hier präsentierten sich die „Agrarsysteme der Zukunft“ gemeinsam mit dem ILS. Der Stand wurde unter anderem von Wissenschaftsjournalist Eckhart von Hirschhausen und Oliver Kirscher, Minister für Umwelt, Naturschutz und Verkehr des Landes Nordrhein-Westfalen, besucht.



Die acht Forschungskonsortien von „Agrarsysteme der Zukunft“ werden von einer Koordinierungsstelle begleitet.



Tag der offenen Tür im Bundesforschungsministerium in Berlin 2022: Bundesforschungsministerin Bettina Stark-Watzinger im Gespräch mit der Leitung der Koordinierungsstelle von „Agrarsysteme der Zukunft“.



Ausstellung auf der MS Wissenschaft im Rahmen des Wissenschaftsjahres 2020/21 – Bioökonomie.



Die „Agrarsysteme der Zukunft“ mit Multitouch-Tisch auf dem NRW-Nachhaltigkeitstag. Zu Gast: Eckhard von Hirschhausen

Transformation strategisch begleiten

Ein weiteres Ziel der Koordinierungsstelle ist es, den aktiven Austausch zwischen den Konsortien zu fördern. Dadurch sollen Synergien geschaffen werden, die den Strategieprozess zur Weiterentwicklung der „Agrarsysteme der Zukunft“ unterstützen und einen wichtigen Beitrag zur Transformation der Agrarsysteme leisten. Ein moderierter Visionsprozess, der 2019 gestartet wurde, soll die verschiedenen Ansätze, Disziplinen und Expertisen innerhalb der Fördermaßnahme zusammenführen und neue Synergien für mehr Nachhaltigkeit schaffen.

Dieser Prozess erfolgt durch den konsortienübergreifenden Austausch in Workshops, Round Tables und jährlichen Statusseminaren. Zudem wird viel Wert auf Nachwuchsförderung gelegt. Training Schools und Coachings sollen den wissenschaftlichen Nachwuchs fördern und beim Aufbau eigener Netzwerke und der Entwicklung eigener Forschungs- oder Gründungs-ideen unterstützen.

Anfang 2022 wurde von allen Konsortien, unterstützt von der Koordinierungsstelle, ein **Zukunftsbild der Agrarwirtschaft** fertiggestellt. Es visualisiert die Vision der „Agrarsysteme der Zukunft“ einer fairen, verlässlichen und verantwortungsvollen Agrarwirtschaft vom Land bis in die Stadt, die Mensch und Umwelt in den Mittelpunkt stellt (vgl. Bild auf S. 36).

Die „Agrarsysteme der Zukunft“ schaffen Modelllösungen, Prototypen und Reallabore, die unsere Vision in einem transformativen Prozess Realität werden lässt. Das Zukunftsbild integriert soziale, ökologische und ökonomische Aspekte entlang des gesamten Wertschöpfungskreises im Sinne einer nachhaltigen Bioökonomie. Das Ziel besteht nun darin, die Umsetzung der Vision vom Zukunftsbild in den Konsortien systematisch zu forcieren.

Dazu dient ein **Roadmapping-Prozess (Pathway to impact)**, der zu konkreten Aktions- und Handlungsplänen führen und die verschiedenen **Transformationspfade** für die urbane und rurale Agrarwirtschaft vorantreiben soll. Ein Graphic Recording fasst die identifizierten Pfade zusammen (vgl. Infokasten auf S. 40). Zudem sind auf Basis dieser Transformationspfade interkonsortiale Arbeitsgemeinschaften entstanden, die ausgewählte Schwerpunktthemen

gemeinsam bearbeiten, etwa zu den Themen Governance und Nachhaltigkeit.

Daneben hat die Koordinierungsstelle im September 2023 eine wissenschaftliche, internationale Konferenz durchgeführt. Vordergründiges Ziel des „Agrarsysteme der Zukunft – Summit 2023“ war es, nationale Netzwerke zu stärken, um dann gemeinsam mit Akteuren aus Agrarwissenschaft und -wirtschaft internationale Verbindungen aus- und aufbauen zu können.

Perspektiven für die „Agrarsysteme der Zukunft“

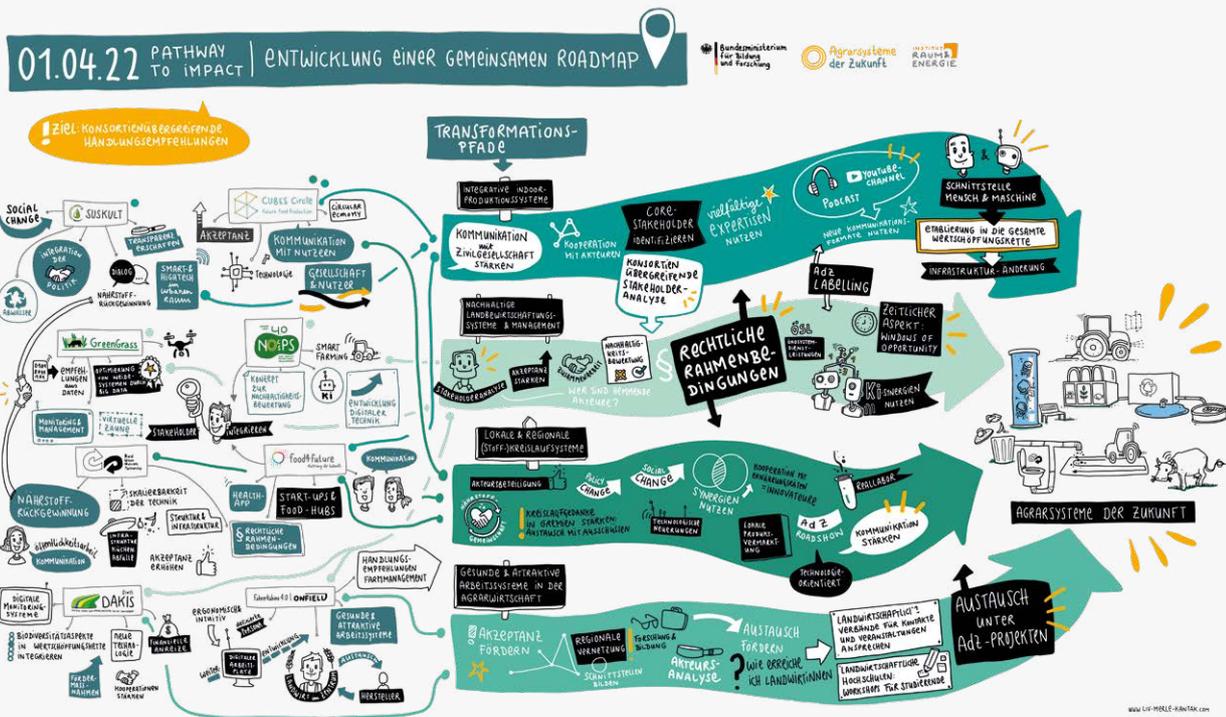
Die acht Konsortien haben mit aktiver Unterstützung der Koordinierungsstelle seit Beginn der Fördermaßnahme im Jahr 2019 maßgeblich dazu beigetragen, Lösungsansätze für nachhaltige und resiliente Agrarsysteme zu entwickeln. Eine zentrale Erkenntnis besteht darin, dass langfristige und effektive Lösungen nur dann entstehen können, wenn gemeinsam und ganzheitlich agiert wird.

Dies zeigt sich exemplarisch bei den „Agrarsystemen der Zukunft“, wo Forschende mit Praktikerinnen und Praktikern zusammenarbeiten, enge Kooperationen mit Wirtschaft und Verbänden bestehen und die Öffentlichkeit aktiv mit eingebunden wird. Die erfolgreiche Vernetzung der Forschungscommunity zu innovativen Agrar- und Ernährungssystemen in Deutschland sowie die hohe nationale und internationale Sichtbarkeit belegen die Wirksamkeit dieser Fördermaßnahme.

Die „Agrarsysteme der Zukunft“ nehmen einen bedeutenden Stellenwert am Innovationsstandort Deutschland ein, indem sie eindrücklich das immense Zukunftspotenzial der Bioökonomie verdeutlichen. Dieses Potenzial gilt es auf dem Weg zu innovativen, nachhaltigen und resilienten Ernährungs- und Agrarsystemen der Zukunft weiter zu erschließen.

Daher wird das Bundesministerium für Bildung und Forschung die „Agrarsysteme der Zukunft“ auf Basis der Empfehlungen eines Expertengremiums in einer zweiten Umsetzungsphase weiter fördern.

Transformationspfade zu den Agrarsystemen der Zukunft



Aufbauend auf dem gemeinsam entwickelten Zukunftsbild haben die Akteure aus „Agrarsysteme der Zukunft“ in der Workshop-Reihe „Pathway to Impact – Transformationsprozesse in Agrarsystemen verstehen und gestalten“ gemeinsame Transformationspfade identifiziert. Daraus wurden spezifische Themenfelder sowie dazugehörige Herausforderungen, Chancen und Risiken abgeleitet. So konnte eine Roadmap mit ganz konkreten Schritten und Aktivitäten erstellt werden.

Wichtige identifizierte Transformationspfade sind:

- Integrative Indoor-Produktionssysteme
- Nachhaltige Landbewirtschaftungssysteme & Management
- Lokale & regionale (Stoff-)Kreislaufsysteme
- Gesunde & attraktive Arbeitssysteme in der Agrarwirtschaft

Weitere Informationen:

agrarsysteme-der-zukunft.de
 bmbf.de
 ptj.de
 bioökonomie.de

Impressum

Herausgeber

Bundesministerium
für Bildung und Forschung (BMBF)
Referat Nachhaltiges Wirtschaften; Bioökonomie
11055 Berlin

Diese Publikation wird als Fachinformation des Bundesministeriums für Bildung und Forschung kostenlos herausgegeben. Sie ist nicht zum Verkauf bestimmt und darf nicht zur Wahlwerbung politischer Parteien oder Gruppen eingesetzt werden.

Bestellungen

schriftlich an
Publikationsversand der Bundesregierung
Postfach 48 10 09
18132 Rostock
E-Mail: publikationen@bundesregierung.de
Internet: bmbf.de
oder per
Tel.: 030 18 272 272 1
Fax: 030 18 10 272 272 1

Stand

Mai 2024

Text

Informationsplattform bioökonomie.de
c/o BIOCOM Interrelations GmbH

Koordinierungsstelle „Agrarsysteme der Zukunft“
sowie die acht Forschungskonsortien von
„Agrarsysteme der Zukunft“

Gestaltung

BIOCOM Interrelations GmbH

Bildnachweise

Titel: Rupert Oberhäuser/EGLV
S.2: BIOCOM Interrelations GmbH/bioökonomie.de
S.4: oben: Zoltan Ferenczi, unten: Hochschule Weihenstephan
Triesdorf/Sabine Wittmann
S.6: oben: Zoltan Ferenczi; unten: CUBES Circle (2x)
S.7: Christian Ulrichs
S.8: oben: Hendrik Schneider/ZALF; unten: IHP 2023/Stefan
Weidling
S.9: DAKIS
S.10: oben: BIOCOM; unten links: Marco Donat/ZALF; unten
rechts: Jasper Mohr/Universität Bonn
S.11: BIOCOM
S.12: oben: Mobima; unten: Budde Industrie Design GmbH
S.14: oben: ATH Hohenheim; unten links: Mobima; unten
rechts: Budde Industrie Design GmbH
S.15: Mobima
S.16: oben: stevens [+] maltry; unten: Leibniz-Institut für Agrar-
technik und Bioökonomie (ATB)/Manuel Gutjahr
S.18: oben: Leibniz-Institut für Gemüse und Zierpflanzenbau
(IGZ)/stevens [+] maltry; unten links: Deutsches Institut für
Ernährungsforschung (DIfE)/Carolin Schrandt; unten rechts:
Leibniz-Institut für Gemüse- und Zierpflanzenbau (IGZ)/Maria
Fitzner
S.19: Leibniz-Institut für Gemüse und Zierpflanzenbau (IGZ)/
Julia Vogt
S.20: oben: Juliane Horn; unten: GreenGrass
S.22: oben und unten links: Juliane Horn; unten rechts: GreenGrass
S.23: Juliane Horn
S.24: oben: BMEL/Phototek; unten: Universität Hohenheim/
NOcsPS-Projekt
S.26: oben: Universität Hohenheim/Corinna Schmid; unten:
Universität Hohenheim/NOcsPS-Projekt (2x)

S.27: Universität Hohenheim S.28: oben: IfaS/Jens Frank; unten:
RUN
S.30: oben: RUN; unten links: Yvonne Zahumensky; unten rechts:
RUN
S.31: Falk Weiß
S.32: oben: Marcus Greulich/ EGLV; unten: Fraunhofer UMSICHT
S.34: oben: BIOCOM; unten: Fraunhofer UMSICHT (2x)
S.35: BIOCOM
S.36: Agrarsysteme der Zukunft
S.37: Agrarsysteme der Zukunft
S.38: Agrarsysteme der Zukunft
S.40: Sketchnote Liv Merle Kantak für Agrarsysteme der Zukunft

