



ARBEITSPAPIER

Vertikale Landwirtschaft

Fallstudie im Rahmen des Projekts Evolution2Green – Transformationspfade zu einer Green Economy

Walter Kahlenborn, Valentin Tappeser (adelphi)

Stand: Januar 2018

Projektleitung

adelphi research gemeinnützige GmbH

Alt-Moabit 91
14193 Berlin

T +49 (0)30-89 000 68-0
F +49 (0)30-89 000 68-10

www.adelphi.de
office@adelphi.de

Projektpartner

Borderstep Institut für Innovation und Nachhaltigkeit gemeinnützige GmbH

Clayallee 323
14169 Berlin

T: +49 (0)30 - 306 45 1000

www.borderstep.de
info@borderstep.de

IZT - Institut für Zukunftsstudien und Technologiebewertung gemeinnützige GmbH

Schopenhauerstr. 26
14129 Berlin

T: +49 (0) 30 80 30 88-0

www.izt.de
info@izt.de

Abbildung Titel: CC BY SA 3.0 - Valcenteu

evolution2green wird gefördert vom Bundesministerium für Bildung und Forschung.



Die Fallstudie im Überblick

Steckbrief	
Titel der Fallstudie	Vertikale Landwirtschaft
Kurzbeschreibung	Vertikale Landwirtschaft (engl. vertical farming) ist ein inzwischen in zahlreichen Pilotversuchen getesteter Ansatz für landwirtschaftliche Produktion in Hochhäusern, durch den sich Städte in Zukunft selbst mit Lebensmitteln versorgen und die aus konventioneller Landwirtschaft erwachsenden Umweltprobleme weitestgehend vermieden werden könnten.
Thematische Eignung	Vertikale Landwirtschaft tangiert zahlreiche Aspekte einer Transformation zu einer Green Economy, behandelt ein komplexes Problem und hat das Potenzial zahlreiche Pfadabhängigkeiten und Lock-In Effekte industrieller Landwirtschaft zu überwinden und so zu einem Pfadwechsel im Agrarsystem beizutragen.
Geografische Bezugsebene	global
Umsetzungs- bzw. Diffusionsstadium	Nischenphase (I)
Geschwindigkeit	mittel
Transformationsstrategie (Effizienz, Konsistenz, Suffizienz)	Effizienz/Konsistenz
Wichtigste Erfolgsfaktoren	<p>Existierender Problemdruck visionärer Charakter der Idee.</p> <p>Zahlreiche Change-Agents, die wichtige Promotorrollen in experimentellen Nischen zur Förderung der Innovation einnehmen.</p> <p>Urbane Veränderungskultur und zunehmende Institutionalisierung.</p>
Relevanteste Pfadabhängigkeiten und Hindernisse	Hindernisse, die für eine Transformation konventioneller Landwirtschaft gelten, sind weniger stark vorhanden da es sich um weitgehend autarke Systeme handelt. Gleichzeitig stellen die starke Subventionierung konventioneller Landwirtschaft, bestehende landwirtschaftliche und urbane Infrastrukturen, aber auch Regularien im Bereich des Baurechts und zur Raumnutzung in Städten potentielle Pfadabhängigkeiten dar.

Inhaltsverzeichnis

Die Fallstudie im Überblick	II
Abkürzungsverzeichnis	IV
1 Ziel und Methodik	5
2 Auswahl der Fallstudie	6
3 Vertikale Landwirtschaft	7
3.1 Problemdruck und disruptive Lösungsidee	7
3.2 Change Agents und deren Rolle als Promotoren im Prozess	8
3.3 Entwicklung des Veränderungsprozesses	11
3.4 Tabellarische Zusammenfassung	11
4 Fazit	16
Literaturverzeichnis	18

Abkürzungsverzeichnis

BMUB	Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorschutz
BMBF	Bundesministerium für Bildung und Forschung
E2G	Evolution2Green
IZT	Institut für Zukunftsstudien und Technikfolgenabschätzung
MoC	Models of Change
AP	Arbeitspaket
AVF	Association for Vertical Farming

1 Ziel und Methodik

Das Projekt Evolution2Green wird von adelphi gemeinsam mit dem Institut für Zukunftsstudien und Technologiebewertung und dem Borderstep Institut durchgeführt. Gefördert vom Bundesministerium für Bildung und Forschung thematisiert das Vorhaben Transformationspfade hin zu einer Green Economy und die Gestaltung von Pfadwechseln.

Im dritten Arbeitspaket des Projektes erfolgt die Erstellung von 20 bis 25 Fallstudien erfolgreicher, bzw. potentiell erfolgreicher Transformationsprozesse. Zentrale Zielstellung ist die Identifikation von Erfolgsfaktoren für eine Transformation zu einer Green Economy und die Herausarbeitung lösungsorientierter Handlungs- und Steuerungsansätze. Betrachtet werden Beispiele in den Transformationsfeldern Mobilität, Wärmeenergie und Rohstoffe, sowie übergreifende Fälle von besonderer Relevanz¹. Die Erstellung und Analyse der Fallstudien erfolgt nach dem Models of Change (MoC) Ansatz (Kristof 2010), der im Rahmen des ersten Arbeitspakets dieses Vorhabens projektspezifisch operationalisiert und um Perspektiven aus der Politik- und Wirtschaftswissenschaft, mit besonderem Fokus auf die Multilevel Perspektive (Geels 2002, 2011; Wissenschaftlicher Beirat der Bundesregierung Globale Umweltveränderungen (WBGU) 2011) erweitert wurde (Kahlenborn et al. 2016).

Basis der Fallstudien sind neben Vorarbeiten der drei Institute in den jeweiligen Feldern umfangreiche Analysen der Literatur und der verfügbaren Internetquellen. In einzelnen Fällen erweitern Experteninterviews die Datengrundlage.

Primäres Ergebnis je Transformationsbeispiel ist eine Beschreibung der zentralen Erfolgsfaktoren entlang der MoC-spezifischen Analysekatoren Akteure und ihre Qualifikationen (1), Veränderungsidee und Lösungsvorschläge (2), Zeitaspekte (3) und Veränderungsprozesse (4) vor dem Hintergrund fallspezifischer Landschaftsmerkmale und Rahmenbedingungen, wobei nur die relevantesten Faktoren im Text behandelt werden.

Das vorliegende Papier stellt die Fallstudie zu Vertikaler Landwirtschaft vor. Kapitel 2 Erläutert dabei zunächst die Auswahl der Fallstudie anhand definierter Kriterien. Kapitel 3 beinhaltet die eigentliche Studie, inklusive tabellarischer Zusammenfassung. In Kapitel 4 wird ein Fazit gezogen und eine Bewertung der Relevanz des Falls für die Transformation hin zu einer Green Economy in Deutschland vorgenommen.

¹ Die Auswahl der Fallstudien erfolgte anhand von Auswahlkriterien, die in einem separaten Operationalisierungspapier entwickelt wurden. Sie umfassen unter anderem: Praktikabilität, Thematische Eignung, Diversifizierung, Disruptiver Prozess, Erfolg im Lock-out des alten Pfades, Relevanz im deutschen Kontext, Veränderung des Regimes, Nachvollziehbarkeit der Akteurs- Konstellationen, Komplexität und Breitenwirksamkeit

2 Auswahl der Fallstudie

Urbane Landwirtschaft ist ein Oberbegriff für Formen der Lebensmittelproduktion in städtischen Ballungsgebieten (Stierand 2014). Das Konzept umfasst eine Reihe von Formen der Tierhaltung sowie des Acker- und Gartenbaus, und ist nicht an juristische Kategorien oder Profitorientierung gebunden. Dementsprechend werden unter urbaner Landwirtschaft so unterschiedliche Konzepte wie urbaner Gartenbau, guerilla gardening, solidarische oder peri-urbane Landwirtschaft sowie vertikale Landwirtschaft, also die Produktion pflanzlicher und tierischer Erzeugnisse in mehrstöckigen Häusern/Hallen urbaner Ballungszentren, verstanden (Despommier 2009). Vor allem der letztgenannte Begriff wird als eine hoffnungsvolle Zukunftstechnologie bezeichnet, die signifikant zur Beschleunigung der Agrar-, Energie-, und Rohstoffwende beitragen kann (Despommier 2011).

Der transformative Charakter vertikaler Landwirtschaft und verbundener Technologien wird im folgenden Analysekapitel genauer beleuchtet. Das Beispiel vertikale Landwirtschaft ist **praktikabel**, weil es einen präzisen Veränderungsprozess beschreibt, der auch im Rahmen einer knappen Fallstudie dargestellt werden kann. Dennoch adressiert diese Innovation ein **komplexes Problem**, das diverse **Themen einer Transformation** zu einer Green Economy tangiert. Eine erfolgreiche Transformation hätte zur Folge, dass Städte autonomer und deutlich umweltfreundlicher Lebensmittel produzieren können und folglich **Pfadabhängigkeiten** der industriellen Landwirtschaft und **Lock-In Effekte** der urbanen Infrastruktur aufbrechen (von Borries 2012). Damit kann vertikale Landwirtschaft als potentiell **disruptive Innovation** bezeichnet werden, die den **alten Pfad** verdrängen kann. Diese Fähigkeit, Marktsegmente hin zu einer ökologischeren und weniger flächenverbrauchenden Landwirtschaft zu verändern, ist ein relevantes Element einer Green Economy. In einem stark urbanisierten und bevölkerungsreichen Land wie Deutschland mit relativ eingeschränkter Fläche sind diese Innovation und ihr Veränderungsprozess von besonderer Bedeutung (Schulz et al. 2013). Neben dem **deutschen Kontext** ist vertikale Landwirtschaft auch **global** von außerordentlicher Relevanz, um Herausforderungen von Ökologie, urbanem Leben und landwirtschaftlicher Produktion im Zeichen von Megatrends wie Urbanisierung und Klimawandel zu meistern. Zusätzlich zu ersten Ansätzen in den USA wird der Veränderungsprozess mittlerweile in zahlreichen weiteren Ländern wie China, Japan, Südkorea, Singapur oder Schweden vorangetrieben.

Vertikale Landwirtschaft ist ein Beispiel für einen Veränderungsprozess mit disruptivem Potential, der sich noch in einem relativ frühen **Umsetzungs- und Diffusionsstadium** befindet. Zwar gibt es schon konkrete Pläne für große Infrastrukturprojekte in Form von „grünen Hochhäusern“ etwa in Linköping, vollendete Projekte wie in Newark (Vyawahare 2016) und Komplettssets für die private Nutzung von vertikalen Farmen, jedoch haben diese Innovationen noch keine Breitenwirkung erlangt. Dies mag zum einen mit der relativ kurzen Zeit seit der Entwicklung zusammenhängen, es gibt aber zum anderen auch weiterhin Bedenken, etwa bezüglich der Kosten und Wirksamkeit von Beleuchtungssystemen. Daher zielt diese Fallstudie darauf ab, die Entstehung dieser Idee mit transformativem Potential zu verstehen und zu analysieren. Es wird insbesondere gefragt, inwieweit ein Problembewusstsein basierend auf bekannten Herausforderungen bestanden hat und förderlich war, und inwiefern, in welchem Zeitraum, und durch welche Kanäle Aufmerksamkeit für diese Lösungsidee erregt wurde. Zudem sind insbesondere das Verhalten von Change Agents und deren Rolle als Promotoren im Veränderungsprozess von besonderem Interesse der Betrachtung.

3 Vertikale Landwirtschaft

Das folgende Kapitel beschäftigt sich mit vertikaler Landwirtschaft als Innovation mit potentiell disruptivem und transformativem Charakter für ökonomische, soziale und ökologische Herausforderungen. Vertikale Landwirtschaft wird als Begriff der Zukunftstechnologie definiert, welcher sich mit der Produktion von pflanzlichen und tierischen Produkten in urbanen Räumen beschäftigt. Zwar haben Konzepte urbaner Landwirtschaft eine lange Tradition, jedoch wurde vertikale Landwirtschaft als modernes technologisches Konzept erstmals von Dickson Despommier, einem Professor der Mikrobiologie an der Columbia University, ab dem Jahr 1999 entwickelt. Seine später kritisierte, jedoch richtungsweisende Idee war es, in mehrstöckigen Hochhäusern Nutzpflanzen anzubauen, die durch Sensortechnologie hinsichtlich ihres Wachstums, Wasser- und Nährstoffbedarfs sowie der optimalen Erntezeit kontrolliert werden. Durch diese Methode könnten ganze Städte auf sehr viel geringerer Fläche versorgt werden (Despommier 2011; Germer et al. 2011). In den folgenden Kapiteln werden die zentralen Faktoren für einen potentiell disruptiven Erfolg diese Idee thematisiert. Auf Basis des Analyserasters nach MoC werden der Veränderungsprozess untersucht und zentrale Erfolgsfaktoren priorisiert dargestellt.

3.1 Problemdruck und disruptive Lösungsidee

Nach Schätzungen der Vereinten Nationen werden im Jahr 2050 etwa 66% der Weltbevölkerung oder etwa 6,5 Milliarden Menschen in städtischen Ballungsräumen leben (UN 2014). Dieses enorme urbane Bevölkerungswachstum stellt die globale Landwirtschaft vor große ökologische, ökonomische und soziale Herausforderungen. Die Frage ist, inwieweit die zusätzlich notwendigen Nahrungsmittel unter den Rahmenbedingungen von Ressourcen- und Flächenknappheit sozial verträglich und ökologisch produziert werden können.

Gemäß Despommier und mittlerweile vielen weiteren Forschern und Unternehmen, die sich mit dieser Nischenthematik beschäftigen, ist vertikale Landwirtschaft aus mehreren Gründen eine mitreißende und revolutionäre Alternative zur traditionellen Landwirtschaft, die die zukünftige Stadtbevölkerung wohnortsnah mit frischen Lebensmitteln versorgen kann (Germer et al. 2011). Erstens wird erwartet, dass vertikale Landwirtschaft die Produktivität enorm steigern kann. Durch die Möglichkeit eines ganzjährigen Betriebs unter stabilen Gewächshausbedingungen könnte die Produktion um den Faktor 4 bis 6 erhöht werden (Despommier 2009). Zudem könnten die angebauten Produkte direkt im Hochhaus oder aber standortnah vertrieben werden. Dies würde nicht nur Transportkosten sparen, sondern auch die Risiken von Verschmutzung und Gesundheitsgefährdung minimieren. Am Beispiel eines dreißigstöckigen Hochhauses mit einer Grundfläche von 2 Hektar argumentiert Despommier in einem Essay (2009), dass vertikale Landwirtschaft die Produktion von etwa 1000 Hektar landwirtschaftlichem Anbau in der traditionellen Form ersetzen könnte.

Darüber hinaus könnten unter Gewächshausbedingungen Ernteauffälle in Folge von Naturkatastrophen wie Überflutungen, Dürren, Stürmen und Waldbränden verhindert werden. Dieser Vorteil ist besonders relevant, da diese Wetterphänomene aufgrund des Klimawandels mit großer Wahrscheinlichkeit zunehmen werden (IPCC 2014). Diese Kosten durch Ernteauffälle und Zerstörung sind ein Problem der Gegenwart und Zukunft in entwickelten Staaten, aber auch in Entwicklungsländern mit oftmals sehr hohem Bevölkerungswachstum - insbesondere im urbanen Raum. Zudem könnte der signifikant reduzierte Flächenverbrauch es ermöglichen, Flächenversiegelung zu verhindern und ökologisch sensitive Regionen zu schützen. Die negativen Umwelteinflüsse von traditioneller Landwirtschaft wie etwa Pestizideinsatz, Waldrodung oder CO₂- und Methanemissionen könnten ebenfalls vermindert und deren Effekte wie etwa Desertifikation als Folge von Rodung oder der Rückgang von Biodiversität als Konsequenz des Einsatzes von Pestiziden, kontrolliert werden (Despommier 2011).

Neben weiteren positiven Effekten auf die menschliche Gesundheit und urbanes Zusammenleben werden Vorteile hinsichtlich einer nachhaltigeren Energieversorgung thematisiert, die durch eine Kombination von Technologien erreicht werden könnten. Beispielhaft könnten organische Abfälle in Methan-Biogasanlagen umgesetzt werden, um in der gemeinsamen Nutzung mit Solarenergie die benötigte Elektrizität für die vertikale Farm bereitzustellen (Gokul und Sheeja 2016). Weiterhin könnte durch Hydrokulturen, Tröpfchenbewässerung und Kreislaufwirtschaften im Zusammenspiel der verschiedenen Anbauebenen der Rohstoffbedarf erheblich gesenkt werden. Schwarz- und Grauwasser könnten aufbereitet und ohne die Nutzung der städtischen Infrastruktur sowie mit geringen Verlusten wiederverwertet werden. Analog wäre es möglich, organische Abfälle auch kompostiert und als Nährstoffträger wiederzuverwerten (z.B. Cantoria 2009). Auch ohne Kreislaufführung werden die sehr problematischen Stickstoffemissionen der Intensivlandwirtschaft und damit die massive Belastung von Grund- und Oberflächengewässern bei vertikaler Landwirtschaft durch die wesentlich präzisere Prozesssteuerung vermieden. Durch den geringen Flächenbedarf in Hochhäusern könnten viele dieser Prozesse etwa mit Hilfe von effizienten Gewächshauscomputern abgewickelt werden. Ein weiterer Forschungsbereich im Kontext der vertikalen Landwirtschaft beschäftigt sich mit der Bereitstellung von effizienten Beleuchtungstechniken für verschiedene Nutzpflanzen. Durch den Einsatz von moderner LED-Technik mit unterschiedlichen Lichtfarben und -intensitäten könnten so zum einen die Produktion erhöht und zum anderen die Kosten für Energie und Leuchtquellen deutlich verringert werden (Schubert und Zeidler 2014).

Zusammenfassend ist vertikale Landwirtschaft ein Lösungsansatz, welcher auf Herausforderungen reagiert, die durch **Urbanisierung, Klimawandel und Bevölkerungswachstum** in den nächsten Dekaden verstärkt werden. Die Zukunft der Landwirtschaft und Lebensmittelversorgung wird breitenwirksam diskutiert und vertikale Landwirtschaft ist eine Innovation, die als mögliche **Alternative zum derzeitigen System** betrachtet wird. Die Lösung ist dabei eine **klar umrissene Technologie** – eine neue Generation von Hochhäusern, die für die Produktion von landwirtschaftlichen Gütern genutzt werden soll. Die Lösungsidee ist zudem **dynamisch**, da in der Entwicklungsphase Technologien verschiedenster Disziplinen diskutiert werden. Die im Folgenden erläuterte Weiterentwicklung von der ursprünglichen Idee Despommiers zu umsetzbaren Businessplänen weist dabei klare Zeichen von Agility auf und orientiert sich in ihrer Zielsetzung an den Leitstrategien **Effizienz und Konsistenz**. Zum einen sollen die Prozesse im Sinne einer lean production und eines lean management durch Computertechnologien und Ressourceneinsparung effizient gestaltet werden, zum anderen zielt die Technologie aber auch auf eine qualitative Transformation der industriellen Stoffumsätze ab, indem nicht nur Pestizide vermieden werden, sondern auch Kreislaufmodelle gefördert werden sollen.

3.2 Change Agents und deren Rolle als Promotoren im Prozess

Für die schrittweise Etablierung vertikaler Landwirtschaft sind neben der Lösungsidee, die gesellschaftliche Herausforderungen adressiert, diverse Akteure, insbesondere explizite Promotoren des Konzepts, von außerordentlicher Bedeutung. In diesem Kontext kann zweifelsohne Dickson Despommier als zentraler Akteur für die Entwicklung des modernen Verständnisses von vertikaler Landwirtschaft bezeichnet werden (Despommier 2009; 2011). Als Professor für Mikrobiologie und Environmental Health startete er die Bewegung als ein bloßes Gedankenexperiment an der Columbia University im Jahr 1999. Die grundsätzlichen Herausforderungen, mit welchen sich sein Seminar auseinandersetzte, waren die gesundheitsschädlichen Auswirkungen von Umweltverschmutzung sowie die umweltfreundliche Versorgung urbaner Räume mit Nahrung und Wasser. Seine Studenten erarbeiteten den Vorschlag, das Potential von Dachterrassengärten in New York City zu untersuchen. Daraufhin trug Despommier seinem Seminar auf, zu errechnen, wie viel Nahrung auf den Dächern von Manhattan produziert werden könnte. Nach dem ernüchternden Ergebnis, dass lediglich

2% der Bevölkerung durch diese Form der Landwirtschaft versorgt werden könnten, erwog Despommier erstmals die Möglichkeit, auch leerstehende Gebäude für die Produktion zu nutzen. Zahlreiche Studenten griffen diesen Ansatz auf und begannen, Ideen der vertikalen Landwirtschaft weiterzuentwickeln. So konnte schon 2001 der erste Entwurf für einen urbanen, vertikalen "Bauernhof" präsentiert werden. In der Folge war Despommier auch in gewichtiger Rolle an der Verbreitung der Idee beteiligt. Vor allem zwischen 1999 und 2010 führte er zahlreiche Interviews mit Leitmedien und verfasste Grundlagenpaper für die weitere Forschung in dieser **experimentellen Nische**. Schon 2003 nahmen Vertreter von multinationalen Unternehmen wie Sony und Intel an Vorträgen Despommiers teil. Insbesondere sein populärwissenschaftliches und einführendes Buch "Vertical Farming: Feeding the World in the 21st Century" (2011) sowie sein Artikel "The Rise of Vertical Farms" in Scientific American (2009) werden vielfach referenziert. Somit erfüllte Despommier die Rolle eines facettenreichen Promotors, indem er zum einen sein Fachwissen einbringt (**Fachpromotor**) und zum anderen den Prozess mitgestaltet und Beziehungen zu weiteren Akteuren, insbesondere den Medien und der breiteren Bevölkerung, aufbaut (**Prozess- und Beziehungspromotor**). Zwar sind Despommiers Thesen der Profitabilität und Kosteneffizienz umstritten (Überblick von Kritikpunkten: Beytes 2014), dennoch hatten seine Arbeiten großen Einfluss auf weitere Change Agents und wurden etwa in der New York Times, aber auch in deutschen Zeitungen wie der FAZ aufgegriffen und erlangten dadurch zusätzliche Bekanntheit. Zudem wurden die Ergebnisse an der Columbia University durch Entwürfe von Architekten wie Chris Jacobs und Gordon Graff visualisiert.²

Landwirtschaftliche Infrastrukturprojekte, die vertikale Elemente enthalten, gibt es nicht erst seit den 2000er Jahren. Beispielsweise wurde bei Maasdorf in Sachsen-Anhalt 1969 eine mehrstöckige Stallanlage – das sogenannte "Schweinehochhaus" – zur industriellen Schweinezucht errichtet und ist bis heute in Betrieb. Ähnliche Projekte zur Stapelung von Tierhaltung werden seit 2001 von der niederländischen Firma MVRDV unter Namen wie "Pig City" oder "Pig Tower" geplant. Despommiers Ansatz war jedoch vielmehr an der Verbindung von Profitabilität mit ökologischen Kriterien wie etwa der Ressourcenschonung, Kreislaufwirtschaft und Energieeffizienz orientiert. In diesem Sinne wurde über mehrere Jahre der Delta-Park in Rotterdam von Wissenschaftlern der Universität Wageningen geplant. Dieser Komplex sollte auf mehreren Ebenen mit sehr unterschiedlichen Bedingungen, etwa hinsichtlich Licht und Klimatisierung, diverse Produkte erzeugen, darunter Gemüse, Obst, Fleisch, Fisch und Champignons. Die Abfallprodukte einer Ebene sollten für andere Ebenen verwertet werden. Beispielhaft wurde geplant, durch das ausgestoßene CO₂ von Tieren durch Belüftungen das Biomassewachstum von Nutzpflanzen zu fördern. Zwar wurde der Park aufgrund von Widerständen in der Bevölkerung nicht umgesetzt, dennoch dienten die **Denkanstöße dieses Pilotprojekts** als Grundlage für mittlerweile existierende Gebäude (z.B. Miersch 2008, Germer et al. 2011).

Seit den 2000er Jahren ist zu erkennen, dass nicht nur eine wachsende Gruppe von Wissenschaftlern aus verschiedenen Forschungsbereichen an vertikaler Landwirtschaft interessiert ist, sondern zunehmend auch Unternehmen, zivilgesellschaftliche Organisationen und öffentliche Akteure als Change Agents in diversen Promotorenrollen agieren. Beispielhaft zeigen sich Stadtentwickler und Stadtverwaltungen in Ballungsräumen wie Incheon, Dubai, New York City oder Paris, aber auch im Ballungszentrum Rhein-Ruhr oder in Berlin offen für Experimente im Bereich der urbanen und vertikalen Landwirtschaft (Despommier 2011; Born und Pölling 2014; Vyawahare 2016). Pilotprojekte werden in Kooperation von Forschungseinrichtungen mit Unternehmen wie dem Illinois Institute of Technology und der Initiative FarmedHere in Chicago oder dem Projekt "Skyfarming" der Universität Hohenheim entwickelt (Germer et al. 2011). Zudem gibt es seit 2013 eine Koalition – die Association for Vertical Farming (AVF), welche in München gegründet wurde und individuelle Unterstützer mit multinationalen Unternehmen, Start-Ups und Universitäten verbindet. Diese Organisation hat

² Für Entwürfe siehe: http://media.clemson.edu/public/restoration/iae/vfarm/student_verticalfarming.pdf

es sich zum Ziel gesetzt, Daten über die Verbreitung von vertikaler Landwirtschaft zu sammeln, die Idee breiter zu kommunizieren, und allgemein die Entwicklung und Vernetzung der Innovation voranzutreiben. AVF ist mittlerweile in mehreren Ländern aktiv.³

Diese teilweise unabhängige, teilweise koordinierte Arbeit von **Change Agents aus Wirtschaft, Zivilgesellschaft, Forschung und Politik** ermöglicht eine flexible Verbesserung der notwendigen Technologien. Zudem ist von vielen Seiten der **Wille zum Risiko und die Lust an Veränderung** erkennbar. Visionäre Investitionen in dieser frühen Entwicklungsphase der Innovation sind für die Marktreife von Produkten essentiell.

So plant das Unternehmen Plantagon im schwedischen Linköping in Kooperation mit dem lokalen Energieversorgungsunternehmen sowie der Kommunalverwaltung den Bau eines etwa 50 Meter hohen Gewächshauses. Dabei sollen die Abwärme einer Müllverbrennungs- und Biogasanlage für die Gewächshäuser genutzt und die landwirtschaftlichen Abfälle weiter verwertet werden. Mit dem ersten symbolischen Spatenstich in 2012 wurden zudem ein Center for Excellence in Urban Agriculture und Projekte im clean-tech Bereich geplant.⁴ Nach langwieriger Vorbereitungsphase sind laut Plantagon (online) alle baurechtlichen Hürden genommen. Der Bau soll im Jahr 2017 beginnen. Auf lokaler Ebene bietet Vertical Fresh Farms in Buffalo, New York, bereits Lösungen für frische Nahrungsmittel im urbanen Raum an.⁵ Darüber hinaus investieren mittlerweile diverse multinationale Unternehmen in vertikale Landwirtschaft. Dies spiegelt sich nicht nur durch die Mitgliedschaft bei Koalitionen wie der AVF wider (z.B. Microsoft, Philips, Osram), sondern auch durch konkrete Projekte. Beispielsweise adressiert Infineon mit einer neuartigen LED-Technologie einen der größten **Kritikpunkte vertikaler Farmen** – den Energieverbrauch. Durch LED-Systeme soll etwa 70% der Energie im Vergleich zu Treibhaus-Neonlampen eingespart werden. Zudem sollen die Lichtsysteme aus blauen, roten und infraroten LEDs je nach Pflanzenart individuell abgestimmt werden, um das Wachstum zu beschleunigen.⁶ Ein weiteres Projekt, welches nahezu ohne Lichtquellen arbeitet und wiederverwendete Plastikprodukte als Baustoffe verwendet, wurde in Newark auf Basis einer 30 Millionen Dollar Investition des Unternehmens AeroFarms umgesetzt (Vyawahare 2016). Gemäß Vyawahare ist es das derzeit größte, umgesetzte Projekt im Bereich der vertikalen Landwirtschaft.

Zusammengefasst ist zu erkennen, dass vertikale Landwirtschaft etwas mehr als 15 Jahre nach der Entwicklung der Idee bereits eine Reihe von **Change Agents aus Wirtschaft, Zivilgesellschaft, Wissenschaft und Politik** hinter sich versammeln konnte. Dieser Mix aus **Fach-, Prozess-, Macht- und Beziehungspromotoren** ermöglichte eine rasche und internationale Ausbreitung von Forschung und Pilotprojekten. Die Akteure orientieren sich an einer gemeinsamen **Vision** und gehen **Risiken**, etwa in Form von Investitionen, ein, um ihre Ideen in verschiedenen dezentralen Technologiesträngen zu verwirklichen. Zudem zeichnen sich die Change Agents durch **Kommunikationsstärke und Interaktionsfreude** aus. Viele Projekte beziehen Akteure aus diversen Sektoren ein und bilden **Koalitionen** zur Umsetzung. Die unterschiedlichen **Nischen** innerhalb der Forschung zu vertikaler Landwirtschaft ermöglichen es zudem, diverse Kritikpunkte an der Innovation durch technologische Lösungen etwa zur effizienteren Beleuchtung (LEDs) der Anbauflächen oder der Wiederverwertung von Abfallprodukten zur Vermeidung von Dünger zu adressieren (z.B. Beytes 2014, Jegadeesh und Verapandi 2014). Unter anderem aufgrund der bisher eingeschränkten Diffusion sind noch **keine organisierten Kontra-Koalitionen** zu erkennen, die vertikale Landwirtschaft per se ablehnen. Dennoch spielen bei der Diffusion und Umsetzung **Pfadabhängigkeiten und Lock-In Effekte** etwa im Bereich urbaner Infrastruktur und des Baurechts oder der gesetzlichen Fokussierung auf industrielle und biologischen Anbau auf dem Land eine hemmende Rolle.

³ Für weitere Informationen: <http://vertical-farming.net/>

⁴ Für weitere Informationen: <http://www.plantagon.com/about/business-concept/the-linkoping-model/>

⁵ Für weitere Informationen: <http://www.verticalfreshfarms.com/>

⁶ Für weitere Informationen: <http://www.infineon.com/cms/de/about-infineon/company/our-contribution/urbanfarming/>

3.3 Entwicklung des Veränderungsprozesses

Die Idee der vertikalen Landwirtschaft ist eine Reaktion auf globale Trends wie Bevölkerungswachstum, Urbanisierung, Klimawandel und Flächenknappheit. Despommiers Gedankenexperiment war jedoch nicht von einem klar identifizierbaren Event oder Tipping Point beeinflusst, sondern vielmehr von einem **steigenden Problembewusstsein und Lösungsdruck** durch diese globalen Trends. Das Bewusstsein, dass neue Technologien notwendig sind, um Versorgungssicherheit und bessere ökologische Bedingungen zu gewährleisten, schuf vielmehr eine Grundlage für **Nischen- und Grundlagenforschung**. Engagement und Investitionen von Unternehmen, Universitäten und Stadtverwaltungen unterstreichen diese Nachfrage nach Innovationen im Bereich der urbanen Landwirtschaft.

Das Interesse von diversen Akteuren mit so unterschiedlichen Beweggründen wie der Ökologisierung der Landwirtschaft oder der Erschließung eines neuen Marktes erklärt die relativ **rasche Abfolge von Pilot- und Umsetzungsprojekten** seit den 2000er Jahren. So führte das Scheitern von Projekten wie dem Delta-Park in Rotterdam aufgrund der mangelnden Einbindung von Stakeholdern und der Unklarheit über Auswirkungen auf Ökologie und Kostenstruktur zu **Lernprozessen** und einer rapiden Weiterentwicklung des Konzepts zu nunmehr umsetzbaren und bereits existierenden Projekten in mehreren Ländern. Die Integration von wissenschaftlichen Einrichtungen aus diversen Forschungsrichtungen wie Architektur und Agrarwissenschaft ermöglicht es zudem, diese Veränderungskultur auf eine Wissensbasis zu fundieren und in einen breiteren Kontext urbaner Landwirtschaft einzubetten (z.B. Open Agriculture Initiative des MIT⁷).

Die **Institutionalisierung von Akteursinteraktionen** ist eine weitere wichtige Komponente, um Transformationsstrategien langfristig zu stärken. Im Bereich vertikaler Landwirtschaft existieren bereits institutionalisierte Kooperationen unterschiedlicher Ausprägung. Am Beispiel der AVF kann jedoch gezeigt werden, dass die strukturierte Zusammenarbeit über die Projektebene hinaus deutlich zugenommen hat. Die AVF hat sich in kurzer Zeit von einer kleinen, in München gegründeten Interessengemeinschaft, zu einer international agierenden Organisation entwickelt, die von zahlreichen Akteuren aus Wirtschaft und Wissenschaft, sowie individuellen Promotoren unterstützt wird. Sie versucht, urbane Landwirte und Forscher zu vernetzen und hat zum Ziel Versorgungssicherheit und eine nachhaltige Entwicklung der vertikalen Landwirtschaft zu fördern. Um dies zu erreichen, veranstaltet AVF Infotage und Konferenzen zum Austausch und zur Verbreitung von Technologien, Designs und Unternehmensideen. Darüber hinaus werden Workshops organisiert, die ein gemeinsames Verständnis von vertikaler Landwirtschaft fördern sollen. Die Entwicklung und Fortschreibung eines Glossars hat zudem zum Ziel, die Industrie konsistenter zu gestalten und Innovationen zu standardisieren. Diese Bemühungen sind ein potentiell wichtiger Faktor bei der Vermarktung und Diffusion von Produkten der vertikalen Landwirtschaft. Dies ist von der Einsicht getragen, dass Innovationen nicht ausreichend sind. Vielmehr müssen die Auseinandersetzung mit Kritikern und der Austausch von Ideen im Vordergrund stehen.

3.4 Tabellarische Zusammenfassung

Der MoC-Ansatz stellt eine der grundlegenden Analyseperspektiven des E2G-Projekts dar. Diese Analyse entstand aufbauend auf den Erkenntnissen des theoriegeleiteten Inputpapers „Models of Change (MoC) als Analyseansatz“ (Kahlenborn et al., 2016). Die folgende Tabelle fasst die Ergebnisse der Fallstudie aus der Perspektive des Ansatzes zusammen.

⁷ Für weitere Informationen: <http://openag.media.mit.edu/>

Tabelle 1: Analyse nach dem MoC-Ansatz

Analysekriterien / Erfolgsfaktoren	Zusammenfassung	Relevanz
Landschaftsmerkmale und Rahmenbedingungen		
Problemlage und Wahrnehmung	<p>Bis 2050 werden laut UN 66 % von dann 13 Mrd. Menschen in urbanen Ballungsräumen leben, was den Produktivitätsdruck auf die Landwirtschaft erheblich erhöhen wird und schon bestehende Probleme, von Stickstoff und Pestizideinträgen zum Verlust der Biodiversität weiter verschärfen werden. Die Idee der vertikalen Landwirtschaft ist vor diesem Hintergrund entwickelt worden. Schon jetzt entwickeln gerade große Metropolregionen zunehmendes Interesse an dem Ansatz, was bei steigendem Bevölkerungswachstum und zunehmendem ökologischem Problemdruck voraussichtlich noch wachsen wird.</p>	sehr hoch
Pfadabhängigkeiten und Hindernisse	<p>Pfadabhängigkeiten und Hindernisse, die für eine Transformation konventioneller Landwirtschaft auf dem Feld z.B. in Richtung einer Umstellung auf ökologische Anbautechniken gelten, sind bei der vertikalen Landwirtschaft weniger stark vorhanden da es sich um weitgehend autarke Systeme handelt.</p> <p>Gleichzeitig stellen die starke Subventionierung konventioneller Landwirtschaft, bestehende landwirtschaftliche und urbane Infrastrukturen, aber auch Regularien im Bereich des Baurechts und zur Raumnutzung in Städten Pfadabhängigkeiten dar, die eine Herausforderung für vertikale Landwirtschaft darstellen.</p>	hoch
Weitere Rahmenbedingungen	Sehr divers in unterschiedlichen Weltregionen.	hoch
Erfolgsfaktoren		
Veränderungsidee		
Umsetzungslösung	Die zentrale Idee wurde von Dickson Depommiers Ende der 1990er Jahre entwickelt. Mehrstöckige Gewächshäuser sollen mithilfe modernster Technologien eine extrem Flächen- und Ressourceneffiziente Landwirtschaft ermöglichen.	sehr hoch

Strategien und Instrumentenmix	Technologisch diverse Ansätze, erste Lobbyaktivitäten durch die Association for Vertical Farming	mittel
Umgang mit Zielkonflikten	Hoher Energieverbrauch für Beheizung (je nach Standort) und Beleuchtung wird durch den Einsatz neuer Technologien (insb. effizienter LEDs) und innovative Energieversorgungskonzepte begrenzt. Für die Zukunft wird es aber entscheidend sein, bis zu welchem Grad die Zielkonflikte zwischen Energieverbrauch und Flächeneffizienz bzw. Boden- und Biodiversitätsschutz aufgelöst werden können.	sehr hoch
Transformationsprozess		
Horizontale Koordination zwischen Sektoren	Noch stark in der Nische, erste Kooperationen zwischen Wissenschaft, Zivilgesellschaft, Wirtschaft und Politik.	niedrig
Vertikale Koordination zwischen politischen Ebenen	Noch nicht wirklich erkennbar.	niedrig
Institutionalisierung	Gründung der inzwischen in mehreren Ländern aktiven Association for Vertical Farming	hoch
Nischenaktivitäten	Nischenaktivitäten und Pilotprojekte sind integraler Bestandteil des Projekts	sehr hoch
Beteiligungsprozesse	Bislang nicht relevant, in Zukunft aber sowohl in Bezug auf die Akzeptanz von Gebäuden, als auch Produkten von steigender Bedeutung.	niedrig
Co-Benefits	Neue Geschäftsmodelle für bislang nicht so umfassend in diesem Sektor tätige Unternehmen (Bauunternehmen, Produzenten von Licht- und Automatisierungstechnologien). Aus Umweltperspektive zahlreiche Synergieeffekte (Flächenverbrauchs- und Transportreduktion, Boden- und Naturschutz, gleichzeitig Erhöhung der Versorgungssicherheit durch kontrollierte Bedingungen, Unabhängigkeit von Saisonrestriktionen).	sehr hoch

Veränderungskultur und Wissensbasis	Veränderungskultur und experimentierfreudigkeit im urbanen Raum (urban farming movement etc.) befördert Entwicklung.	hoch
Reflexivität, Erfolgskontrolle und Lernprozesse im Transformationsprozess	Noch wenig etablierte Strukturen, aber forschungsgetriebene Experimente, die umfassend evaluiert werden.	hoch
Ressourcenausstattung	Mit steigendem Interesse großer Unternehmen (Philips, Microsoft, etc.) und Metropolregionen auch zunehmend kapitalintensive Projekte möglich. Bislang aber noch überschaubar.	sehr hoch
Akteure		
Change Agents/Promotoren	Zentraler Promotor ist Dickson Despommier, Professor an der Columbia University. Er hat das Konzept gemeinsam mit Studenten entwickelt und popularisiert. Über Veröffentlichungen und Vorträge vor unterschiedlichstem Publikum ist er Fach-, aber auch Prozess- und Beziehungspromotor. Weitere Change-Agents reichen von Urban-Farming-Aktivisten, bis hin zu Pionierunternehmen wie Plantagon oder Aero-farms.	sehr hoch
Akteure und Koalitionen, die für eine Transformation eintreten	Zahlreiche Forschungsinstitute und Vertreter von Stadtverwaltungen in Ballungsräumen, aber auch große Unternehmen (Philips, Microsoft, Ikea), Banken und Finanzinstitutionen (z.B. Goldman Sachs, Prudential) die sich künftige Gewinne erhoffen, unterstützen die vertikale Landwirtschaft. Mit der Association for Vertical Farming besteht auch eine organisierte Lobbygruppe.	sehr hoch
Akteure und Koalitionen, die einer Transformation skeptisch gegenüberstehen	Skeptische Akteure aus Wissenschaft und Zivilgesellschaft existieren durchaus, es hat sich jedoch noch keine organisierte Kontra-Koalition gebildet.	sehr hoch
Zeitaspekte		
Auslöser und Fensterntzung	Ein zentraler Auslöser als solches existierte nicht, allerdings entwickelte sich die Idee aus der Beschäftigung mit einer wachsenden Urban Gardening Bewegung in New York heraus.	mittel
Prozessgeschwindigkeit und -rhythmus	Die Entwicklungsgeschwindigkeit liegt im mittleren Bereich. Seit Entwicklung der Idee haben sich in recht schneller Abfolge Pilot- und Umsetzungsprojekte entwickelt, es ist aber noch keine breitere Diffusion zu beobachten.	mittel

Quelle: Eigene Darstellung.

4 Fazit

Diese Fallstudie analysiert vertikale Landwirtschaft als ein Beispiel für eine Innovation mit potentiell transformativem Charakter. Die Untersuchung basiert auf den Erkenntnissen bereits verfasster Inputpaper im Rahmen des E2G-Projekts. Erstens fußt das Paper auf dem MoC-Ansatz von Kora Kristof. Dieser wurde zum Zwecke der besseren Anwendbarkeit auf die Transformation zu einer Green Economy adaptiert und um einige Aspekte ergänzt. Zweitens wurde anhand des MoC-Ansatzes ein Analyseraster entwickelt, das es ermöglicht, Innovationen wie die vertikale Landwirtschaft auf Erfolgsfaktoren im Veränderungsprozess zu untersuchen. Dieses Raster diene insbesondere zur Erhebung und Strukturierung des Analyseprozesses. Die vorliegende Arbeit präsentiert jedoch nur diejenigen Faktoren, die für diesen speziellen Fall als ausschlaggebend für den bisherigen, erfolgreichen Veränderungsprozess erachtet werden.

Vertikale Landwirtschaft wurde aufgrund einer Reihe von Faktoren als angemessener Fall für eine Fallanalyse eingestuft. Insbesondere ist die Innovation klar definiert und dadurch in zentralen Punkten analysierbar. Zusätzlich ist vertikale Landwirtschaft eine Idee im relativ frühen Diffusions- und Umsetzungsstadium, die dennoch als Ansatz mit potentiell transformativem Charakter für den Agrarbereich und die urbane Entwicklung betrachtet wird. Aufgrund der großen ökologischen und demographischen Herausforderungen besteht ein zunehmender Problemdruck und eine Notwendigkeit innovative Lösungen für die Landwirtschaft der Zukunft zu finden. Die Fallanalyse hat ergeben, dass Faktoren in drei Bereichen die bereits positiven Entwicklungen der vertikalen Landwirtschaft begünstigen und eine weitere Diffusion und Umsetzung erleichtern.

Erstens unterstützen ein bereits existierender Problemdruck und der visionäre Charakter der Idee die Ziele der vertikalen Landwirtschaft. Mehrstöckige urbane Farmen bieten klar umrissene Alternativen zur gegenwärtigen Agrarwirtschaft. Die Grundidee besagt, dass landwirtschaftliche Produktion flächensparend, ressourcenschonend und ökologisch dort installiert werden sollte, wo Konsumenten mit kurzen Transportwegen versorgt werden können. Damit adressieren die Technologien vertikaler Landwirtschaft auch die Leitstrategien Effizienz und Konsistenz.

Zweitens wird die Innovation von zahlreichen Change Agents getragen, die wichtige Promotorenrollen in experimentellen Nischen einnehmen. Dazu gehören Individuen, Start-Ups, multinationale Unternehmen, Stadtverwaltungen, Zivilgesellschaft und Universitäten. Deren Auseinandersetzung mit Kritikpunkten und Unterstützung von Pilotprojekten liefern wertvolle Denkanstöße und waren Grundlage für die derzeitige Implementierung von weiterführenden Projekten. Die zunehmende Koalitionsbildung und Interaktion konnte als zusätzliche positive Entwicklung identifiziert werden.

Drittens können Elemente des Veränderungsprozesses als Erfolgsfaktoren identifiziert werden. Der steigende Problemdruck im Zeichen von Urbanisierung, Bevölkerungswachstum und Klimawandel hat Nischen- und Grundlagenforschung zu alternativen landwirtschaftlichen Ansätzen ermöglicht. Die daraus resultierende, relativ rasche Abfolge von Pilot- und Umsetzungsprojekten unterstützte die Verbreitung von Konzepten vertikaler Landwirtschaft. Zusätzlich wurde der Veränderungsprozess von einer generellen Veränderungskultur im urbanen Raum, Lernprozessen zur Weiterentwicklung und einer verstärkten Institutionalisierung der Akteursinteraktionen getragen.

Vertikale Landwirtschaft ist eine Innovation für die Zukunft, welche viele Erfolgsfaktoren aufweist, die einer Lösungsidee transformativen Charakter verleihen. In den nächsten Jahren muss sich zeigen, inwieweit dieses Potential eine Durchsetzung an den entsprechenden Technologie- und Agrarmärkten ermöglicht und welche Relevanz der Ansatz damit für die Transformation zu einer Green Economy in Deutschland entfaltet. Insbesondere bleibt abzuwarten, ob Technologien der vertikale Landwirtschaft Pfadabhängigkeiten durch urbane

Infrastruktur, Baurecht und die Subventionierung der traditionellen Landwirtschaft überwinden können und eine transformative Wende zu ökologischen sowie flächen- und ressourcenschonenden Anbaumethoden einleiten.

Literaturverzeichnis

- Beytes, Chris 2014. Vertical Farming: A Critic Asks Some Hard Questions. In: InsideGrower, Ausgabe September, 10-14.
- Born, Rolf; Pölling, Bernd 2014. Urbane Landwirtschaft in der Metropole Ruhr. In: B&B Agrar. Ausgabe 2/2014, 9.12.
- Cantoria, Catherine 2010. Vertical Farming; What are the advantages and disadvantages of a vertical farm, Countryfarm. Zuletzt aufgerufen am 29.09.2016: <http://www.brighthub.com/environment/science-environmental/articles/39036.aspx>.
- Despommier, Dickson 2009: Growing Skyscrapers: The Rise of Vertical Farms. In: Scientific American, Ausgabe 301:5, 60-67.
- Despommier, Dickson 2011: Vertical Farm: Feeding the World in the 21st Century. New York: Macmillan.
- IPCC 2014: Climate Change 2014. Impacts, Adaptation and Vulnerability. Cambridge und New York City: Cambridge University Press.
- Germer, Jörg; Sauerborn, Joachim et al. 2011. Skyfarming an ecological innovation to enhance global food security. In: Journal für Verbraucherschutz und Lebensmittelsicherheit. Ausgabe 6: 2, 237-251.
- Gokul, Ajay; Sheeja, P. 2016: Vertical Farming: A novel farming technology. In: International Journal of Modern Trends in Engineering and Research. Ausgabe 3: 7, 6-12.
- Jegadeesh, M; Verapandi, J 2014. An Innovative Approach on Vertical Farming Techniques. In: International Journal of Agriculture & Environmental Science. Ausgabe 1: 1.
- Matthews, Scott 2009. Case Study – Landfill Power Generation. Green Design Initiative. Carnegie Mellon University.
- McConnell, Kathryn 2008. Vertical Farms Grow Food by Growing Up, Not Out. Washington, DC: Bureau of International Information Programs. United States Department of State.
- Miersch, Michael 2008: Hoch hinaus mit dem neuen Schweinsystem. In: Wissenschaft, Welt N24. Zuletzt aufgerufen am 29.09.2016: <https://www.welt.de/wissenschaft/article2167101/Hoch-hinaus-mit-dem-neuen-Schweinesystem.html>.
- Polanyi, Karl 1944: The great transformation: The political and economic origins of our time). Boston: Beacon Press.
- Rogers, E. (1983): Diffusion of Innovation. New York: The Free Press.
- Schubert, Daniel; Zeidler, Conrad 2014. Vertical Farming. Ein Lösungsansatz für die nachhaltige Stadt von morgen. In: Sonnenenergie. Ausgabe 2/2014, 20-22.
- Schulz, K; Weith, Th; Bokelmann, W; Petzke, N. 2013. Urbane Landwirtschaft und Green Production als Teil eines nachhaltigen Landmanagements. Müncheberg: Leibniz-Zentrum für Agrarlandschaftsforschung (ZALF) e.V.
- SRU (2016): Umweltgutachten 2016: Impulse für eine integrative Umweltpolitik. Berlin: Sachverständigenrat für Umweltfragen.
- Stierand, Philipp 2014: Speiseräume: Die Ernährungswende beginnt in der Stadt. München: oekom Verlag.
- United Nations 2014: World Urbanization Prospects. 2014 Review. New York: United Nations.

Venkataraman, Bina 2008. Country, the City Version: Farms in the Sky Gain New Interest. Zuletzt aufgerufen am 29.09.2016: <http://www.nytimes.com/2008/07/15/science/15farm.html>.

Von Borries, Friedrich 2012: Zehn Thesen für die Stadt von morgen. In: Welzer, Harald; Wiegandt, Klaus (Hrsg.): Perspektiven einer nachhaltigen Entwicklung. Frankfurt am Main, Fischer Verlag.

Vyawahare, Malavika 2016. World's largest vertical farm grows without soil, sunlight or water in Newark. Guardian Online. Zuletzt aufgerufen am 29.09.2016: <https://www.theguardian.com/environment/2016/aug/14/world-largest-vertical-farm-newark-green-revolution>.