

2025

Peter Abano
MATRIKELNUMMER: 11819984

Urbane Landwirtschaft im Vergleich

Geschichte, Chancen und Risiken



universität
wien

070089 SE BA-Seminar - Das Ende der Wildnis - Biodiversität
und Globalisierung (2025S)

Inhalt

Abstract	2
Forschungsfrage und Vorwort	3
Vorwort	3
Grundlegendes: Definitionen und Formen der Landwirtschaft	4
Landwirtschaft: Ein kurzer Überblick über die Geschichte	4
„Land-“ und „Stadt-“ wirtschaft – Begrifflichkeiten, Definitionen und Unterschiede	7
Die Stadt und Stadtlandschaft	8
Herkömmliche Landwirtschaft	8
Umweltschaden durch den Modus Operandi	9
Ursprünge urbaner Landwirtschaft	11
Städtewachstum und Bevölkerungsströmungen	12
Bedeutung von Megacitys	14
Urbane Landwirtschaft/Urban Farming	15
Hydroponische Systeme	15
Vertical Farming	17
Urbane Landwirtschaft: Verbesserung des (sozialen)Klimas und Gesundheit und Umwelt	18
Urban farming: Hochentwickelte Industrie und laienhafter Anbau	20
Risiken und bedenkliche Faktoren bei urbaner Landwirtschaft	20
Urbane Landwirtschaft: Eine unerschlossene Industrie	22
Urbane Landwirtschaft mit herkömmlicher Landwirtschaft im Vergleich: Conclusio	23
Bibliographie:	25

Abstract

The following paper will examine the potential of urban farming and how it compares to traditional farming in terms of its influence on the environment, citizens and food production. As cities are already the predominant habitat of humans and will increase in scope even further in the future, urban farming could be a potential solution for climate and food security related issues. This thesis will go into the historical details of farming and urban farming to show that urban farming is a concept that has already proven itself for millennia. Then, the status quo is analyzed, and the potential of urban farming is highlighted through different future prognoses. This paper shows that urban farming, when done properly, has the potential to enhance the physical and mental health of city dwellers, is able to produce enough plants to meet local demand and can also serve as an additional economic pillar within cities. Thus, urban farming has the potential to increase the standard of living whilst being an effective tool to fight climate change.

Forschungsfrage und Vorwort

Forschungsfrage: Welche Chancen birgt urbane Landwirtschaft bezüglich der Lebensmittelproduktion und der Bevölkerung im Vergleich zur herkömmlichen Landwirtschaft?

Vorwort

Urbane Landwirtschaft wird in den kommenden Jahrzehnten, sofern den derzeitigen Prognosen zu trauen ist, eine essenzielle Rolle spielen. Im Laufe der nächsten 50 Jahre wird die Stadt zu einem der wichtigsten Biome. Schon jetzt leben die meisten Menschen in Städten. Somit stellt sich die Frage: Wenn die meisten Menschen in der Stadt leben, wäre es nicht von Vorteil auch die Lebensmittelproduktion dorthin zu verlagern, wo die Menschen sind? Die Antwort auf diese Frage lässt sich im Großen und Ganzen mit „ja“ beantworten. Allerdings ist urbaner Anbau im Moment noch für viele StädterInnen undenkbar und seine Techniken bzw. Ästhetik teils negativ konnotiert. Landwirtschaft wird von den meisten immer noch mit weiten Feldern und der „Natur“ verbunden. Dieses „klassische“ Modell ist aber aufgrund des Klimawandels, des Bevölkerungszuwachses und aufgrund der Umverteilung der Bevölkerung in Städte nur mehr schwer tragbar. Eine, im Moment, vielversprechende Lösung einige dieser Probleme bietet der urbane Anbau. Im Laufe dieser Arbeit wird daher untersucht welchen Einfluss urbaner Anbau auf Bevölkerung, Umwelt und Lebensmittelproduktion hat.

Grundlegendes: Definitionen und Formen der Landwirtschaft

Landwirtschaft: Ein kurzer Überblick über die Geschichte

Die Landwirtschaft ist ein Kernmerkmal der menschlichen Spezies. Begonnen hat der Ackerbau vor circa 11500 Jahren im Fruchtbaren Halbmond¹. Mit Beginn der Entwicklung der Agrartechnik, veränderte sich die Lebensweise der Menschen nachhaltig vom nomadischen Jäger- und Sammlertum hin zu einer sesshaften Lebensweise. Die erste effiziente Art von Landwirtschaft, die praktiziert wurde, und auch noch heute verwendet wird, war und ist die Brandrodung, bei der Flächen abgebrannt und für Landwirtschaft urbar gemacht wurden bzw. werden. Diese Technik ist schon vor ungefähr 9500 Jahren im Mesolithikum eingesetzt worden². Circa 5800 vor Christus wurde dann in Mesopotamien Bewässerungswirtschaft eingesetzt, um den heißen und wasserarmen Sommern entgegenzuwirken. So wurden Flüsse in kleine Kanäle umgeleitet, um die Felder der Bauern zu bewässern die dann sehr ertragreich produzieren konnten³.

Durch den Wegfall der Nahrungsmittelsuche blieb den Menschen mehr Zeit, um ihre Landwirtschaft zu optimieren und neue Technologien zu erfinden. So wurden ab circa 10000 v.Chr. immer mehr Tiere domestiziert und mit der Zeit zu Nutztieren „mutiert“. So konnten Menschen auf das Fleisch, die Milch und das Fell von Schweinen, Rindern oder Schafen zugreifen ohne Zeit mit der Jagd zu verbringen⁴.

Dieser vergleichsweise einfache, Zugang zu stabilen und kontinuierlichen Nahrungsmittelquellen sorgte für einen schnellen Anstieg der Populationsdichte⁵. Damit wurde auch die Entwicklung von Städten ermöglicht.

¹ Albert Sundrum, „Eine kurze Geschichte der Landwirtschaft“, in *Gemeinwohlorientierte Erzeugung von Lebensmitteln*, von Albert Sundrum (Springer Berlin Heidelberg, 2022), https://doi.org/10.1007/978-3-662-65155-1_2.

² Shaddai Heidgen u. a., „Palaeoecological Signals for Mesolithic Land Use in a Central European Landscape?“, *Journal of Quaternary Science* 37, Nr. 6 (2022): 2–4, <https://doi.org/10.1002/jqs.3422>.

³ Dale E. Potts, „The Social History of Agriculture: From the Origins to the Current Crisis“, *Agricultural History* 92, Nr. 4 (2018): 12, <https://doi.org/10.3098/ah.2018.092.4.617>.

⁴ Thomas Cucchi und Benjamin Arbuckle, „Animal domestication: from distant past to current development and issues“, *Animal Frontiers* 11, Nr. 3 (2021): 2, <https://doi.org/10.1093/af/vfab013>.

⁵ Dale E. Potts, „The Social History of Agriculture: From the Origins to the Current Crisis“, 10.

Allerdings wurde Landwirtschaft bis zur industriellen Revolution in einem, im Vergleich zur heutigen Agrarindustrie, in einem sehr „ineffizienten“ Ausmaß betrieben. Bis ins frühe 19. Jh. waren die meisten Farmen Familienbetriebe, die Subsistenzwirtschaft betrieben haben⁶. Erträge deckten den eigenen Bedarf ab und überschüssige Nahrung wurde verkauft oder musste teilweise an Eliten und Machthaber abgegeben werden.

Um die Zeit der industriellen Revolution änderte sich Landwirtschaft grundlegend. Neue Technologien und Werkstoffe erleichterten sowohl den Anbau als auch die Ernte. Besonders in Großbritannien gab es einen landwirtschaftlichen Umschwung. Dieser wird von einigen Historiker:innen als die „British Agricultural Revolution“ bezeichnet. Der Begriff selbst ist allerdings sehr umstritten⁷. Faktum ist allerdings, dass in anderen europäischen Ländern um circa 1815 rund zwei Drittel der Angestellten Menschen in der Landwirtschaft arbeiteten. In England hingegen war die Zahl der in der Landwirtschaft Arbeitenden schon um 1700 bei nur 50% und um 1850 nur mehr bei 25%. Diese Zahlen sind deswegen beträchtlich da die Bevölkerung um 1700 um die 5,2 Millionen Menschen gezählt hat und bis 1850 auf 17 Millionen angestiegen ist⁸. Ein Grund für die Effizienzsteigerung der Agrarwirtschaft in England ist die Änderung der angebauten Pflanzen, die die Expansion der der Viehwirtschaft ermöglichte. Des Weiteren war auch der Zugang zum amerikanischen Markt wichtig da er den Import von Futtermitteln und Düngemitteln ermöglichte. Dies war ein essenzieller Aspekt, der der englischen Landwirtschaft zu ihrer damaligen Effizienz verhalf.⁹ Auch die USA selbst trieben die Entwicklung der Landwirtschaft weiter. Besonders bei der Mechanisierung der landwirtschaftlichen Prozesse waren amerikanische Erfindungen maßgeblich. Vor der Mechanisierung mussten Bäuer:innen ihr Getreide mit Sensen ernten. Pro Arbeitstag konnte ein/eine Arbeiter:in bis zu 12000m² ernten. Das Getreide musste danach gedroschen werden. Mithilfe von Pferden konnten zwei bis drei Arbeiter:innen bis zu 30 Bushel (circa 1050 Liter im Volumen je nach Land/Einheit) dreschen¹⁰. In den 1830er Jahren wurde in den USA der

⁶ Richard Renneboog, *Principles of Modern Agriculture*, Principles Of 13 (Grey House Publishing, 2019), 25.

⁷ James Simpson, „European farmers and the British ‘agricultural revolution’“, in *Exceptionalism and Industrialisation*, 1. Aufl., hg. von Leandro Prados De La Escosura (Cambridge University Press, 2004), 70, <https://doi.org/10.1017/CBO9780511523830.004>.

⁸ Jeannie Whayne, Hrsg., *The Oxford Handbook of Agricultural History*, 1. Aufl. (Oxford University Press, 2024), 161, <https://doi.org/10.1093/oxfordhb/9780190924164.001.0001>.

⁹ Doherty, S. P., Alexander, M. M., Henderson, S., Newton, J., Finch, J., & Collins, M. J. (2023). Tracking the British agricultural revolution through the isotopic analysis of dated parchment. *Scientific Reports*, 13(1), 61–61. <https://doi.org/10.1038/s41598-022-26013-4>, S. 4

¹⁰ Whayne, J. (2024). The Oxford Handbook of Agricultural History. In *The Oxford Handbook of Agricultural History*. Oxford University Press, Incorporated, S.161

manuelle Windsichter erfunden der mit drei Arbeitskräften 400 bis 600 Bushel dreschen konnte¹¹. In den 1850ern wurde dann auch der Ernteprozess mithilfe einer Erntemaschine, die von Pferden angezogen wurde, mechanisiert. Diese Maschinen wurden dann auch in andere Länder exportiert. Mit der Mechanisierung änderte sich Folgendes grundlegend: Die Ernte war nicht mehr durch die Anzahl der Arbeitskräfte limitiert, sondern durch die Fläche, die zur Verfügung stand¹².

Ab der industriellen Revolution kann man von moderner Landwirtschaft sprechen die zu großen Teilen auch noch heute ähnlich funktioniert.

¹¹ Whayne, *The Oxford Handbook of Agricultural History*, 162.

¹² Whayne, *The Oxford Handbook of Agricultural History*, 162.

„Land-“ und „Stadt-“ wirtschaft – Begrifflichkeiten, Definitionen und Unterschiede

„Landwirtschaft“ wird im Duden als „planmäßiges Betreiben von Ackerbau und Viehhaltung zum Erzeugen von tierischen und pflanzlichen Produkten“ definiert¹³. Das würde bedeuten, dass Landwirtschaft eine Praktik ist, die eigentlich Orts- bzw. Biom unabhängig ist. Allerdings lässt sich das Wort trotzdem nur schwer vom imaginierten „Land“ trennen. Selbst der Begriff „Land“ hat verschiedene Bedeutungen, bei denen die Begriffe „Ager“ und „Saltus“ Abhilfe in Form einer Differenzierung schaffen können. Ager bezeichnet Land, das vom Menschen bewirtschaftet wird, während Saltus eine naturbelassene, vom Menschen unberührte Landschaft, beschreibt¹⁴. In der Imagination von Menschen, vor allem bei Städter:innen, sind sich Ager und Saltus meist recht ähnlich und auch in der Ästhetik sehr nahe aneinander. Hier stellt Ager eine gezähmte Version des Saltus dar¹⁵. Ge(land)wirtschaftet wird allerdings immer am Ager. Doch es gibt auch noch ein drittes Biom auf dem auch Landwirtschaft betrieben wurde und wird: Die Stadt. Schon seit Beginn des sesshaften Lebensstils bauten die Menschen in ihrem Lebensraum Pflanzen an und hielten Tiere. Aus kleinen Gemeinschaften wurden, sofern es die „Landwirtschaft“ und somit die Nahrungsmittelproduktion zu lies, größere Siedlungen und in weiterer Folge auch Städte. Wenn in einer Stadt „Landwirtschaft“ betrieben wird, kann dieses Gebiet als Stadtlandschaft bezeichnet werden, vor allem wenn sich diese Landschaft vom Rest des urbanen Gebiets unterscheidet. Diese Definition ist insofern für diese Arbeit wichtig, da durch diese Begriffe auch der Unterschied zwischen urban farming/urbaner Landwirtschaft und herkömmlicher Landwirtschaft definiert werden kann. Herkömmliche Landwirtschaft bezeichnet in dieser Arbeit Landwirtschaft, die am Ager stattfindet, Urban farming hingegen findet in der Stadtlandschaft oder auch in der Stadt statt. Grundsätzlich unterscheidet sich herkömmliche Landwirtschaft von urbanem Anbau nur durch den Ort/ das Biom in dem die Wirtschaft stattfindet und nicht durch ihre Techniken.

¹³ Duden, „Landwirtschaft“, Juni 8, 2025, <https://www.duden.de/rechtschreibung/Landwirtschaft>.

¹⁴ Gottfried Liedl, *Das Zeitalter des Menschen: eine Ökologieggeschichte* (Verlag Turia + Kant, 2022), 17.

¹⁵ Gottfried Liedl, *Das Zeitalter des Menschen*, 279–81.

Die Stadt und Stadtlandschaft

Der Begriff der Stadt ist sehr dehnbar und unterschiedlich und wird von verschiedenen Entitäten anders definiert. In Österreich gibt es keine verbindliche Definition einer Stadt, allerdings existieren in Österreich „Statutarstädte“. Das Gesetz definiert diese als solche: „Einer Gemeinde mit mindestens 20.000 Einwohner ist, wenn Landesinteressen hierdurch nicht gefährdet werden, auf ihren Antrag durch Landesgesetz ein eigenes Statut (Stadtrecht) zu verleihen.“¹⁶. Hier ist der Stadtbegriff an der Einwohnerzahl festgemacht. Die EU und OECD definieren eine Stadt als kleines Gebiet in dem mindestens 50000 Einwohner:innen leben¹⁷. Andere definieren Städte anhand von Annehmlichkeiten, die existieren müssen wie z.B. Transportsysteme oder auch durch Regierungsorgane. Diese Arbeit definiert die Stadt sehr pragmatisch, nämlich als ein Biom, das vom Menschen dicht besiedelt wird.

Herkömmliche Landwirtschaft

Herkömmliche Landwirtschaft ist ein Grundpfeiler der Nahrungsmittelproduktion. Hierbei wird der Boden gepflügt und die jeweiligen Pflanzen auf freien Feldern oder in Glashäusern angepflanzt. Die Pflanzen können dann, in vielen Fällen, fast vollautomatisch maschinell gesät und geerntet werden. Auch die Schädlingsbekämpfung kann großflächig von Maschinen übernommen werden. Das macht den herkömmlichen Anbau zu einem der kosten- und zeiteffizientesten Systemen. Allerdings bringt diese Anbaumethode massive Umweltbelastungen mit sich.

Einer der gravierendsten Auswirkungen auf die Umwelt ist der Treibhauseffekt. Rund 11% aller Treibhausgasemissionen entstanden 2023 durch Landwirtschaft¹⁸. Ein maßgeblicher Sektor ist dabei nicht die Produktion selbst sondern die vor- und nach Produktionsprozesse, die benötigt werden, um Landwirtschaft in der jetzigen Form zu betreiben. Diese Prozesse sind grob in Energieverbrauch, Industrie und Abfallwirtschaft einzuteilen. Der größte Anteil ist der Energieverbrauch, der in: Transport, Verarbeitung, Verpacken, Düngemittelherstellung und Energieverbrauch bei den Konsument:innen und im Verkaufssektor einzuteilen ist. Bei der

¹⁶ Republik Österreich, Bundesverfassungsgesetz, Artikel 116, §3, 1962.

¹⁷ *The EU-OECD Definition of a Functional Urban Area*, OECD Regional Development Working Papers no. 2019/11, Bd. 2019/11, OECD Regional Development Working Papers (2019), <https://doi.org/10.1787/d58cb34d-en>.

¹⁸ <https://www.statista.com/topics/10348/agriculture-emissions-worldwide/#topicOverview> (20.09.2025)

Industrie ist es die Kühlung, die benötigt wird um Produkte frisch zu halten. Zur Abfallwirtschaft zählen: Verarbeitung von Lebensmittelabfällen, Verbrennung, industrielles Abwassermanagement und das Verbraucher:innen Abwasser dazu. Circa 33% der Gesamtumweltbelastung durch Landwirtschaft ist diesen Prozessen zuzuschreiben. Seit dem Jahr 2000 ist der Ausstoß von Treibhausgasen durch vor- und nach Produktionsprozesse um 52% angestiegen¹⁹. Seit 2019 sind diese Prozesse, in manchen Ländern, für höchsten Anteil an Treibhausgasemissionen verantwortlich²⁰. Im Jahr 2022 gab es 61 Länder in der die landwirtschaftliche Logistik für mehr als 60% der gesamten Treibhausgase sorgte. Der Anstieg von Treibhausgasemissionen im Vor- und Nachproduktionssektor ist vor allem bei hochentwickelten, auf Landwirtschaft fokussierten, Regionen der Welt deutlich. Die meisten Emissionen durch Logistik wurden 2019 in China, den Vereinigten Staaten, Indien und in Russland erzeugt²¹. Abgesehen von diesen Prozessen ist die Landwirtschaft, vor allem in weniger entwickelten Regionen, durch ihren Landverbrauch und ihre Landnutzung umweltschädlich²².

Umweltschaden durch den Modus Operandi

Die Schädigung der Umwelt beginnt noch bevor die Pflanzen gepflanzt werden. Durch das Pflügen der Felder wird der Boden zunehmend verdichtet. Desto, größer das Feld, desto schwerer ist die eingesetzte Maschinerie, desto dichter wird der Boden. Der verdichtete Boden führt dazu, dass der Boden an einigen Stellen zunehmend seine porösen Eigenschaften verliert und so wasserundurchlässiger wird. An anderen Stellen, wo der Boden aufgelockert wird, führt es dazu, dass die Erde leichter vom Wind leichter abgetragen werden kann und der Boden zu wasserdurchlässig wird. Dies wiederum erhöht den Wasserbedarf da die Erde das Wasser

¹⁹ FAO. 2024. *Greenhouse gas emissions from agrifood systems – Global, regional and country trends, 2000–2022*. FAOSTAT Analytical Brief Series, No. 94. Rome.

²⁰ Francesco N. Tubiello u. a., „Pre- and Post-Production Processes Increasingly Dominate Greenhouse Gas Emissions from Agri-Food Systems“, *Earth System Science Data* 14, Nr. 4 (2022): 1795–809, <https://doi.org/10.5194/essd-14-1795-2022>.

²¹ Tubiello u.a., „Pre- and Post-Production Processes Increasingly Dominate Greenhouse Gas Emissions from Agri-Food Systems“, 1801.

²² Yasir Hanif Mir u. a., „Overview of Land Use and Land Cover Change and Its Impacts on Natural Resources“, in *Ecologically Mediated Development: Promoting Biodiversity Conservation and Food Security*, hg. von Hanuman Singh Jatav u. a. (Springer Nature, 2025), 108–16, https://doi.org/10.1007/978-981-96-2413-3_5.

schlechter speichern kann²³. Oft ist das Wasser, das versickert, mit Düngemittel, Pestiziden oder Herbiziden angereicherter damit der Ernteertrag maximiert wird. Dies führt zur Kontaminierung des Grundwassers. Diese Kontaminierung ruft starke gesundheitliche Probleme bei Menschen hervor. Der, unweigerliche Konsum von Pestiziden führt zu neurologischen Krankheiten, zu Impotenz und kann das Risiko auf Krebs erhöhen²⁴. Da 96% der Süßwasservorkommen unterirdisch sind, stellen Chemikalien die das Grundwasser verschmutzen, eine besonders große Gefahr für das Ökosystem dar²⁵. Im Vergleich zu 1990 werden heute insgesamt mehr als 57% mehr Pestizide verwendet. Zusätzlich erhöhte sich die Pestizidverwendung pro Hektar von 1,2 kg auf 1,8kg²⁶. Wie gut sich Pestizide ausbreiten, hängt von drei wichtigen Faktoren ab: Flüchtigkeit, Stabilität und wie schnell/leicht sie versickern. Pestizide verflüchtigen von selbst und lassen in der Umgebung Rückstände zurück die schädlich für Flora und Fauna sind. Die Stabilität bestimmt, wie lange sich Chemikalien trotz photochemischer, chemischer und biologischer Einwirkungen halten. Faktoren wie Sonneneinstrahlung, Wind und Wetter beeinflussen wie lange Pestizide erhalten bleiben. Verflüchtigen sich die Chemikalien nicht vollständig/werden sie nicht zur Gänze abgebaut, dann gelangen sie im Ökosystem in einen Zyklus. So sterben z.B. auch nicht intendierte Tiere und Pflanzen an den Pestiziden/Herbiziden. Diese Tiere und Pflanzen sind oft essenziell, um die Balance des Ökosystems zu halten. Auch nützliche Insekten die Schädlinge natürlich bekämpfen würden oder Pflanzen bestäuben würden sterben. Dies wiederum hat zur Folge, dass Tiere die von Insekten als Nahrungsquelle abhängig sind eine Futterquelle verlieren²⁷. Besonders verheerend sind Pestizide für aquatische Systeme da sie die dortigen Amphibien- und Insektenpopulation aus dem Gleichgewicht bringen²⁸. Abgesehen von der akuten Gefahr bergen die in der Landwirtschaft eingesetzten Chemikalien auch chronische Probleme. Durch Kontakt mit den Chemikalien werden diese in den Körper aufgenommen und gespeichert. Die Bioakkumulation führt neben akuten Vergiftungen auch zu länger wirkenden Folgen. Dazu zählen, beim Menschen: Fortpflanzungsstörungen, Diabetes, Gendefekte, neurologische

²³ Bronika Thapa und Roji Dura, „A review on tillage system and no-till agriculture and its impact on soil health“, *Archives of Agriculture and Environmental Science* 9, Nr. 3 (2024): 613, <https://doi.org/10.26832/24566632.2024.0903028>.

²⁴ Eseoghene Kupa u. a., „Groundwater quality and agricultural contamination: A multidisciplinary assessment of risk and mitigation strategies“, *World Journal of Advanced Research and Reviews* 22, Nr. 2 (2024): 1774, <https://doi.org/10.30574/wjarr.2024.22.2.1607>.

²⁵ Licon Kumar Acharya u. a., „Pesticide Contamination in Groundwater: Processes, Risks, and Mitigation Strategies“, *Discover Agriculture* 3, Nr. 1 (2025): 1, <https://doi.org/10.1007/s44279-025-00337-x>.

²⁶ Acharya u. a., „Pesticide Contamination in Groundwater“, 3.

²⁷ Anket Sharma u. a., „Worldwide Pesticide Usage and Its Impacts on Ecosystem“, *SN Applied Sciences* 1, Nr. 11 (2019): 8–11, <https://doi.org/10.1007/s42452-019-1485-1>.

²⁸ Acharya u. a., „Pesticide Contamination in Groundwater“, 11–12.

Störungen, Atmungsstörungen, Immunstörungen und ein erhöhtes Krebsrisiko²⁹. Besonders schwerwiegend ist die Gefahr durch Chemikalien, bei Bevölkerungsgruppen, die ihren Wasserbedarf aus dem Grundwasser beziehen.

Ursprünge urbaner Landwirtschaft

Vorerst eine Begriffserläuterung: In dieser Arbeit wird urbane Landwirtschaft als Landwirtschaft, die in dicht besiedelten Gebieten passiert definiert. Natürlich ist die Besiedlungsdichte in der Geschichte relativ. Deshalb wird „dicht“ in dieser Arbeit als „dicht“ relativ zur durchschnittlichen Besiedlungsdichte zur jeweiligen Zeitperiode festgelegt.

Urbane Landwirtschaft ist ein sehr altes Konzept. Dort wo Landwirtschaft florierte wuchs auch die Bevölkerungsdichte. Die Anfänge „modernen“ urbanen Landwirtschaft sind vermutlich in Indien circa 260 v.Chr. anzusiedeln. Ashoka der Große, erlies einige Erlässe, um das Stadtbild grüner zu gestalten. So ordnete er an innerhalb der Stadt Bäume zu pflanzen, um Schatten zu schaffen und Früchte zu produzieren³⁰. Des Weiteren errichtete er Gärten in denen medizinische Pflanzen angebaut wurden um Stadtbewohner:innen und Reisende bei Gesundheit zu halten. Auch in Mesopotamien waren Gärten keine Seltenheit in Städten. Primär wurden in Mesopotamien Tamarisken und Dattelbäume angepflanzt³¹. Beide produzierten wertvolle Rohstoffe: Datteln als Nahrungsmittel und das Holz der Tamarisken wurde verwendet, um Möbel und Werkzeuge herzustellen. In ägyptischen Gärten hingegen, hatte man eine große Vielfalt an Pflanzen, die man in Städten anbaute. Zum einen baute man essbare Pflanzen an wie Feigen, Datteln, Granatäpfel sowie Kräuter und medizinische Pflanzen an³². Zum anderen baute man Pflanzen an die als Rohstoffe verwendet wurden wie Papyrus oder Bäume deren Holz man als Baumaterial nutzbar waren. Vereinzelt gab es auch archäologische Funde in Städten, die zeigten, dass auch Weizen, Gerste, Wassermelonen Oliven, Äpfel und Mandeln im größeren Stil in Städten angebaut wurden. Letztere Pflanzen waren nicht einheimisch und wurden aus umliegenden Gebieten importiert. Ägyptische Gärten, wurden oft mit Tempel kombiniert und hatten eine Vielzahl von Funktionen. Sie konnten als Zoo, Ort der Ruhe oder

²⁹ Juthamas Hongoeb u. a., „Herbicide-Related Health Risks: Key Mechanisms and a Guide to Mitigation Strategies“, *Journal of Occupational Medicine and Toxicology* 20, Nr. 1 (2025): 6, <https://doi.org/10.1186/s12995-025-00448-7>.

³⁰ Ancient India's Green Philosophy: Tracing the Roots in Ashoka's Inscriptions (2019)

³¹ Sharmin Khan und Anwar Hussain, „Urban Agriculture“, in *Sustainable Urban Agriculture*, 1. Aufl., von Kheir Al-Kodmany u. a. (CRC Press, 2024), 12, <https://doi.org/10.1201/9781003359425-2>.

³² Khan und Hussain, „Urban Agriculture“, 14.

auch als Grabstätten dienen. In anderen Gärten wurde sogar Viehzucht betrieben³³. Um ertragreiches Produzieren zu ermöglichen, wurden oft Gärten und Felder an Flüssen angelegt. So konnte man mithilfe von speziellen Geräten Wasser aus den Flüssen raushebeln, um Felder und Parks zu bewässern. Bei größeren Siedlungen oder Städten wurden auch Kanäle gebaut, um das Wasser besser zu verteilen³⁴. Das heißt, dass urbane Landwirtschaft keinesfalls eine neue Erfindung ist. Urbane Landwirtschaft ist ein altes Konzept, das sich schon in der Vergangenheit bewiesen hat und auch in moderner Form vielversprechend ist.

Städtewachstum und Bevölkerungsströmungen

Städte sind ein Biom, das erst relativ spät groß geworden ist. Um 1900 lebten nur circa 15% der Weltbevölkerung in Städten. 2021 waren es schon 56% mit steigender Tendenz³⁵. Laut einer UN-Studie sollen bis 2050 68% aller Menschen in Städten leben³⁶. Die Stadt ist jetzt schon der primäre Lebensraum der Menschen. Dies bedeutet, dass die Stadt als „künstliches Biom“ definiert werden kann³⁷. Dieses Biom wächst auch in seiner Fläche, seiner ökonomischen, ökologischen und sozialen Bedeutung stetig. Zwar sind die Flächen, die die Städte einnehmen nur relativ klein im Vergleich mit anderen Biomen jedoch haben sie einen enormen ökologischen Einfluss, der nicht mit ihrer Größe korreliert. Etwa 3% der Erdoberfläche sind von Städten bedeckt, jedoch führen Städte mit ihren Systemen zu circa 80% der gesamten Treibhausgasemissionen und verbrauchen rund 75% des gesamten Energiebedarfs³⁸. Verschiebt sich die Bevölkerung laut den Prognosen so wird das Ungleichgewicht zwischen Flächenverbrauch und Umweltbelastung noch gravierender. Um Städte besser zu gestalten und verwalten kann urbane Landwirtschaft Abhilfe schaffen. Mithilfe von urbaner Landwirtschaft

³³ Alix Wilkinson, „Symbolism and Design in Ancient Egyptian Gardens“, *Garden History* 22, Nr. 1 (1994): 6, <https://doi.org/10.2307/1586999>.

³⁴ Andreas N. Angelakis u. a., „Irrigation of World Agricultural Lands: Evolution through the Millennia“, *Water* 12, Nr. 5 (2020): 9, <https://doi.org/10.3390/w12051285>.

³⁵ Vishal Chettry, „A Critical Review of Urban Sprawl Studies“, *Journal of Geovisualization and Spatial Analysis* 7, Nr. 2 (2023): 27, <https://doi.org/10.1007/s41651-023-00158-w>.

³⁶ UN-Habitat, Hrsg., *Envisaging the Future of Cities*, World Cities Report 2022 (UN-Habitat, 2022), XV.

³⁷ Stephanie Pincetl, „Cities as Novel Biomes: Recognizing Urban Ecosystem Services as Anthropogenic“, *Frontiers in Ecology and Evolution* 3 (Dezember 2015): 3, <https://doi.org/10.3389/fevo.2015.00140>.

³⁸ Cheng Zhong u. a., „Evaluating Trends, Profits, and Risks of Global Cities in Recent Urban Expansion for Advancing Sustainable Development“, *Habitat International* 138 (August 2023): 1, <https://doi.org/10.1016/j.habitatint.2023.102869>.

könnten Städte umwelttechnisch nachhaltiger agieren sowie für eine höhere Lebensqualität für die Bewohner:innen sorgen³⁹.

³⁹ Alicia Papanek u. a., „Social and Community Benefits and Limitations of Urban Agriculture: FCS3378/FY1517, 1/2023“, *EDIS* 2023, Nr. 1 (2023): 2, <https://doi.org/10.32473/edis-fy1517-2023>.

Bedeutung von Megacitys

Nehmen bereits große Städte noch größere Ausmaße an oder wachsen naheliegende Städte zusammen so kann eine Megacity entstehen. Die Definitionen von Megacitys variieren jedoch kann man von einer Megacity sprechen, wenn sie mehr als 10 Millionen Bewohner:innen mit einer hohen Dichte aufweist. Zusätzlich hat eine Megacity mehr als ein Stadtzentrum sowie mehrere soziale und/oder ökonomische Knotenpunkte, die miteinander verbunden sind⁴⁰. Ein Fokus auf Megacitys als eigenes Biom ist für die Zukunft deswegen essenziell, da Prognosen zeigen, dass die Anzahl von Städten sinken wird aber die individuellen Städte an Fläche zunehmen. Bis 2050 wird die Zahl von Städten mit mehr als 500000 Einwohner:innen steigen. Von 2050 bis 2100 sollte die Anzahl dieser, im Vergleich, kleinen Städte sinken. Ein stetiger Trend bis 2100 ist jedoch, dass die Zahl der Städte mit einer Einwohner:innenzahl von mehr als 10 Millionen stetig steigt⁴¹. Im Hinblick auf das generelle Bevölkerungswachstum in Verbindung mit den Städten bzw. Megacitywachstums müssen Lösungen gefunden werden um Nahrungsmittelsicherheit in den Städten garantieren. Hierbei ist urbane Landwirtschaft eine potenzielle Lösung, um auch große Städte resilienter gegen Nahrungsmittelknappheit zu machen und um eine höhere Lebensqualität zu gewährleisten.

⁴⁰ Daniel Safrik, *Megacities: Settings the Scene*”, Urban Issues, Bd. 2, Nr. IV (2016): 1.

⁴¹ Masanobu Kii, „Projecting Future Populations of Urban Agglomerations around the World and through the 21st Century“, *Npj Urban Sustainability* 1, Nr. 1 (2021): 3, <https://doi.org/10.1038/s42949-020-00007-5>.

Urbane Landwirtschaft/Urban Farming

Urbane Landwirtschaft ist ein sehr breites Spektrum. Zur urbanen Landwirtschaft zählen auch die Techniken der herkömmlichen Landwirtschaft dazu, solange diese in einer Stadt stattfinden. Somit wäre auch Monokultur auf weiten Feldern, wie sie heutzutage meistens üblich ist, in einer Stadt auch urban farming. Allerdings stößt die herkömmliche Monokultur auf ein großes Problem in der Stadt: Platzmangel. Fläche ist in einer Stadt extrem teuer und herkömmlicher monokultureller Anbau wäre somit in einer Stadt nicht ökonomisch durchführbar. Um dieses Problem in einer gewinngetriebenen Industrie zu lösen, werden meist andere Techniken, die weitaus weniger Platz brauchen, zur Lebensmittelherstellung, verwendet. Ein weiteres Merkmal ist, dass urbane Landwirtschaft an verschiedenen Orten in einer Stadt stattfinden kann. So findet urbane Landwirtschaft auf Dächern, an Fassaden, in Wohnhäusern oder ganz traditionell in Gärten statt.

Hydroponische Systeme

Hydroponik beschreibt den Anbau von Pflanzen ohne Erde. Um die Erde zu ersetzen werden die Wurzeln der Pflanzen in nährstoffreiches Wasser getaucht. Dieses, mit Nährstoffen angereicherte Wasser, wird dann zirkuliert. Das Wasser versiegt somit nicht der Erde und kann effizienter genutzt werden⁴². Dieser Ansatz findet auch in der Industrie Anwendung kann aber trotzdem sehr niederschwellig von Menschen, die keine landwirtschaftliche Expertise besitzen, verwendet werden.

Ein großer Vorteil von hydroponischen Systemen ist, dass der Prozess des Anbauens optimiert werden kann, da die „Variablen“, die in normalerweise in der Natur bestehen, kontrollierbar sind. So können die Nährstoffe, die mit dem Wasser vermischt werden, genau an die Pflanze und das Wachstumsstadium, in dem sie sich befindet, angepasst werden⁴³. Auch die Belichtung im Glashaus kann mithilfe von Lampen in seiner Intensität und Leuchtdauer bestimmt werden. Diese optimalen Wachstumsbedingungen sorgen einerseits für einen höheren Ertrag und andererseits auch für eine höhere Qualität an Früchten und Pflanzen⁴⁴. Ein weiterer Aspekt ist,

⁴² Toshiki Asao, Hrsg., *Hydroponics - A Standard Methodology for Plant Biological Researches* (InTech, 2012), 11, <https://doi.org/10.5772/2215>.

⁴³ Asao, *Hydroponics - A Standard Methodology for Plant Biological Researches*, 13–15.

⁴⁴ Seerat Jan u. a., „Hydroponics – A Review“, *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences* 9, Nr. 8 (2020): 1781, <https://doi.org/10.20546/ijcmas.2020.908.206>.

dass Pflanzen in Gebieten angebaut werden können, in denen der Boden entweder unfruchtbar ist oder verschmutzt ist. Hydroponische Systeme sind nicht von der Erde abhängig. Zusätzlich kann das verwendete Wasser ständig kontrolliert und gemessen werden und somit ist es leichter Verschmutzungen vorzubeugen⁴⁵. Somit kann man zum Verzehr geeignete Pflanzen selbst in stark verschmutzten Gebieten anbauen.

Dadurch dass sich die Pflanzen in einem geschlossenen System befinden, sind sie auch weniger anfällig gegen Schädlinge oder Krankheiten und müssen nicht mit Pestiziden oder Herbiziden behandelt werden. So fallen die geernteten Produkte fast immer unter den „Bio“-Schirm⁴⁶. Dies hat auch zur Folge, dass hydroponischer Anbau die Umwelt nicht mit Bioziden belastet bzw. verwendete Biozide nicht ins Ökosystem gelangen⁴⁷.

Ein maßgeblicher Vorteil von hydroponischen Systemen im Gegensatz zur herkömmlichen Landwirtschaft hat, ist der Wasser- und Platzverbrauch. Grundsätzlich verbrauchen hydroponische Systeme bis zu 10-mal weniger Platz und bis zu 11-mal weniger Wasser⁴⁸. Laut Herstellern von industriellen Systemen verbrauchen moderne hydroponische Systeme bis zu: 98% weniger Wasser und bis zu 99% weniger Platz⁴⁹. Um diese Zahlen zu erreichen wird hydroponischer Anbau oft mit vertikalem Anbau kombiniert.

⁴⁵ Shlomo Sela Saldinger u. a., „Hydroponic Agriculture and Microbial Safety of Vegetables: Promises, Challenges, and Solutions“, *Horticulturae* 9, Nr. 1 (2023): 6–7, <https://doi.org/10.3390/horticulturae9010051>.

⁴⁶ Howard M. Resh, *Hydroponics for the Home Grower*, 0 Aufl. (CRC Press, 2015), xx, <https://doi.org/10.1201/b18069>.

⁴⁷ Jan u. a., „Hydroponics – A Review“, 1783.

⁴⁸ Shuyao Wang u. a., „Review of Current Hydroponic Food Production Practices and the Potential Role of Bioelectrochemical Systems“, *Reviews in Environmental Science and Bio/Technology* 23, Nr. 3 (2024): 898, <https://doi.org/10.1007/s11157-024-09699-y>.

⁴⁹ Eden Green, <https://www.edengreen.com/blog-collection/hydroponics-vs-traditional-farming> (09.06.2025)

Vertical Farming

Letztere Statistiken können durch vertikalen Anbau erzielt werden. Vertikaler Anbau beschreibt ein gestaffeltes Anbausystem. So werden Pflanzen nicht nebeneinander, sondern übereinander angebaut. Diese Anbaumethode führt, im Vergleich zur herkömmlichen Landwirtschaft, zu extrem hohen Ertrag pro Quadratmeter⁵⁰. Um das zu bewerkstelligen, müssen die Pflanzen in einem geschlossenen System angebaut werden, in dem auch das zuvor beschriebene hydroponische System zum Einsatz kommt,⁵¹.

Ein großer Nachteil, der bei vertikalem Anbau entsteht, ist die Abhängigkeit von künstlicher Belichtung. Dadurch dass Pflanzen übereinandergestapelt werden, entsteht Schatten. Dieser Schatten führt dazu, dass das Glashaus in dem angebaut wird, künstlich belichtet werden muss damit Pflanzen ausreichend Licht haben, um Photosynthese zu betreiben. Dazu kommt auch, dass das Klima innerhalb des Glashauses genau kontrolliert und angepasst werden muss, um optimale Wachstumsbedingungen sicherzustellen. Das führt dazu, dass der Energieverbrauch, im Vergleich mit normalen hydroponischen Systemen und herkömmlicher Landwirtschaft, extrem hoch ist⁵². Deshalb rentieren sich nur „teure“ Pflanzen (z.B. Erdbeeren, Blaubeeren, Kräuter, Tomaten etc.) für den vertikalen Anbau. Getreide wie Weizen, Reis oder Sojabohnen könnten, in der Theorie, auch angebaut werden allerdings ist das, zurzeit in der diese Arbeit verfasst wird, nicht rentabel genug bzw. kann ökonomisch mit herkömmlicher Landwirtschaft nicht mithalten⁵³. Sollten Energie Preise sinken bzw. Wasserpreise steigen so ist vertikaler Anbau extrem ertragreich.

⁵⁰ Giuseppina Pennisi u. a., „Vertical Farming: Productivity, Environmental Impact, and Resource Use. A Review“, *Agronomy for Sustainable Development* 45, Nr. 5 (2025): 3–4, <https://doi.org/10.1007/s13593-025-01055-w>.

⁵¹ Yongran Ji u. a., „Vertical Farming“, *Current Biology* 33, Nr. 11 (2023): R471–73, <https://doi.org/10.1016/j.cub.2023.02.010>.

⁵² Pennisi u. a., „Vertical Farming“, 4–5.

⁵³ Samuel J Lovat u. a., „Vertical Farming Limitations and Potential Demonstrated by Back-of-the-Envelope Calculations“, *Plant Physiology* 198, Nr. 3 (2025): 2, <https://doi.org/10.1093/plphys/kiaf056>.

Urbane Landwirtschaft: Verbesserung des (sozialen)Klimas und Gesundheit und Umwelt

In den vorherigen Sektionen wurde urbane Landwirtschaft vor allem aus ökonomischer Sicht analysiert. Jedoch hat urbane Landwirtschaft auch außerhalb der produzierten Güter einen (sozialen) Nutzen. Urbane Landwirtschaft ist nicht auf industrielle Applikationen limitiert. Trotzdem können dieselben Techniken, die in der Industrie Anwendung finden, ein sehr niederschwelliges und einfaches Design haben. So können Bewohner:innen ohne Expertise in der Landwirtschaft, industrie-ähnliches urban farming betreiben. Abgesehen davon wird auch oft auf herkömmliche landwirtschaftliche Techniken zurückgegriffen da Effizienzdruck und Produktionsvolumen außerhalb der Industrie meist in den Hintergrund rücken.

Wie bei der industriellen hydroponischen Produktion auch, kann urbane Landwirtschaft auch in (Wohn-)Gebäuden selbst betrieben werden. Dazu eignen sich hydroponische Systeme hervorragend, da sie platzsparend sind. Mit nur zwei Kübeln, Substrat und Samen kann dasselbe Prinzip der Bewässerung das in der Industrie verwendet wird, kostengünstig nachgeahmt werden⁵⁴. Das gleiche System kann auch einfach, mit Materialien, die in einem Baumarkt erhältlich sind in seiner Größe, je nach Belieben oder Bedarf skaliert werden⁵⁵. Dazu werden lediglich PVC-Röhren und Wasserpumpen benötigt. Urbaner Anbau hat, neben den Produkten, die produziert werden, auch eine bedeutende soziale, gesundheitliche und ökonomische Wirkung. Studien zeigen, dass die Bevölkerung, die in urbaner Landwirtschaft involviert ist, mehr Obst und Gemüse konsumiert. Kinder, die urbane Landwirtschaft betreiben sind physisch fitter und weisen eine höhere Bereitschaft auf neue Lebensmittel, die sie selbst hergestellt haben, auszuprobieren⁵⁶. Des Weiteren führt der eigene Anbau dazu, dass sich Menschen durch ihre eigene Landwirtschaft Zugang zu andernfalls nicht leistbaren Lebensmitteln verschaffen können. Ein weiterer Effekt ist, dass Menschen, die in einem Gebiet in dem gelandwirtschaftet wird, leben, resilienter gegen äußere Faktoren wie z.B. Umweltkatastrophen sind⁵⁷. Außerdem sorgt urbaner Anbau auch dafür, dass Städte ein besseres Mikroklima haben, beziehungsweise dem Klimawandel besser widerstehen können⁵⁸.

⁵⁴ Resh, *Hydroponics for the Home Grower*, 74.

⁵⁵ Resh, *Hydroponics for the Home Grower*, 98.

⁵⁶ Papanek u. a., „Social and Community Benefits and Limitations of Urban Agriculture“, 2.

⁵⁷ Yanxin Liu u. a., „Enhancing Post-Disaster Food Security Through Urban Agriculture in the Context of Climate Change“, *Land* 14, Nr. 4 (2025): 2, <https://doi.org/10.3390/land14040799>.

⁵⁸ James Kwame Mensah, „Urban Agriculture, Local Economic Development and Climate Change: Conceptual Linkages“, *International Journal of Urban Sustainable Development* 15, Nr. 1 (2023): 2, <https://doi.org/10.1080/19463138.2023.2207523>.

Städte zeichnen sich fast immer durch großflächige Bodenversiegelung aus. Die Materialien, die für die Konstruktion von Straßen und Gebäuden verwendet werden, führen dazu, dass Hitze in Stadtgebieten länger und besser gespeichert wird. Im Vergleich zu anliegenden ländlicheren Regionen ist die Lufttemperatur in Städten höher. Besonders auffällig ist dies bei Nacht, denn während die Temperatur in den umliegenden Gebieten sinkt, bleibt die Temperatur in der Stadt relativ gesehen konstant. Dieser Effekt wird als der „heat island“ Effekt bezeichnet⁵⁹. Der Effekt wirkt sich negativ auf die Gesundheit der Stadtbewohner:innen aus. Studien zeigen einen starken Zusammenhang zwischen erhöhten Temperaturen und einer geringeren Lebenserwartung⁶⁰. Urbane Landwirtschaft kann Abhilfe bei den zuvor genannten Problemen schaffen. Die angebauten Pflanzen reduzieren den heat island Effekt und sparen so auch Energie, die andernfalls in die künstliche Kühlung der Innenräume fließen würde⁶¹. Ein weiterer Aspekt der angebauten Pflanzen ist, dass sie Städten Schutz vor Überflutung bieten und Überflutungen mindern und dadurch Bodenerosion sowie Sachschäden minimieren⁶².

Studien zeigen auch, dass das Betreiben von Landwirtschaft in einer Gemeinschaft zu stärkerer sozialer Kohäsion führt. Menschen, die in Städten urban farming praktizierten, erfuhren mehr persönliches Wachstum und fühlten sich glücklicher durch den sozialen Rückhalt, den sie durch die Landwirtschaft bekamen⁶³. Studien zeigen auch, dass die physische Gesundheit, besonders von älteren Menschen, davon profitierte urbane Landwirtschaft selbst zu betreiben⁶⁴.

Ein weiterer beobachtbarer Effekt von urbaner Landwirtschaft ist, dass sie dazu beiträgt, dass die Stadt lebenswerter wird und der Bevölkerung mehr Jobchancen bieten kann⁶⁵.

⁵⁹ Francesco Musco, Hrsg., *Counteracting Urban Heat Island Effects in a Global Climate Change Scenario* (Springer International Publishing, 2016), xlviii, <https://doi.org/10.1007/978-3-319-10425-6>.

⁶⁰ Sharon L Harlan und Darren M Ruddell, „Climate Change and Health in Cities: Impacts of Heat and Air Pollution and Potential Co-Benefits from Mitigation and Adaptation“, *Current Opinion in Environmental Sustainability* 3, Nr. 3 (2011): 128, <https://doi.org/10.1016/j.cosust.2011.01.001>.

⁶¹ Gizaw Ebissa u. a., „Urban Agriculture and Environmental Sustainability“, *Environment, Development and Sustainability* 26, Nr. 6 (2024): 14587–88, <https://doi.org/10.1007/s10668-023-03208-x>.

⁶² Ebissa u. a., „Urban Agriculture and Environmental Sustainability“, 14588.

⁶³ Guillermo Cano-Verdugo u. a., „Impact of Urban Farming on Health: A Systematic Review“, *Journal of Public Health* 46, Nr. 3 (2024): e506, <https://doi.org/10.1093/pubmed/fdae056>.

⁶⁴ Guillermo Cano-Verdugo u. a., „Impact of Urban Farming on Health: A Systematic Review“, *Journal of Public Health* 46, Nr. 3 (2024): e507, <https://doi.org/10.1093/pubmed/fdae056>.

⁶⁵ S. Akbarnezhad Nesheli und A. Temeljotov Salaj, „Urban Farming for Social Benefit“, *IFAC-PapersOnLine* 58, Nr. 3 (2024): 353, <https://doi.org/10.1016/j.ifacol.2024.07.176>.

Urban farming: Hochentwickelte Industrie und laienhafter Anbau

Urban farming ist im Moment nicht weit verbreitet. Allerdings ist urban farming, zumindest in der Theorie, effizient genug um die Bewohnerinnen einer Stadt mit Gemüse, Obst oder anderen Pflanzen zu versorgen. Studien zeigen, dass urban farming die Selbstsuffizienz von Bürger:innen drastisch erhöhen kann. Eine Studie, die in Adelaide in Australien durchgeführt wurde, zeigt, dass 72% des Gesamtgemüsebedarfs durch eigenen Anbau gedeckt werden könnte,⁶⁶. Eine Studie in Berlin zeigt, dass 82% des Gesamtgemüsebedarfs nur durch traditionellen Anbau in einer Stadt gedeckt werden könnte⁶⁷. Zwar sind die zwei zuvor genannten Orte in sehr entwickelten Gebieten, jedoch ist urban farming auch in weniger entwickelten Gebieten, zumindest was die Lebensmittelversorgung angeht (also nicht gewinnbringend) rentabel. Eine Studie, die im ärmsten Slum von Kairo durchgeführt wurde, beweist, dass urban farming auch mit minimalem Equipment durchgeführt werden kann. Die produzierten Früchte bzw. das produzierte Gemüse zeichnete sich, im Vergleich zu nicht hydroponisch angebauten Produkten, als für den Verzehr geeignet aus⁶⁸. Dies ist besonders erwähnenswert da in unterentwickelten Gebieten der Boden oft durch Schwermetalle oder andere Chemikalien verunreinigt ist.

Risiken und bedenkliche Faktoren bei urbaner Landwirtschaft

Urbane Landwirtschaft, birgt auch Risiken. Manche Techniken wie z.B. hydroponische Systeme brauchen Expertise die Laien oft nicht mitbringen. Herkömmlicher Anbau hingegen ist relativ unbedenklich da die meisten Menschen genug Wissen besitzen Pflanzen auf herkömmlichen Wegen anzubauen. Bei der industriellen Anwendung sind Expert:innen teurer als Saisonarbeiter:innen in der herkömmlichen Landwirtschaft.

Eine Gefahr bei urbanem Anbau besteht durch die Umweltverschmutzung. Der Boden in Städten ist durch den Verkehr, die Menschendichte und aufgrund unzureichender Abfallwirtschaft oft durch Schwermetalle oder andere giftige Stoffe belastet. Diese Stoffe können sich in den produzierten Lebensmitteln festsetzen und so in die Nahrungskette der

⁶⁶ I. V. Hume u. a., „Self-sufficiency through urban agriculture: Nice idea or plausible reality?“, *Sustainable Cities and Society* 68 (Mai 2021): 11, <https://doi.org/10.1016/j.scs.2021.102770>.

⁶⁷ Marion De Simone u. a., „A Large Share of Berlin’s Vegetable Consumption Can Be Produced within the City“, *Sustainable Cities and Society* 91 (April 2023): 8, <https://doi.org/10.1016/j.scs.2022.104362>.

⁶⁸ A. Giro u. a., „Vegetable Production Using a Simplified Hydroponics System inside City of Dead (Cairo)“, *Advances in Horticultural Science* 30, Nr. 1 (2016): 28, <https://doi.org/10.13128/ahs-18698>.

Menschen gelangen, falls die Systeme nicht ausreichend kontrolliert werden⁶⁹. Dies ist bedenklich da es, zum Zeitpunkt des Verfassens dieser Arbeit, in den meisten Städten, keine oder zu wenige Richtlinien für sicheren Anbau gibt.

Eine weitere Gefahr, die bei hydroponischem Anbau eine Rolle spielt, ist die der Kontamination. Zwar ist hydroponischer Anbau durch seine „Erdlosigkeit“ weniger anfällig gegen Verschmutzung, die im Boden vorkommen würde, jedoch sind hydroponische Systeme anfälliger gegen Mikroben oder andere wasserbasierte Organismen. Dadurch dass die Nährstofflösung konstant zirkuliert wird, ist auch die Ausbreitung wasserbasierter Organismen schneller als bei herkömmlichen Anbaumethoden⁷⁰. Bei High-Tech-Anlagen die durchgehend von Menschen und Maschinen kontrolliert werden ist dies ein relativ kleines Problem. Allerdings können solche Probleme bei Low-Tech-Anlagen die von Laien betrieben werden, sehr schwer diagnostiziert und bekämpft werden. Hier schließt auch ein weiteres Problem an: Know-how. Zwar sind die Grundlagen des hydroponischen Anbaus nicht überaus komplex, jedoch bedarf es trotzdem mehr Expertise bzw. ist das Wissen in der Bevölkerung im Moment noch spärlich im Vergleich zum Wissen über herkömmlichen Anbau.

Ein Problem, das vor allem bei High-Tech-Anlagen insbesondere bei vertikalem Anbau besteht, ist die der Energieversorgung. Pflanzen die im vertikalen Anbau wachsen sind von der künstlichen Belichtung abhängig⁷¹. Fällt diese Belichtung oder auch die Wasserpumpen aus so ist die gesamte Ernte in Gefahr. In den meisten industriell geführten Anlagen ist die Energieversorgung mit hoher Wahrscheinlichkeit gewährleistet. Beim Laien-anbau wäre die Energiesicherheit eine Komponente, die in Betracht gezogen werden müsste und zusätzliche Investition darstellt.

⁶⁹ Godswill Ntsomboh Ntsefong, „The Rise of Urban Agriculture and Its Implications for Food Systems“, in *Worldwide Megatrends in Food Safety and Food Security [Working Title]* (IntechOpen, 2025), 2–3, <https://doi.org/10.5772/intechopen.1005284>.

⁷⁰ Shlomo Sela Saldinger u. a., „Hydroponic Agriculture and Microbial Safety of Vegetables: Promises, Challenges, and Solutions“, *Horticulturae* 9, Nr. 1 (2023): 7, <https://doi.org/10.3390/horticulturae9010051>.

⁷¹ Avinash Kummari, *Vertical Farming: Revolutionizing Agriculture in the Modern Era*, o. J., 1.

Urbaner Anbau: Eine unerschlossene Industrie

Urban farming und die dort angewandten Anbaumethoden zeigen sich in vielerlei Hinsicht als vielversprechendes Konzept. Urbaner Anbau würde Städten dazu verhelfen nachhaltiger zu sein, Emissionen, Biozide, Wasserverbrauch zu reduzieren und gleichzeitig qualitativ hochwertige Produkte anzubieten⁷². Trotzdem ist urbaner Anbau nicht weit verbreitet. Dies liegt an mehreren Faktoren. Eine dieser Faktoren ist die Forschung. Da moderner, industrieller, urbaner Anbau in Großstädten noch ein relativ neues Konzept ist, fehlt es im Moment noch an Forschungsergebnissen zu den ökonomischen Aspekten sowie zur ökologischen Infrastruktur, die aufgebaut werden müsste⁷³. Abgesehen davon sind die Initialkosten für industriell geführte urbane Landwirtschaft sehr hoch im Vergleich zu bestehenden, herkömmlichen Systemen. Viele der industriell hoch-effizienten System sind in der Anschaffung extrem hochpreisig, was den Einstieg in diese Industrie für viele kleinere Investoren schwierig gestaltet,⁷⁴. Im Moment ist gewinnbringender, industrieller, urbaner Anbau nur in Nischen, bei hochpreisigen Produkten (z.B. Beeren oder Microgreens) möglich. Jedoch zeigen Prognosen, dass urbaner Anbau, zukünftig aufgrund von Lebensmittelknappheit, Wasserknappheit und zunehmenden Umweltkatastrophen immer rentabler sein wird⁷⁵.

⁷² Soojin Oh und Chungui Lu, „Vertical Farming - Smart Urban Agriculture for Enhancing Resilience and Sustainability in Food Security“, *The Journal of Horticultural Science and Biotechnology* 98, Nr. 2 (2023): 7, <https://doi.org/10.1080/14620316.2022.2141666>.

⁷³ Rebecka Milestad u. a., „Sustainability Assessments of Commercial Urban Agriculture – a Scoping Review“, *Frontiers in Sustainable Food Systems* 8 (August 2024): 9–10, <https://doi.org/10.3389/fsufs.2024.1336395>.

⁷⁴ Charlotte Singer und Robin G Brumfield, *An Economic Analysis of Urban Agriculture*, o. J., 43.

⁷⁵ Milestad u. a., „Sustainability Assessments of Commercial Urban Agriculture – a Scoping Review“, 10–11.

Urbane Landwirtschaft mit herkömmlicher Landwirtschaft im Vergleich: Conclusio

Vorerst ist zu sagen, dass urbane Landwirtschaft herkömmliche Landwirtschaft nicht ersetzen wird oder werden kann. Beide werden sich auch in Zukunft ergänzen. Jedoch birgt ein signifikanter Ausbau urbaner Landwirtschaft auch einige Chancen, die die herkömmliche Landwirtschaft in dieser Form nicht bieten kann. Die wichtigste Komponente, die die urbane Landwirtschaft mit sich bringt, ist ihre Lokalität. Dadurch, dass die Produkte dort angebaut werden, wo sie auch verkauft werden, fällt ein signifikanter Teil, mit bis zu 61%, der Treibhausgasemissionen weg⁷⁶. Herkömmliche Landwirtschaft hingegen basiert auf einem Netz von Infrastruktur mit einem hohen Co2 Fußabdruck da Produkte zu den Konsument:innen transportiert werden müssen. Ein weiterer Faktor ist auch, dass viele der Techniken die in der urbanen Landwirtschaft angewandt einen geringeren Wasser-, Pestizid-, Herbizid- und Düngemittelverbrauch im Vergleich mit herkömmlichen Anbaumethoden haben⁷⁷. Dies hat zur weiteren Folge, dass urbaner Anbau generell nachhaltiger ist als der Import von Obst und Gemüse. Neben den umweltlichen Vorteilen, die der urbane Anbau mit sich bringt, besteht auch ein Vorteil für die Bürger:innen. Urbaner Anbau stärkt den sozialen Zusammenhalt, die physische und mentale Gesundheit sowie das Gesundheitsbewusstsein⁷⁸. Zusätzlich reduzieren die angebauten Pflanzen auch den heat island Effekt und somit die Temperatur in Städten. Dies hat zur weiteren Folge, dass weniger Energie in die Kühlung von Städten gesteckt werden muss⁷⁹.

Abschließend: Urban farming ist eine potenzielle, bisher vielversprechende Möglichkeit, Städte mit frischen Nahrungsmitteln zu versorgen, die Bevölkerung bei Gesundheit zu halten und für mehr Nachhaltigkeit und Lebensmittelsicherheit zu sorgen. Die weitere Verbreitung von industriellem, urbanen Anbau ist im Moment noch gering da die Kosten für die benötigten

⁷⁶ Tubiello u. a., „Pre- and Post-Production Processes Increasingly Dominate Greenhouse Gas Emissions from Agri-Food Systems“, 1801.

⁷⁷ . Lokendra Khatri u. a., „HYDROPONICS: ADVANTAGES AND CHALLENGES IN SOILLESS FARMING“, *BIG DATA IN AGRICULTURE* 6, Nr. 2 (2024): 3–4, <https://doi.org/10.26480/bda.02.2024.98.105>.

⁷⁸ Cano-Verdugo u. a., „Impact of Urban Farming on Health“, 2024, 506.

⁷⁹ Ebissa u. a., „Urban Agriculture and Environmental Sustainability“, 14587–88.

Anlagen zu hoch sind. Allerdings wird urbaner, industrieller Anbau laut Prognosen immer rentabler⁸⁰.

⁸⁰ Milestad u. a., „Sustainability Assessments of Commercial Urban Agriculture – a Scoping Review“, 10–11.

Bibliographie:

. Lokendra Khatri, Adhiraj Kunwar, und Dipak Raj Bist. „HYDROPONICS: ADVANTAGES AND CHALLENGES IN SOILLESS FARMING“. *BIG DATA IN AGRICULTURE* 6, Nr. 2 (2024): 98–105. <https://doi.org/10.26480/bda.02.2024.98.105>.

Acharya, Licon Kumar, Pradosh Kumar Paramaguru, Kailashpati Tripathi, Tanmay Kumar Bhoi, Pinki Seth, und Ajanta Birah. „Pesticide Contamination in Groundwater: Processes, Risks, and Mitigation Strategies“. *Discover Agriculture* 3, Nr. 1 (2025): 152. <https://doi.org/10.1007/s44279-025-00337-x>.

Angelakis, Andreas N., Daniele Zaccaria, Jens Krasilnikoff, u. a. „Irrigation of World Agricultural Lands: Evolution through the Millennia“. *Water* 12, Nr. 5 (2020): 1285. <https://doi.org/10.3390/w12051285>.

Asao, Toshiaki, Hrsg. *Hydroponics - A Standard Methodology for Plant Biological Researches*. InTech, 2012. <https://doi.org/10.5772/2215>.

Cano-Verdugo, Guillermo, Brianda Daniela Flores-García, Georgina Mayela Núñez-Rocha, María Natividad Ávila-Ortíz, und María Argelia Akemi Nakagoshi-Cepeda. „Impact of Urban Farming on Health: A Systematic Review“. *Journal of Public Health* 46, Nr. 3 (2024): e500–509. <https://doi.org/10.1093/pubmed/fdae056>.

Cano-Verdugo, Guillermo, Brianda Daniela Flores-García, Georgina Mayela Núñez-Rocha, María Natividad Ávila-Ortíz, und María Argelia Akemi Nakagoshi-Cepeda. „Impact of Urban Farming on Health: A Systematic Review“. *Journal of Public Health* 46, Nr. 3 (2024): e500–509. <https://doi.org/10.1093/pubmed/fdae056>.

Chetry, Vishal. „A Critical Review of Urban Sprawl Studies“. *Journal of Geovisualization and Spatial Analysis* 7, Nr. 2 (2023): 28. <https://doi.org/10.1007/s41651-023-00158-w>.

Cucchi, Thomas, und Benjamin Arbuckle. „Animal domestication: from distant past to current development and issues“. *Animal Frontiers* 11, Nr. 3 (2021): 6–9. <https://doi.org/10.1093/af/vfab013>.

Dale E. Potts. „The Social History of Agriculture: From the Origins to the Current Crisis“. *Agricultural History* 92, Nr. 4 (2018): 617. <https://doi.org/10.3098/ah.2018.092.4.617>.

Daniel Safrik. *Megacities: Settings the Scene*. Urban Issues, Bd. 2, Nr. IV (2016): 11.

De Simone, Marion, Prajal Pradhan, Jürgen P. Kropp, und Diego Rybski. „A Large Share of Berlin’s Vegetable Consumption Can Be Produced within the City“. *Sustainable Cities and Society* 91 (April 2023): 104362. <https://doi.org/10.1016/j.scs.2022.104362>.

Ebissa, Gizaw, Kumelachew Yeshitela, Hayal Desta, und Aramde Fetene. „Urban Agriculture and Environmental Sustainability“. *Environment, Development and Sustainability* 26, Nr. 6 (2024): 14583–99. <https://doi.org/10.1007/s10668-023-03208-x>.

Eseoghene Kupa, Uwaga Monica Adanma, Emmanuel Olurotimi Ogunbiyi, und Nko Okina Solomon. „Groundwater quality and agricultural contamination: A multidisciplinary assessment of risk and mitigation strategies“. *World Journal of Advanced Research and Reviews* 22, Nr. 2 (2024): 1772–84. <https://doi.org/10.30574/wjarr.2024.22.2.1607>.

Giro, A., S. Ciappellano, und A. Ferrante. „Vegetable Production Using a Simplified Hydroponics System inside City of Dead (Cairo)“. *Advances in Horticultural Science* 30, Nr. 1 (2016): 23–29. <https://doi.org/10.13128/ahs-18698>.

Harlan, Sharon L, und Darren M Ruddell. „Climate Change and Health in Cities: Impacts of Heat and Air Pollution and Potential Co-Benefits from Mitigation and Adaptation“. *Current Opinion in Environmental Sustainability* 3, Nr. 3 (2011): 126–34. <https://doi.org/10.1016/j.cosust.2011.01.001>.

Heidgen, Shaddai, Elena Marinova, Oliver Nelle, u. a. „Palaeoecological Signals for Mesolithic Land Use in a Central European Landscape?“ *Journal of Quaternary Science* 37, Nr. 6 (2022): 1164–79. <https://doi.org/10.1002/jqs.3422>.

Hongoeb, Juthamas, Tanawut Tantimongcolwat, Francis Ayimbila, Waralee Ruankham, und Kamonrat Phopin. „Herbicide-Related Health Risks: Key Mechanisms and a Guide to Mitigation Strategies“. *Journal of Occupational Medicine and Toxicology* 20, Nr. 1 (2025): 6. <https://doi.org/10.1186/s12995-025-00448-7>.

Hume, I. V., D. M. Summers, und T. R. Cavagnaro. „Self-sufficiency through urban agriculture: Nice idea or plausible reality?“ *Sustainable Cities and Society* 68 (Mai 2021): 102770. <https://doi.org/10.1016/j.scs.2021.102770>.

Jan, Seerat, Zahida Rashid, Tanveer Ahmad Ahngar, u. a. „Hydroponics – A Review“. *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences* 9, Nr. 8 (2020): 1779–87. <https://doi.org/10.20546/ijcmas.2020.908.206>.

- Ji, Yongran, Paul Kusuma, und Leo F.M. Marcelis. „Vertical Farming“. *Current Biology* 33, Nr. 11 (2023): R471–73. <https://doi.org/10.1016/j.cub.2023.02.010>.
- Khan, Sharmin, und Anwar Hussain. „Urban Agriculture“. In *Sustainable Urban Agriculture*, 1. Aufl., von Kheir Al-Kodmany, Madhav Govind, Sharmin Khan, und Chittaranjan Kole. CRC Press, 2024. <https://doi.org/10.1201/9781003359425-2>.
- Kii, Masanobu. „Projecting Future Populations of Urban Agglomerations around the World and through the 21st Century“. *Npj Urban Sustainability* 1, Nr. 1 (2021): 10. <https://doi.org/10.1038/s42949-020-00007-5>.
- Kummari, Avinash. *Vertical Farming: Revolutionizing Agriculture in the Modern Era*. o. J.
- Liedl, Gottfried. *Das Zeitalter des Menschen: eine Ökologiegeschichte*. Verlag Turia + Kant, 2022.
- Liu, Yanxin, Victoria Chanse, und Fabricio Chicca. „Enhancing Post-Disaster Food Security Through Urban Agriculture in the Context of Climate Change“. *Land* 14, Nr. 4 (2025): 799. <https://doi.org/10.3390/land14040799>.
- Lovat, Samuel J, Elad Noor, und Ron Milo. „Vertical Farming Limitations and Potential Demonstrated by Back-of-the-Envelope Calculations“. *Plant Physiology* 198, Nr. 3 (2025): kiaf056. <https://doi.org/10.1093/plphys/kiaf056>.
- Mensah, James Kwame. „Urban Agriculture, Local Economic Development and Climate Change: Conceptual Linkages“. *International Journal of Urban Sustainable Development* 15, Nr. 1 (2023): 141–51. <https://doi.org/10.1080/19463138.2023.2207523>.
- Milestad, Rebecka, Annelise de Jong, Maria J. Bustamante, Elvira Molin, Michael Martin, und Carrie Malone Friedman. „Sustainability Assessments of Commercial Urban Agriculture – a Scoping Review“. *Frontiers in Sustainable Food Systems* 8 (August 2024). <https://doi.org/10.3389/fsufs.2024.1336395>.
- Mir, Yasir Hanif, Shakeel Mir, Mumtaz A. Ganie, u. a. „Overview of Land Use and Land Cover Change and Its Impacts on Natural Resources“. In *Ecologically Mediated Development: Promoting Biodiversity Conservation and Food Security*, herausgegeben von Hanuman Singh Jatav, Vishnu D. Raiput, und Tatiana Minkina. Springer Nature, 2025. https://doi.org/10.1007/978-981-96-2413-3_5.

- Musco, Francesco, Hrsg. *Counteracting Urban Heat Island Effects in a Global Climate Change Scenario*. Springer International Publishing, 2016. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-10425-6>.
- Nesheli, S. Akbarnezhad, und A. Temeljotov Salaj. „Urban Farming for Social Benefit“. *IFAC-PapersOnLine* 58, Nr. 3 (2024): 351–56. <https://doi.org/10.1016/j.ifacol.2024.07.176>.
- Ntsomboh Ntsefong, Godswill. „The Rise of Urban Agriculture and Its Implications for Food Systems“. In *Worldwide Megatrends in Food Safety and Food Security [Working Title]*. IntechOpen, 2025. <https://doi.org/10.5772/intechopen.1005284>.
- Oh, Soojin, und Chungui Lu. „Vertical Farming - Smart Urban Agriculture for Enhancing Resilience and Sustainability in Food Security“. *The Journal of Horticultural Science and Biotechnology* 98, Nr. 2 (2023): 133–40. <https://doi.org/10.1080/14620316.2022.2141666>.
- Papanek, Alicia, Catherine G. Campbell, und Hannah Wooten. „Social and Community Benefits and Limitations of Urban Agriculture: FCS3378/FY1517, 1/2023“. *EDIS* 2023, Nr. 1 (2023). <https://doi.org/10.32473/edis-fy1517-2023>.
- Pennisi, Giuseppina, Giorgio Gianquinto, Leo F. M. Marcelis, Michael Martin, und Francesco Orsini. „Vertical Farming: Productivity, Environmental Impact, and Resource Use. A Review“. *Agronomy for Sustainable Development* 45, Nr. 5 (2025): 57. <https://doi.org/10.1007/s13593-025-01055-w>.
- Pincetl, Stephanie. „Cities as Novel Biomes: Recognizing Urban Ecosystem Services as Anthropogenic“. *Frontiers in Ecology and Evolution* 3 (Dezember 2015). <https://doi.org/10.3389/fevo.2015.00140>.
- Renneboog, Richard. *Principles of Modern Agriculture*. Principles Of 13. Grey House Publishing, 2019.
- Republik Österreich, Bundesverfassungsgesetz, Artikel 116, §3, 1962.
- Resh, Howard M. *Hydroponics for the Home Grower*. 0 Aufl. CRC Press, 2015. <https://doi.org/10.1201/b18069>.
- Sela Saldinger, Shlomo, Victor Rodov, David Kenigsbuch, und Asher Bar-Tal. „Hydroponic Agriculture and Microbial Safety of Vegetables: Promises, Challenges, and Solutions“. *Horticulturae* 9, Nr. 1 (2023): 51. <https://doi.org/10.3390/horticulturae9010051>.

Sela Saldinger, Shlomo, Victor Rodov, David Kenigsbuch, und Asher Bar-Tal. „Hydroponic Agriculture and Microbial Safety of Vegetables: Promises, Challenges, and Solutions“. *Horticulturae* 9, Nr. 1 (2023): 51. <https://doi.org/10.3390/horticulturae9010051>.

Sharma, Anket, Vinod Kumar, Babar Shahzad, u. a. „Worldwide Pesticide Usage and Its Impacts on Ecosystem“. *SN Applied Sciences* 1, Nr. 11 (2019): 1446. <https://doi.org/10.1007/s42452-019-1485-1>.

Simpson, James. „European farmers and the British ‘agricultural revolution’“. In *Exceptionalism and Industrialisation*, 1. Aufl., herausgegeben von Leandro Prados De La Escosura. Cambridge University Press, 2004. <https://doi.org/10.1017/CBO9780511523830.004>.

Singer, Charlotte, und Robin G Brumfield. *An Economic Analysis of Urban Agriculture*. o. J.

Sundrum, Albert. „Eine kurze Geschichte der Landwirtschaft“. In *Gemeinwohlorientierte Erzeugung von Lebensmitteln*, von Albert Sundrum. Springer Berlin Heidelberg, 2022. https://doi.org/10.1007/978-3-662-65155-1_2.

Thapa, Bronika, und Roji Dura. „A review on tillage system and no-till agriculture and its impact on soil health“. *Archives of Agriculture and Environmental Science* 9, Nr. 3 (2024): 612–17. <https://doi.org/10.26832/24566632.2024.0903028>.

The EU-OECD Definition of a Functional Urban Area. OECD Regional Development Working Papers No. 2019/11. Bd. 2019/11. OECD Regional Development Working Papers. 2019. <https://doi.org/10.1787/d58cb34d-en>.

Tubiello, Francesco N., Kevin Karl, Alessandro Flammini, u. a. „Pre- and Post-Production Processes Increasingly Dominate Greenhouse Gas Emissions from Agri-Food Systems“. *Earth System Science Data* 14, Nr. 4 (2022): 1795–809. <https://doi.org/10.5194/essd-14-1795-2022>.

UN-Habitat, Hrsg. *Envisaging the Future of Cities*. World Cities Report 2022. UN-Habitat, 2022.

Wang, Shuyao, Yehuda Kleiner, Shawn M. Clark, Vijaya Raghavan, und Boris Tartakovsky. „Review of Current Hydroponic Food Production Practices and the Potential Role of Bioelectrochemical Systems“. *Reviews in Environmental Science and Bio/Technology* 23, Nr. 3 (2024): 897–921. <https://doi.org/10.1007/s11157-024-09699-y>.

Whayne, Jeannie, Hrsg. *The Oxford Handbook of Agricultural History*. 1. Aufl. Oxford University Press, 2024. <https://doi.org/10.1093/oxfordhb/9780190924164.001.0001>.

Wilkinson, Alix. „Symbolism and Design in Ancient Egyptian Gardens“. *Garden History* 22, Nr. 1 (1994): 1. <https://doi.org/10.2307/1586999>.

Zhong, Cheng, Haojia Guo, Isaak Swan, Peng Gao, Qianxiang Yao, und Hui Li. „Evaluating Trends, Profits, and Risks of Global Cities in Recent Urban Expansion for Advancing Sustainable Development“. *Habitat International* 138 (August 2023): 102869. <https://doi.org/10.1016/j.habitatint.2023.102869>.