

Smart Pölten 2.0

Ganzheitliche Betrachtung einer Vertical Farm in Vorbereitung eines
Demonstrationsprojektes in St. Pölten

S. Haiderer, C. Rauchberger,
A. Kumpf, D. Podmirseg,
V. Enzi, G. Hofer,
D. Schneller-Scharau

Berichte aus Energie- und Umweltforschung

40/2024

Impressum

Medieninhaber, Verleger und Herausgeber:

Bundesministerium für Klimaschutz, Umwelt, Energie, Mobilität, Innovation und Technologie
Radetzkystraße 2, 1030 Wien

Verantwortung und Koordination:

Abteilung für Energie- und Umwelttechnologien

Leiter: DI (FH) Volker Schaffler, MA, AKKM

Autorinnen und Autoren:

Stefan Haiderer, Stadtmarketing St. Pölten

Christoph Rauchberger, Stadtmarketing St. Pölten

Prof. Dr. Andreas Kumpf, WPU

Mag.arch. Dr.techn. Daniel Podmirseg, vertical farm institute

DI Vera Enzi, Gerald Hofer, GRÜNSTATTGRAU

Mag. Dietmar Schneller-Scharau, Wirtschaftstreuhand

Wien, 2024

Smart Pölten 2.0

Ganzheitliche Betrachtung einer Vertical Farm in Vorbereitung eines
Demonstrationsprojektes in St. Pölten

Stefan Haiderer, Christoph Rauchberger
Stadtmarketing St. Pölten

Prof. Dr. Andreas Kumpf
WPU

Mag.arch. Dr.techn. Daniel Podmirseg
vertical farm institute

DI Vera Enzi, Gerald Hofer
GRÜNSTATTTGRAU

Mag. Dietmar Schneller-Scharau
Wirtschaftstreuhänder

Wien, Dezember 2018

Ein Projektbericht gefördert im Rahmen von



Vorbemerkung

Der vorliegende Bericht dokumentiert die Ergebnisse eines Projekts aus dem Forschungs- und Technologieprogramm „Stadt der Zukunft“ des Bundesministeriums für Klimaschutz, Umwelt, Energie, Mobilität, Innovation und Technologie (BMK). Dieses Programm baut auf dem langjährigen Programm „Haus der Zukunft“ auf und hat die Intention, Konzepte, Technologien und Lösungen für zukünftige Städte und Stadtquartiere zu entwickeln und bei der Umsetzung zu unterstützen. Damit soll eine Entwicklung in Richtung energieeffiziente und klimaverträgliche Stadt unterstützt werden, die auch dazu beiträgt, die Lebensqualität und die wirtschaftliche Standortattraktivität zu erhöhen. Eine integrierte Planung wie auch die Berücksichtigung aller betroffener Bereiche wie Energieerzeugung und -verteilung, gebaute Infrastruktur, Mobilität und Kommunikation sind dabei Voraussetzung.

Um die Wirkung des Programms zu erhöhen, sind die Sichtbarkeit und leichte Verfügbarkeit der innovativen Ergebnisse ein wichtiges Anliegen. Daher werden nach dem Open Access Prinzip möglichst alle Projektergebnisse des Programms in der Schriftenreihe des BMK publiziert und elektronisch über die Plattform www.NachhaltigWirtschaften.at zugänglich gemacht. In diesem Sinne wünschen wir allen Interessierten und Anwender:innen eine interessante Lektüre.

Inhaltsverzeichnis

1	Kurzfassung	8
2	Abstract	9
3	Ausgangslage	10
3.1.	Motivation.....	10
3.2.	Stand der Forschung, Stand des Wissens	10
3.3.	Sondierungsprojekt „Vertical Farming“	12
3.4.	Internationale Referenzprojekte	12
3.5.	Mögliche Anbau- und Produktionsmethoden	14
3.6.	Stand des Wissens zur Wirtschaftlichkeit vertikaler Farmen	15
3.7.	Stand der Praxis am Beispiel Skygreens inc. in Singapur	15
3.8.	Hintergrund: Zum Standort St. Pölten	17
4	Projekthinhalt.....	18
4.1.	Grundlagenentwicklung für drei Vertikale Farmen	18
4.2.	Bürger:innen-Beteiligung im Living Lab	22
4.3.	Qualitätssicherung (extern)	23
4.4.	Präzisierung des finalen Modells	24
4.5.	Entwicklung sozio-ökonomischer Business Modelle	25
4.6.	Kommunikation, Projektmarketing, Stakeholdermanagement, Dissemination.....	26
5	Ergebnisse.....	28
5.1.	Grundlagenermittlung dreier vertikaler Farmen	28
5.1.1.	Städtebau und Energie	31
5.1.2.	Gebäude, Architektur und Energie.....	38
5.1.3.	Simulationsparameter, Annahmen und Sollwerte.....	43
5.1.4.	Nutzenergiebedarf	45
5.1.5.	Betrachtungen zum Energiekonzept.....	46
5.1.6.	Fazit	57
5.2.	Präzisierung des finalen Modells	59
5.2.1.	Finaler Planungsstand	59
5.2.1.	Funktions- und Raumprogramm	62
5.2.2.	Darstellung der Investitions- und Betreiberkosten.....	65
5.2.3.	Ertrag und Flächenverbrauch	69

5.2.4.	Prozessplan.....	72
5.3.	Entwicklung sozio-ökonomischer Business-Modelle	75
5.3.1.	Business Model Canvas	75
5.3.2.	Betrachtungen zu einem S-ROI	77
5.4.	Qualitätssicherung (extern)	79
5.5.	Kommunikation, Projektmarketing, Stakeholdermanagement, Dissemination.....	84
5.5.1.	Aktivitäten	84
5.5.2.	Bürger:innen-Beteiligung	86
5.5.3.	Abschlusskonferenz.....	91
6	Schlussfolgerungen.....	94
7	Ausblick und Empfehlungen.....	97
8	Verzeichnisse	99
8.1.	Abbildungsverzeichnis	99
8.2.	Tabellenverzeichnis.....	101
8.3.	Literaturverzeichnis	102
9	Anhang.....	105
9.1.	Ertragsermittlung.....	106
9.2.	Betriebswirtschaftliche Kennzahlen	109
9.3.	Visualisierung der implementierten Produktionsmethoden	114
9.4.	Living Lab und Workshop Polytechnische Schule	117
9.4.1.	Workshop-output Living Lab	117
9.4.2.	Workshop-output Polytechnische Schule	120
9.4.3.	Fragebogen der Stakeholder-Befragung	124
9.5.	Auswertungen Kommunikation	136
9.5.1.	Webseite	136
9.6.	Pressemitteilung	144

1 Kurzfassung

Die Vertikale Farm (in Folge als VF bezeichnet) stellt einen innovativen, ganzheitlichen Lösungsansatz für klimarelevante und Ernährung-sicherstellende Ziele im urbanen Raum auf globalem Maßstab dar. Bisherigen Publikationen und eigenen Forschungsergebnissen zufolge, ist das theoretische Potenzial von VF offengelegt. Die derzeit weltweit vorhandenen Erfahrungen und Daten bezüglich VF weisen große Lücken auf. Klarheit herrscht weitgehend über die Vorteile bezüglich Reduktion von Ressourcen- und Landverbrauch. Weitgehend unklar ist hingegen die ökonomische Seite, von der Verwendung adäquater Anbau- und Produktionsmethoden für geeignete Nutzpflanzen bis zur Rentabilität. Vollständig fehlen bisher Investitions- und Amortisationsrechnungen, Lebenszykluskostenbetrachtungen und Businessmodelle.

Ziel dieser Studie ist die Grundlagenerarbeitung für die Errichtung und den Betrieb einer VF in St. Pölten. Anhand dreier konkreter Bestandsgebäude, welche durch *Vertical Farming* u.a. als Gebäudesanierung erweitert werden sollen, werden konkrete Potentiale aus sozio-ökonomischer, architektonischer und energetischer Perspektive ermittelt. Der holistische Ansatz dieser Sondierung wird durch die Einbeziehung der lokalen Bevölkerung unterstützt.

Die Stadt St. Pölten hat in konsequenter Verfolgung ihrer Vision zur „*fittest city of Austria*“ ihre strategischen Ziele auf das *Smart City*-Konzept und auf die Stärkung der Stadtresilienz ausgerichtet. Sie sieht in *Vertical Farming* großes Potential durch eine optimale Verknüpfung von lokaler Lebensmittelproduktion, Lebensqualität der Bürger:innen und Minimierung des Ressourcenverbrauchs sowie innovativer Begrünung.

Für die Bestandsgebäude in St. Pölten werden Potentiale untersucht, die sich durch die Erweiterung mit einer VF ergeben. Dies schließt sowohl energetische wie sozio-ökonomische Betrachtungen mit ein. Für das Gebäude mit dem größten Potential, der Polytechnischen Schule, wird eine VF entwickelt, die den Namen „Wolkenfarm“ erhält. Dafür wird ein öko-sozialer Geschäftsmodelltyp mit der Integration in den lokalen Markt erstellt. Auf diese Analysen wird ein Lebenszyklusmodell (inkludiert Energie und operative Kosten) einer VF von der Konstruktion über den Betrieb und Wartung errechnet. Mittels eines begleitenden Bürger:innen-Beteiligungsprozesses fließt die Perspektive der späteren VF- Betreiber:innen und Konsument:innen in die Planung mit ein. Ein zusätzlicher externer Qualitätsmanagementprozess begleitet die gesamte Entwicklung. Die Skalierbarkeit des Projektes wird analysiert, um Aussagen zur Übertragung auf andere Städte treffen zu können. Eine Social-Return On Investment (S-ROI)-Betrachtung liefert Hinweise auf Effekte auf die Stadtresilienz.

Das Ergebnis ist ein innovativer Gebäudeentwurf für urbane vertikale Lebensmittelproduktion. Über die Lebensmittelproduktionseinheiten hinaus werden öffentliche bzw. halböffentliche Bereiche unter Berücksichtigung der Wünsche und Bedürfnisse der Bevölkerung entwickelt, welche die wirtschaftliche und soziale Nachhaltigkeit stärken sollen und die VF als integrativen Bestandteil der Stadt einbetten. Die aufgestellte These zur Reduktion im Energie- und Landverbrauch, sowohl für das Bestandsgebäude als auch für die Lebensmittelproduktion, kann bestätigt werden.

Die Sondierung liefert wichtige Grundlagen für die nächsten Forschungsschritte und die nötige Basis für ein mögliches Demonstrationsprojekt.

2 Abstract

The Vertical Farm (hereinafter referred to as VF) represents an innovative, holistic solution for climate-relevant and nutrition-ensuring goals in urban areas on a global scale. According to previous publications and own research activities, the theoretical potential of VF is disclosed. The current global experience and data on VF although show large gaps. There is clarity about the benefits of reducing energy resource and land use. However, the economic side is mostly unclear, for example the use of adequate cultivation and production methods for suitable crops to profitability. So far, investment and amortization costs, life cycle cost considerations and business models have been completely absent.

The aim of this study is to prepare the basics for the construction and operation of a VF in the city of St. Pölten. With reference to three specific existing buildings, vertical farming-concepts are developed. As for the buildings sanitation is needed, specific potentials are determined from a socio-economic, architectural and energetic perspective. The holistic approach of this exploration is supported by an intense involvement of the local neighbourhood.

The city of St. Pölten, in pursuit of its vision of becoming the *fittest city of Austria*, has aligned its strategic goals with the Smart City concept and the strengthening of urban resilience. The city sees great potential in Vertical Farming through an optimized combination of local food production, quality of life of citizens and minimization of resource consumption as well as innovative greening and integration of nature within the urban borders.

For the existing buildings in St. Pölten, potentials were investigated that result from the expansion of the VF-concept. This includes energetic as well as socio-economic considerations. For the building with the greatest potential, the Polytechnic School, a VF was developed. It has won the inspiring name “Wolkenfarm”. For this purpose, an eco-social business model type with integration into the local market was created. These analyses were used to calculate a lifecycle model (including energy and costs) of a VF from design to operation and maintenance. In an accompanying citizen participation process, their perspective was incorporated into planning and as future VF co-operators. An additional external quality management process supervised the entire development. The scalability of the project was analysed in order to be able to foresee potential transfers to other cities and neighbourhoods. An S-ROI analysis provided evidence of effects on urban resilience.

The result is an innovative building design for urban vertical food production. In addition to production, public and semi-public areas have been developed, reflecting the wishes and needs of the neighbourhood, strengthening economic and social sustainability. The thesis of reduction in energy consumption and land use, both for the existing building and for food production, could be demonstrated.

The result of this research project provides important foundation for the next research steps and the necessary basis for a possible demonstration project.

3 Ausgangslage

3.1. Motivation

Die Idee zu diesem Sondierungsprojekt entstand bei einem FFG-Vernetzungsworkshop unter Initiative von Prof. Andreas Kumpf, welcher als wissenschaftlicher Berater für den Bürgermeister von St. Pölten, Mag. Matthias Stadler, agiert. Aus mehreren inhaltlichen Treffen zwischen Prof. Kumpf und dem vertical farm institute (vfi) erwuchs somit schrittweise die Idee, eine vertikale Farm nicht lediglich als isolierte bzw. eigenständige Gebäudetypologie zu sehen. Es ist vielmehr eine Möglichkeit zur Erreichung der Klima- und Energieziele der Kommunen, insbesondere jene der Stadt St. Pölten. Basierend auf dieser Ausgangslage wurde ein passendes Konsortium errichtet.

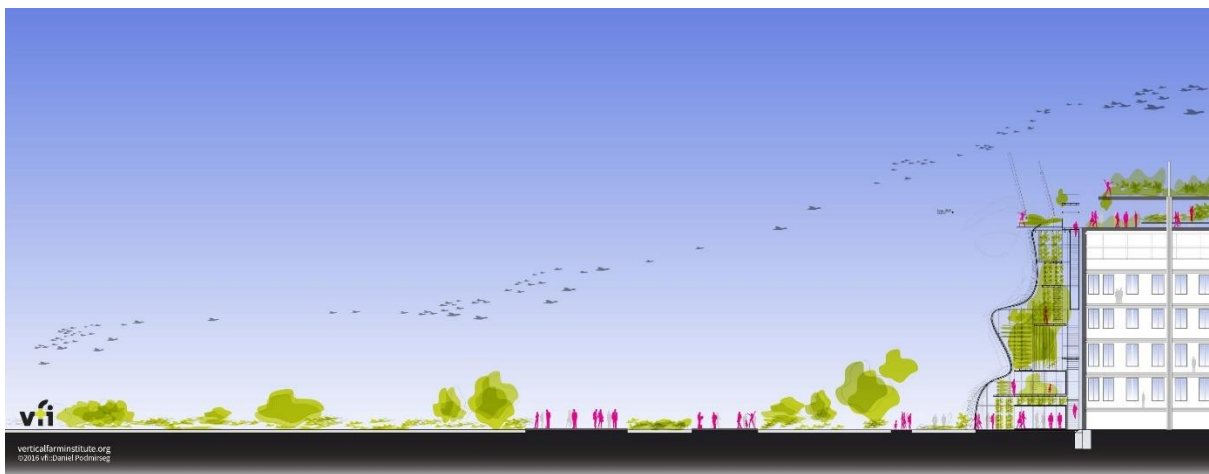


Abbildung 1: Konzeptschnitt als Resultat der Vorbesprechung

3.2. Stand der Forschung, Stand des Wissens

Einleitend ist zu erwähnen, dass es im vorliegenden Falle von *Vertical Farming* explizit um intensive industrielle Lebensmittelproduktion entlang der z-Achse, also in die Vertikale in der Stadt geht. Gemeint ist damit die Konzentration auf die Vertikalisierung des Anbaus – im Unterschied zur horizontalen Produktion konventioneller Landwirtschaft. *Vertical Farming* grenzt sich dadurch von urban agriculture, urban farming und anderen *urban-green*–Projekten ab. Diese Projekte produzieren Lebensmittel, meist erdgebunden, innerhalb der Stadt oder erhöhen die Begrünung (meist nicht als Lebensmittelproduktion angelegt) an Fassaden bzw. Dachflächen sowie in Innenräumen. Von diesen Beispielen befinden sich bereits viele in der Umsetzung.

Die Lebensmittelproduktion steht hierbei im Mittelpunkt. Der innovative Ansatz bei diesem Forschungsvorhaben ist jedoch auch der Versuch, die Optimierung der Lebensmittelproduktion im Inneren des Gebäudes mit Begrünungen der Gebäudehülle dahingehend zu kombinieren, dass sie bereits belegte positive Effekte auf die Reduktion von Energie- und Landverbrauch sowie mikroklimatische Effekte für den urbanen Raum nicht konterkarieren.

Die vom Gründer des vertical farm institute (vfi), Daniel Podmirseg, durchgeführte und publizierte Forschungsarbeit „up! Contribution of Vertical Farms to increase the overall Energy Efficiency of Cities“¹ gilt als *cutting-edge-science* in der Grundlagenforschung zu urbaner, vertikaler Lebensmittelproduktion² Diese beleuchtet den Status Quo der globalen Landwirtschaft (Land- und Energieverbrauch). Potenziale im Hinblick auf Produktivitätssteigerung der existierenden landwirtschaftlichen Fläche werden ermittelt und die tatsächliche Biokapazität der Erde für die Lebensmittelproduktion untersucht, um die Frage beantworten zu können, ob die Weiterentwicklung der Gebäudetypologie für eine VF zukunftsweisend ist.

Es werden verschiedene Gebäudetypen für *Vertical Farming* verglichen. Für ein gleichbleibendes Volumen werden verschiedene Trakttiefen auf deren jeweils spezifischen Licht- und Energiebedarf hin untersucht. Durch eine enge Zusammenarbeit mit der Abteilung Gartenbau - Department für Nutzpflanzenwissenschaften der Universität für Bodenkultur Wien wurde ein parametrisches Modell erstellt, welches alle wesentlichen pflanzenphysiologischen Komponenten der Tomate (*Lycopersicon Esculentum* [Mill.]) berücksichtigt und mit der thermischen Simulation und der Tageslichtsimulation verbindet, um den Gesamtenergiebedarf zu ermitteln. Die Dissertation bildet das methodische Grundkonzept des Simulationsmodells, welches für das vorliegende Sondierungsprojekt in St. Pölten weiterentwickelt wird.

Seit der Publikation des Manifests von Dickson Despommier³ wurden zahlreiche Entwürfe für VF veröffentlicht. Der größte Teil dieser Projekte schließt in der Auseinandersetzung mit den Herausforderungen gestapelter Gewächshäuser jedoch bereits auf der Designebene ab.

Große Aktivität bei der Entwicklung von High-Tech-Gewächshäusern ist in den Niederlanden, Deutschland und den USA zu beobachten. Erfahrungswerte im Einsatz von Kunstlicht im gestapelten Gewächshausanbau, sowohl im Einsatz alternativer Anbaumethoden (Hydroponik, Aquaponik und Aeroponik)⁴ sind auch aus Japan beziehbar.

Die professionelle Nahrungsmittelproduktion an der Gebäudeaußenhülle stellt sich ebenfalls als in Europa noch nicht stark verbreitetes Thema dar. Als eines der globalen Beispielprojekte für eine professionelle urbane Dachlandwirtschaft mit sozialen Aspekten steht das Projekt Brooklyn Grange,⁵ weitere Projektbeispiele können auf der Plattform *Upfarming*⁶ abgefragt werden. Dabei entstanden bereits einige aufschlussreiche Betrachtungen zur Wirtschaftlichkeit, so der Strategie aus sozialer und/oder unternehmerischer Perspektive den Projekterfolg zu gewährleisten (CSA - *Community supported agriculture* versus RSA - *Restaurant supported Agriculture*). Im Bereich der vertikalen Produktion im Außenraum sind kaum erfolgreiche Umsetzungsbeispiele verfügbar, wobei State-of-the-Art Systemlösungen in der Fassadenbegrünung den Aspekt der Lebensmittelproduktion derzeit

¹ Podmirseg, D. up! Contribution of Vertical Farms to increase the overall Energy Efficiency of Cities. Dissertation, Cuvillier Verlag Göttingen, ISBN 978-3-7369-9305-1

² Vgl. Despommier, Dickson: „In conclusion, this exhaustive body of work presents the best view so far published on what the world would be like if alternative agricultural strategies were employed to feed some 9.6 billion people. In the opinion of this reviewer, it is a tour de force blueprint for how to proceed into the next millennium, enabling humans to finally achieve a peaceful co-existence with the rest of nature.“

³ DESPOMMIER, D. 2010. The Vertical Farm, New York, St. Martin's Press.

⁴ Beim hydroponischen Anbau befinden sich die Pflanzen in Substraten, d.h. die Wurzeln sind nicht erdgebunden, und werden mit Wasser und Nährlösung versorgt, wohingegen der aeroponische Anbau die Wurzeln mit Wasser und Nährlösung besprüht – ohne Substrat. Aquaponische Systeme sind Hybridproduktionen zwischen Hydroponik und Aquakultur.

⁵ <https://www.brooklyngrangefarm.com/>

⁶ <https://www.upfarming.net>, Kelai Diebel

eher für den privaten Gebrauch vorsehen. Auch im Bereich der Dachbegrünung ergibt sich auf Seite der Technik eine Orientierung des Angebotes hin zur Selbstversorgung Privater.

3.3. Sondierungsprojekt „Vertical Farming“

Im März 2018 wurde das Sondierungsprojekt „Vertical Farming“⁷ abgeschlossen, auf welchem das vorliegende Projekt aufbaut. Es wurde von einem multidisziplinären Konsortium erarbeitet – unter Teilnahme des Instituts für Gebäude und Energie der Technischen Universität Graz, dem vertical farm institute, der Universität für Bodenkultur, Department für Nutzpflanzenwissenschaften, Abteilung Gartenbau sowie SIEMENS.

Dabei konnten wesentliche Grundlagen für die Vorbereitung der Entwicklung einer prototypischen Vertikalen Farm in Österreich erarbeitet werden. Von wesentlicher Bedeutung war die Erarbeitung energetischer Potentiale durch das Erstellen eines ganzjährigen Kulturpflanzenkatalogs, welcher auf äußere klimatische Bedingungen abgestimmt wurde, um den Energiebedarf, besonders für künstliche Beleuchtung und Heizung, zu senken.

Es wurden Erkenntnisse gezogen bezüglich geeigneter Gebäudeformen, welche einen großen Einfluss auf die Nutzung natürlicher Ressourcen, insbesondere Tageslicht, haben. Darauf aufbauend lassen sich nun Gebäudeparameter ableiten, welche zu einer neuen Gebäudetypologie führen können.

Basierend auf dem tatsächlichen Energieverbrauch und Erkenntnissen pflanzenphysiologischer Bedürfnisse konnte ein Gebäudetechnikkonzept erarbeitet werden. Eine wesentliche Ergänzung der energetischen Betrachtung bildet die behandelte Potentialuntersuchung hinsichtlich Lastverteilungspotential in der Produktion erneuerbarer Energien durch die Einbeziehung des Strombedarfs operierender VF.

Erkenntnisse bezüglich Ressourcenverbrauch und der tatsächlichen Gesamtenergiebilanz einer Vertikalen Farm zeigen, dass es bezogen auf vorangegangene Studien starke Einsparungsmöglichkeiten gibt. Zusätzlich konnten im Laufe der Formfindung und des Simulationsprozesses weitere Einsparungspotentiale erarbeitet werden, welche im Zuge weiterführender Untersuchungen vertieft werden sollten. Dies gilt auch für weitere Steigerungen der Nachhaltigkeit durch das Schließen von Stoff- und Energieströmen im Sinne der Kreislaufwirtschaft. Die Zusammenarbeit des Konsortiums erreichte auch die Entwicklung einer konzeptuellen Systemarchitektur für ein Automatisierungssystem.

3.4. Internationale Referenzprojekte

Unter weltweit vielleicht fünfzehn relevanten gebauten prototypischen VF sollen hier bedeutende Projekte herausgehoben werden. Diese exemplarischen Beispiele stellen vier verschiedene Gebäudetypologien mit vier unterschiedlichen Produktionsmethoden dar.

- **Paignton Zoo**, Devon, UK. Gebäudetypologisch ein Folientunnelgewächshaus produziert Grüngewächse, insbesondere Salate für den Eigenbedarf der Zootiere. Die von VertiGrow

⁷ [FFG-Projektnummer 854708](#)

entwickelte Produktionsmethode stapelt die Hydrokulturschalen und nutzt so die gesamte Raumhöhe für die Produktion. Diese hängen auf einem horizontal rotierenden Förderband, welches gleichmäßige Verteilung des Tageslichts für sämtliche Pflanzen garantiert.⁸

- **SkyGreens**, Singapur. Seit 2009 produziert das vertikalisierte High-Tech-Gewächshaus erfolgreich frische Blattsalate für die Stadt, welche bis zu 99% aller Lebensmittel und über 40% des Frischwassers importiert.⁹
- **Vertical Harvest**. Die im Jahre 2015 fertig gestellte VF in Jackson, Wyoming, USA, beinhaltet ein Mischkultursystem. Die ungünstigen klimatischen Verhältnisse zwingen die Stadt, über 97% der Lebensmittel zu importieren. Mehrere Produktionssysteme kommen zum Einsatz. Von besonderer Bedeutung ist die Einbindung der Bevölkerung in Produktion und Vertrieb.¹⁰
- **Plantagon**, Linköping, voraussichtliche Fertigstellung 2018, Schweden, ist für dieses Forschungsprojekt von zentraler Bedeutung, weil sie als erste realisierte VF das vertikale Gewächshaus mit einem Bürogebäude verbindet. Es handelt sich dadurch um ein Hybridgebäude und kommt somit der Grundidee eines Hyperbuildings am nächsten.¹¹

Vertigrow,¹² Aerofarms¹³ und Verticrop¹⁴ sind Technologielieferanten mit unterschiedlicher Schwerpunktsetzung in der Produktion von Anbau- oder Produktionsmethoden bzw. Anbieter von Komplettlösungen für den Lebensmittelanbau in Gebäuden. In den letzten Jahren ist eine immer größere Dynamik im Wachstum dieser Firmen zu beobachten. Die Auflistung hier gilt daher als unvollständig.

Die wissenschaftliche Gemeinschaft, die sich mit *Vertical Farming* auseinandersetzt, wächst stark. Pflanzenphysiolog:innen, *Horticulturists*, Biotechnolog:innen, Urbanist:innen und Architekt:innen widmen sich zunehmend dem Thema. Dadurch erhöht sich die Anzahl an Konferenzen, die sich diesem Thema widmen.

Die relevanteste alternative Praxis zu VF ist nach wie vor konventionelle Landwirtschaft, nicht zuletzt, weil diese derzeit am kostengünstigsten produziert, da keine Externalitäten (wie Bodenerosion, Emissionen wie CH₄, CO₂, N₂O, Verlust von natürlichem Habitat, Übersäuerung von Gewässern, Ressourcenkosten etc.) eingepreist werden. Auch die konventionelle Landwirtschaft innoviert aktuell stark, siehe z.B. den Einsatz von Drohnen oder Modifikationen des Saatgutes. Die Produktivitätssteigerung bzw. die Ertragssteigerung pro Fläche zählt zu den Haupttreibern der Investitionen in landwirtschaftliche Innovationstechnik. Die Analyse des Energie-Inputs durch die Technologisierung der Landwirtschaft im letzten Jahrhundert legen jedoch nahe, dass sich der Anteil

⁸ Eine ausführliche Studie zu den hier angegebenen Referenzprojekten können aus der Dissertation zum Thema vertical farming entnommen werden. PODMIRSEG, D. „up!, 2016 Contribution of Vertical Farms to increase the overall Energy Efficiency of Cities“, Cuvillier Verlag

⁹ Ibid.

¹⁰ Ibid.

¹¹ Ibid.

¹² <https://vertigrow.io/>

¹³ <https://www.aerofarms.com/>

¹⁴ <https://grow.verticrop.com/vertical-farming/>

des Lebensmittelsektors von derzeit 29% des Weltprimärenergiebedarfs stark erhöhen wird.¹⁵ So ist zu erwarten, dass es zu einer Steigerung des Flächen-, Wasser-, Herbizid-, Pestizid- und Energieverbrauch durch die Erhöhung des Wirkungsgrades (Ertrag/ha) kommen wird.

3.5. Mögliche Anbau- und Produktionsmethoden

Die oben erwähnten VF geben eine Übersicht über die derzeit etablierten vertikalisierten Produktionsmethoden. In der Dissertation „up!“ und in weiterer Folge im Forschungsprojekt „Sondierung Vertical Farming“¹⁶ wurden diese auf deren Potentiale hin untersucht und detailliert beschrieben. Aufgrund der geringen Bruttogeschoßfläche der zu Verfügung stehenden Untersuchungsobjekte fällt die Konzentration in dieser Arbeit auf vertikalisierte Systeme. Das bedeutet, dass im Unterschied zum klassischen Gewächshausanbau, dessen Produktionsfläche auf einer Ebene abgebildet wird, Produktionsflächen übereinandergestapelt werden, um den Anbau pro Quadratmeter Bruttogeschoßfläche zu erhöhen. Wir unterscheiden:

- **Vertikal rotierende Systeme (Paternoster-System):** In eine vertikale Konstruktion sind die Hydrokulturtröge eingehängt und drehen sich entlang der z-Achse. Die Geschwindigkeit variiert. Am Ende des Tages wurden sämtliche Pflanzen mit derselben Menge an Tageslicht versorgt¹⁷
- **Horizontal rotierende Systeme:** Hier hängen gestapelte Hydrokulturtröge an einer Leitschiene, entlang welcher sie geführt werden. Die Pflanzen erhalten dieselbe Menge an Tageslicht.
- **3D-Fließband (3D-conveyor belt):** Diese Produktion führt ein Fließband von oben nach unten. Hintergrund dieser Überlegung ist, dass am oberen Ende die Jungpflanzen eingesetzt werden. Die Geschwindigkeit dieses Fließbandes entspricht der Länge der Kulturfolge und kann demnach reguliert werden.
- **Gestapelte Produktionsmethode:** Diese Praxis entspricht der klassischen Gewächshauspraxis. Die Anbauebene wird jedoch entlang der z-Achse multipliziert. Diese Produktionsmethode ist im Hinblick auf die Tageslichtausbeute ungünstig und wird deshalb entweder nur für die Pilzzucht (e.g. Champignons) verwendet oder bei High-Tech-Gewächshäusern mit LED-Beleuchtung unterstützt.
- **Vertical Carousel:** Auch hierbei handelt es sich um ein vertikal rotierendes System. Dies wurde erstmals für Vertical Harvest, in Jackson Wyoming, entwickelt. Mit diesem hydroponischen System läuft das Fließband entlang der Fassade und wird für die Manipulation und Ernte horizontal ins Rauminnere geführt.

¹⁵ FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS 2011. Energy-Smart Food for People and Climate, Issue Paper, Rome:FAO, S.11;

¹⁶ FFG-Projektnummer 854708, <https://nachhaltigwirtschaften.at/de/sdz/projekte/vertical-farming.php>

¹⁷ Ibid.

3.6. Stand des Wissens zur Wirtschaftlichkeit vertikaler Farmen

Ob eine VF wirtschaftlich ist, hängt von zahlreichen Entscheidungen ab. Evidenzbasierte Antworten sind schwer bis gar nicht zu erheben. Ein Rahmenwerk zur Kosten- und Erlösrechnung unter Einbeziehung externer Effekte ist projektbezogen zu erarbeiten. Dabei müssen Kostenschlüssel zur Errichtung von VF projektbezogen erstellt werden. Im Unterschied zur klassischen Gebäudekalkulation ($\text{€}/\text{m}^2_{\text{BGF}}$) wird hier der Schlüsselfaktor der Errichtungskosten pro Kubikmeter ($\text{€}/\text{m}^3_{\text{BRI}}$) und analog dazu der mögliche Umsatz pro Kubikmeter betrachtet.¹⁸

Quantitative Aussagen in Form konkreter Zahlen zu möglichen Kosten und Erlösen vertikaler Farmen ermittelte **Chirantan Banernje** in einer 2012 publizierten Machbarkeitsstudie.¹⁹ Banernjes Zahlen sind jedoch teilweise unvollständig oder methodisch nicht nachvollziehbar. Insbesondere fehlen für die Erlösseite grundlegende Informationen zu pflanzenphysiologischen Anbaubedingungen.

Dr. **Nate Storey** von Bright Agrotech, jener Firma, welche die ZipGrow Türme entwickelt, die u.a. bei SkyGreens in Singapur zum Einsatz kommen, meinte im Rahmen einer Konferenz, dass VF nur bis zu einer maximalen Höhe von vier Stockwerken eine Chance auf Amortisation haben würden, darüber hinaus immer defizitär wirtschaften müssten. Die Aussage zu den Stockwerken muss hierbei jedoch als kritisch betrachtet werden, da in der Entwicklung von VF in alternativen Maßstäben gedacht werden muss – nicht die Stockwerke sind relevant, sondern das bebaubare Volumen und die Anordnung der darin befindlichen Produktionsmethoden.

Sowohl Dr. Storey als auch Prof. Lehmann beziehen sich stark auf jene Visionen, welche Prof. Despommier in seinem Manifest „The Vertical Farm“²⁰ beschreibt. Für das vfi sind diese Bedenken nachvollziehbar, jedoch bei näherer Betrachtung nicht haltbar. Sämtliche Untersuchungen, auch solche, welche den Energieverbrauch kritisch bewerten, beziehen sich auf existierende Gebäudetypologien. Das vertikale Gewächshaus muss anderen Designparametern folgen und sich primär den Bedürfnissen der Pflanzenphysiologie widmen.

SkyGreens²¹ in Singapur ist dementsprechend ein Beispiel, welches belegt, dass durch die Entwicklung geeigneter Gebäudetypen eine gewinnbringende, urbane, vertikale Lebensmittelproduktion möglich ist.

3.7. Stand der Praxis am Beispiel Skygreens inc. in Singapur

Im Folgenden werden Erfahrungswerte, zur Verfügung gestellt von SkyGreens,²² aufgelistet. SkyGreens produziert täglich zwei Tonnen Lebensmittel für den regionalen Lebensmittelmarkt. Die Produkte werden im Einzelhandel um rund 10% teurer als importierte Ware angeboten und trotzdem kann SkyGreens laut eigener Angabe die hohe Nachfrage kaum bedienen. Pro Jahr beträgt

¹⁸ Die Referenzzahl „m³“ hat sich innerhalb des vfi zwar etabliert. In der Außenkommunikation bzw. bei Planungsbesprechungen musste jedoch wieder davon abgesehen werden, da diese Zahl aus komparativen Gründen Gespräche verkompliziert haben.

¹⁹ <https://www.macrothink.org/journal/index.php/jas/article/view/4526/12494>

²⁰ DESPOMMIER, D. 2010. The Vertical Farm, New York, St. Martin's Press.

²¹ <https://www.skygreens.com/>

²² <https://www.skygreens.com/technology/>, aufgerufen am 22.03.2017

der Ausstoß mittlerweile rund 800 Tonnen Gemüse (= 66% der gesamten Eigenproduktion Singapurs).

Die SkyGreens Farmen - Investitionskosten

SkyGreens verwendet modulare Aluminium/Stahl-Konstruktionen zum Bau der vertikal rotierenden Produktionstürme. Diese sind rund 10 Meter hoch, auf einer Grundfläche von rund 6 m². Die Investitionskosten pro Turm liegen bei rund USD 12.000 (EUR 11.300). SkyGreens betreibt aktuell rund 400 Gewächstürme. Jede VF hat eine Grundfläche von ca. 196 m².

SkyGreens Energie- und Wasserbedarf

SkyGreens Energiebedarf ist sehr gering. Das tropische Klima und die Tageslichtausbeute eliminieren Heiz- und Strombedarf. Die vertikal rotierende Produktion wird mit Wasserkraft betrieben. Das Bewässerungssystem spart rund 95% Wasser verglichen mit der Produktion in der konventionellen Landwirtschaft.²³

Die SkyGreens Produkte

Aktuell werden vorwiegend Salate produziert. Die Erweiterung der Produktpalette ist möglich.

SkyGreens Logistik, Verkauf und Personaleinsatz

Laut eigenen Angaben werden von SkyGreens selbst täglich rund 2 Tonnen Gemüse geerntet und direkt an Supermärkte und die Gastronomie ausgeliefert. Ein FTE (*full-time-equivalent*, Vollzeitmitarbeiter:in) kann pro Tag rund 30 Gewächstürme mit einem Ausstoß von jeweils rund 500 kg Gemüse betreuen.

Investments in SkyGreens

SkyGreens hat 2011 mit einem Investitionsvolumen von SGD 26 Mio. (ca. EUR 17,3 Mio) ausgestattet den Betrieb aufgenommen. 120 Gewächshaustürme waren in der Gründungsphase operativ. SkyGreens zeigt, dass Lebensmittel unter merklicher Ressourceneinsparung, mit intelligenten, kostengünstigen Systemen wirtschaftlich erfolgreich in vertikalen Anordnungen produziert werden können. Das vorliegende Forschungsprojekt orientiert sich stark an den Erkenntnissen von SkyGreens und sucht nach möglichen Transfers nach St. Pölten.

²³ "At global level, the withdrawal ratios are 69 percent agricultural, 12 percent municipal and 19 percent industrial." http://www.fao.org/nr/water/aquastat/water_use/index.stm, aufgerufen am 22.03.2017

3.8. Hintergrund: Zum Standort St. Pölten

2008 wurde mit dem Zukunftsforscher Matthias Horx die Vision St. Pöltens²⁴ ausformuliert und mündet vereinfachend in dem Slogan „*Fittest City of Austria*“. Dies bedeutet, dass sich St. Pölten bis 2020 derart aufgestellt hat, dass alle Initiativen den Weg zur „*Fittest City of Austria*“ beschreiten. Konkret münden die Bestrebungen in das Stadtplanungs- und Entwicklungskonzept, das Landschafts- und Grünflächenkonzept sowie den Masterplan „Bildung“.

Die Ausrichtung „*Fittest City of Austria*“ zielt auf die Entwicklung resilienter Städte ab. Maximale Lebensqualität bei minimalem Ressourcenverbrauch ist das erklärte Ziel der Stadt. Wird der Betrachtungszeitraum von 2004 bis 2011 herangezogen, so lassen sich für St. Pölten folgende Trends veranschaulichen:

- Die Kommunalsteuer wuchs von 19.023.637 € auf 24.240.475 €.
- Die Anzahl der Erwerbstätigen wuchs von 40.041 auf 48.974.
- Die Anzahl der Zu- und Umbauten nahm von 364 auf 567 (gesamstädtisch) und von 110 auf 394 innerstädtisch zu.
- Die Fläche der Fußgängerzone wuchs von 18.909 m² (im Jahr 2008) auf 21.862 m².
- Die Entwicklung der Wochenfrequenz steigerte sich von 60.100 (im Jahr 2008) auf 93.900.
- Die Anzahl der Hauptwohnsitze stieg von 50.469 auf 52.207 und die Nebenwohnsitze von 3.221 auf 4.671 an.
- Die Länge der Radwege wuchs von 38 km auf 179,8 km an.
- Die Wirtschaft wuchs zwischen 2007 und 2011 um 9,7%.

Dieser kleine Auszug an Entwicklungsdaten zeigt einen Trend auf, der durch den 2006 gestarteten *Smart City*-Prozess²⁵ in eine strukturierte Bahn gelenkt wurde. Mit St. Pöltens Vision zur „*Fittest City of Austria*“ und dem begleitenden *Smart City*-Konzept wurde ein Weg eingeschlagen, der grundlegend für das Programm „Stadt der Zukunft“ geeignet ist.

Fittest City of Austria - Smart City Konzept: Ziele bis 2025

Fit bedeutet einerseits „fit“ im Sinne von gesund vital und lebensfroh, andererseits aber auch „fit“ im Sinne von anpassungsfähig und drittens, „fit“ zu sein für den Weg zu einer Zero Emission Urban Region. St. Pölten ist als Gesundheitsstadt bekannt und in der Umsetzung der *Health in all Policies* federführend. Die Energieziele des Landes sind mit aktiver Einbindung der Bürger:innen umgesetzt worden. Die Bevölkerung attestiert eine deutliche Zunahme an Lebens- und Wohlfühlqualität. Im direkten Vergleich mit anderen Metropolregionen ist St. Pölten in den Top 10 Österreichs vertreten. Dieses Ziel soll bis 2025 erreicht werden.

²⁴ <https://www.st-poelten.at/news/11339-von-der-vision-zum-modell-st-poelten-2275>

²⁵ Informationen der Marketingabteilung der Gemeinde St. Pölten

4 Projektinhalt

4.1. Grundlagenentwicklung für drei Vertikale Farmen

Städtebau und Energie

Das vfi definiert die VF als strukturelles Element des urbanen Systems. Die Absicht der Stadt St. Pölten, drei Gebäude im Herzen der Stadt auf deren Tauglichkeit für die Umnutzung bzw. Erweiterung für die Lebensmittelproduktion zu untersuchen, ist hinsichtlich der angeführten Definition eine willkommene Aufgabe. Da sich zumeist die Diskussion hinsichtlich urban farming, urban gardening und themenverwandte Anbauformen auf die Produktion konzentriert, ist es notwendig, diese um die Einbeziehung der Lebensmittelwertschöpfungskette zu erweitern. Die Berücksichtigung sämtlicher struktureller Elemente der Lebensmittelwertschöpfungskette (*food supply chain*) in den Entwurf beinhalten einen relevanten Hebel, um den Energiebedarf systemisch stark zu reduzieren, Abhängigkeiten von fossilen Brennstoffen und damit Emissionen zu reduzieren.

Das Umfeld der drei Gebäude werden einer städtebaulichen Analyse unterzogen. Besonderes Augenmerk werden der Position bzw. Verortung und Bevölkerungsdichte (bzw. potentiellen Kund:innen), Partner:innen (Märkte, Lebensmittelgeschäfte, -händler etc.), Verkehr und Infrastruktur (Stadt der kurzen Wege, Erreichbarkeit zu Fuß sowie öffentlicher und privater Verkehr) gegeben. Aufgrund dieser Betrachtungen werden Möglichkeiten untersucht, inwieweit das zu entwickelnde Funktions- und Raumprogramm der Gebäude durch halböffentlich bzw. öffentliche Bereiche erweitert werden können.

Gebäude, Energie und Architektur

Drei Gebäude werden von der Stadt St. Pölten dem vfi zu Verfügung gestellt, um die komparative Studie anzulegen. Dabei handelt es sich um ein reines Wohngebäude in der Brunngrasse, ein Wohngebäude mit gewerblicher Nutzung im Erdgeschoß in der Schulgrasse sowie die Polytechnische Schule in der Schickelgruberstraße. Mittels zu Verfügung gestellten Konsenspläne wurden die Gebäude sowie das nähere urbane Umfeld digitalisiert. Die Gebäude wurden 2D in AutoCAD nachgebildet und in Rhinoceros als 3D-Modelle inklusive Bestandsgebäude weiterentwickelt. Die erhaltenen Grundlagen werden für die Analyse, der vorläufigen Entwicklung von Funktions- und Raumprogrammen sowie für die energetischen Untersuchungen über *grasshopper*²⁶ verwendet.

Die Gebäude Brunngrasse, Schulgrasse und Schickelgruberstraße werden anschließend als physische Baumassenmodelle nachgebildet. Anhand der Modelle im Maßstab 1:200 konnten somit Raumstudien durchgeführt und Potentiale der drei Referenzprojekte gegenübergestellt werden. Zu den wichtigsten Betrachtungsweisen gehören die höchstmögliche Integration von Produktionsflächen innerhalb der gesetzlich möglichen Bebauungsstruktur bzw. Bauklasse, Potentiale (quantitativ und qualitativ) der Integration von (halb-)öffentlichen Bereichen und die Verknüpfung derselben. Weiters wurden mögliche Erweiterungen bzw. Adaptierungen der bestehenden Erschließung (horizontal und vertikal) auf deren Möglichkeiten untersucht.

²⁶ S. dazu folgendes Unterkapitel „Simulation und Energiekonzept“

Erhoben wurden zudem die Potentiale hinsichtlich Nutzung von Tageslicht, sowohl für die Produktionseinheit innerhalb des Gebäudevolumens unter Berücksichtigung transparenter Gebäudehüllen sowie Strahlungsmenge zur potenziellen Nutzung von Sonnenenergie über Solarpaneele.

Anbau- und Produktionsmethoden

Für die im Rahmen der Wolkenfarm untersuchten Anbau- und Produktionsmethoden wurde auf etablierte Systeme zurückgegriffen, welche sich insbesondere für die energetische Untersuchung mit Licht- bzw. Strombedarf in angemessener Form abbilden lassen. Eine kurze Übersicht möglicher Produktionsmethoden wurde in Kapitel "Mögliche Anbau- und Produktionsmethoden" dargestellt und in einer umfangreichen Untersuchung hinsichtlich Flächen- und Raumeffizienz im Sondierungsprojekt FFG Sondierung Vertical Farming (Projektnummer 854708) behandelt. Das vfi ist in kontinuierlicher Weiterentwicklung eines Kulturpflanzenkatalogs mit dazugehörigen bauphysikalisch zu berücksichtigenden Wachstumsparametern.

Für die Auswahl geeigneter Kulturpflanzen wird über eine erweiterte komparative Sekundärforschung von Studienergebnissen unterschiedlicher Kulturpflanzen getroffen. Verschiedene Forschungsergebnisse bezüglich künstlicher Wachstumsfaktoren, insbesondere Licht- Wärme- und Wasserbedarf, werden dabei miteinander verglichen. Es wird ein bereits bestehenden Kulturpflanzenkatalog mit den dazugehörigen Wachstumsbedingungen über dieses Sondierungsprojekt erweitert. Neben eigens ausgewählten Produkten, welche differenzierte raumklimatische Bedingungen aufweisen, werden zusätzliche Produkte in die Recherche übernommen, die sich aus den Beteiligungsprozessen ergeben werden. Die Produkte sowie deren mögliche Anbau- und Produktionsmethoden werden in den zu untersuchenden Gebäuden dort positioniert, wo es aus rechtlich möglichen Kubaturerweiterungen angemessen erscheint sowie abhängig von der zu Verfügung stehenden Menge an erneuerbarer bzw. frei erhältlicher Energie. Die wesentlichen pflanzenphysiologischen Parameter bzw. Kennwerte für die Simulation²⁷ sind:

PAR (photosynthetically active radiation) ist die photosynthetisch aktive Strahlung,²⁸ ist der Wellenbereich von 400 bis 700 nm, der für die Photosynthese der Pflanzen von größter Bedeutung ist. Die PPFD (Photosynthetic Photon Flux Density) ist die Anzahl der Photonen im PAR-Wellenbereich, die in einer bestimmten Zeitspanne auf eine Oberfläche auftreffen ($\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$). Der Quantensensor misst diesen Wert. Der Wert für einen sehr klaren Himmel liegt in Berlin im Sommer bei ca. $2000 \mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ PAR.“

Der **PPFD**-Wert (photosynthetic photon flux density) für einen klaren, sonnigen Himmel schwankt in verschiedenen Studien um bis zu 15%, von $1.700 \mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ bis $2.000 \mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{d}$. In dieser Arbeit werden $1.800 \mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ für einen klaren sonnigen Tag verwendet. Die meisten Umrechnungsrechner von Planern, Gartenbauern und Grow-Lampenherstellern verwenden den Faktor 0,018 zur Umrechnung von Lux in $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ und den Faktor 0,219 von Photonen in W (Sonnenlicht) oder 4,57 von W (Sonnenlicht in Photonen).

²⁷ Sondierung Vertical Farming, Forschungs- und Förderungsgesellschaft, Cody, B., Podmirseg, D. et al. 2017-19.
<https://projekte.ffg.at/projekt/1697870>

²⁸ An dieser Seite sei erwähnt, dass eine maßgebliche Besonderheit in der Energiesimulation von Räumen für die Pflanzenproduktion ist die Unterscheidung von Lux und PAR ist. Beim Lichtbedarf, welcher die maßgebliche Größe im Energiebedarf darstellt, wird unterschieden zwischen Licht für Menschen und für photosynthetisch aktive Pflanzen.

DLI (daylight integral) bzw. das Tageslichtintegral wird anhand der kumulativen Lichtmenge gemessen, die während eines 24-Stunden-Zeitraums empfangen wird. Er ist abhängig von der Jahreszeit (Sonnenstand), dem Standort, der Luftfeuchtigkeit, der Bewölkung und der Tageslänge (Photoperiode). Das bedeutet für jedes Projekt in der Stadt im Umkehrschluss: Jede geschenkte Kilowattstunde durch die Sonne ist eine Kilowattstunde weniger für die künstliche Beleuchtung. Im Allgemeinen kann gesagt werden, dass der DLI auf der Erde zwischen 5 und 60 mol/m²/d schwankt. In Gewächshäusern übersteigt der DLI häufig 30 mol/m²/d, wenn keine Schattierung vorgenommen wird. Der angestrebte Mindest-DLI im Indoor-Bereich sollte zwischen 10 und 12 mol/m²/d liegen, wenn man auf Zusatzbeleuchtung verzichten möchte.

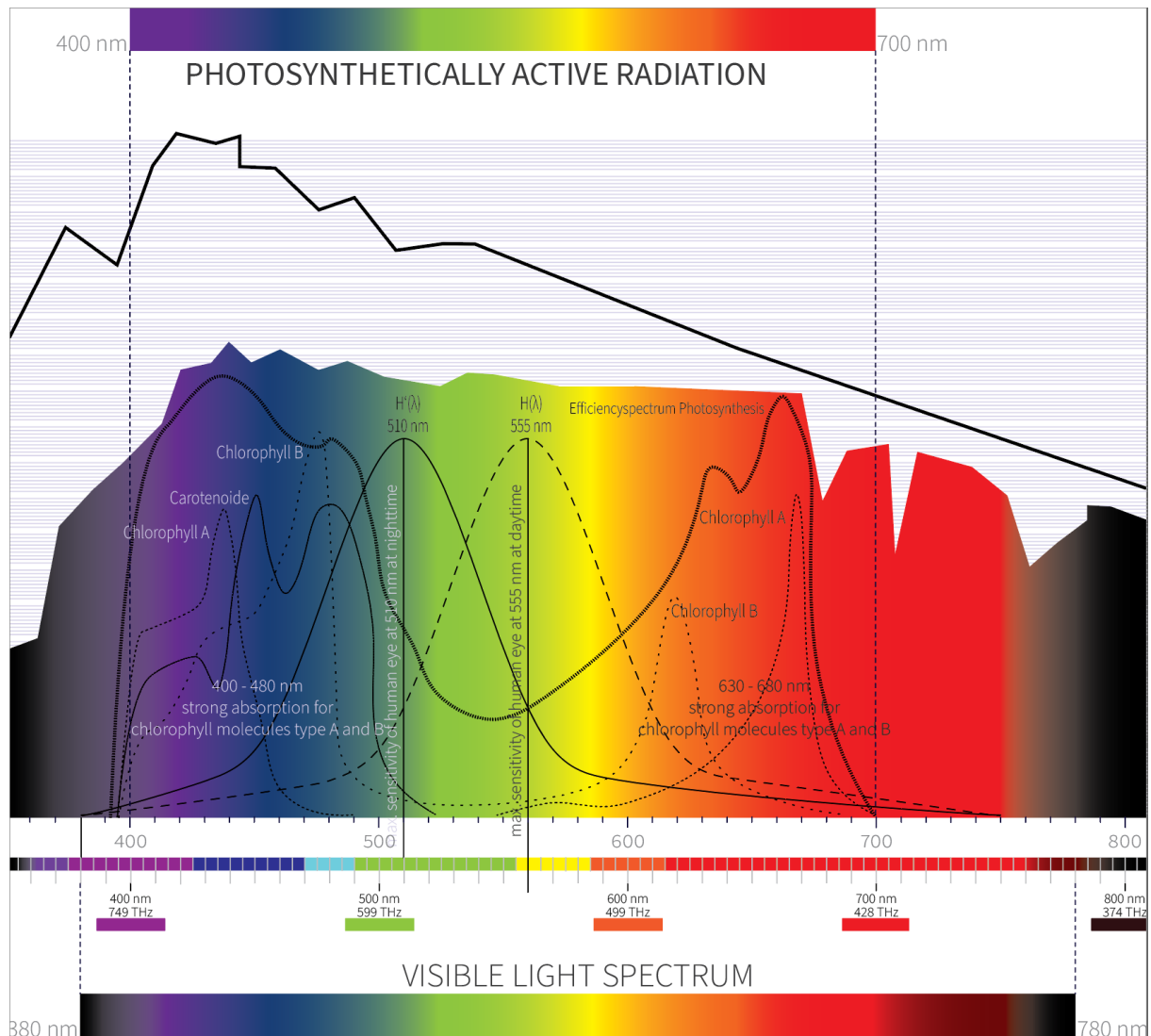


Abbildung 2: Darstellung der photosynthetisch aktiven Strahlung und des sichtbaren Lichts für Menschen

Simulation und Energiekonzept

Bei der Simulationsdefinition handelt es sich um ein parametrisches Modell. Es besteht aus einem graphischen Algorithmus *grasshopper*, welcher die 3D-Modelle mit der Simulationssoftware *EnergyPlus*²⁹, *Radiance*³⁰ und *Climate Data*³¹ verknüpft. Dieses Modell hilft zu verstehen, welche Energieflüsse in der sich kontinuierlich verändernden Funktionskomplexität der untersuchten Gebäude in der Brunnstraße, Schulstraße und Schickelgruberstraße entstehen. Durch die Verknüpfung müssen keine Datensätze exportiert werden. Während der konzeptuellen Entwicklung des 3D-Modells können dadurch Konsequenzen auf Potentiale und Energiebedarfe visualisiert werden können. Der Komplexität des Aufbaus der Simulationsdefinition steht der Vorteil eines effektiven, kontinuierlichen Entwurfsprozess gegenüber, beispielsweise in der Abänderung des Funktions- und Raumprogramms bzw. die Änderung der Lebensmittelprodukte in spezifischen Zonen der Gebäude.

Die eingesetzte Mehrzonen-Energiemodellierung ist eine Methode, die im Bereich der Gebäudeplanung, -betriebs und in der Forschung eingesetzt wird. Sie beinhaltet die Anwendung von mathematischen Modellen zur Simulation der Energieflüsse und den Wechselwirkungen innerhalb und zwischen verschiedenen Zonen eines Gebäudes oder Systems. In einem Mehrzonenmodell werden Energie- und Massenbilanzen über mehrere Zonen hinweg betrachtet, wodurch realitätsnähere Ergebnisse erzielt werden.

Dieser Ansatz ermöglicht in den Folgeschritten eine detaillierte Analyse von Energieverbrauch und -effizienz sowie der Auswirkungen verschiedener Faktoren wie z.B. Belüftung, Isolierung und Nutzerverhalten. Im weiteren Kontext von Energiesystemen erfordern Multi-Energie-Systeme eine ganzheitliche Betrachtung eines Energiesystems, die die Energiephasen von der Gewinnung über die Aufbereitung bis hin zu den Dienstleistungen abdeckt und dabei auch die verschiedenen Träger berücksichtigt.

Für die Simulation des Energiesystems werden verschiedene Szenarien untersucht, um den Einfluss spezifischer Parameter auf den Energiebedarf darzustellen und zu bewerten. Energiebedarfe für Heizen, Kühlen, Lüftung und Geräte (Equipment) werden in einem Datensatz von jeweils 8.760 (stündliche Auswertung) erstellt. Eine vertiefende Untersuchung wird in diesem Projekt aufgrund des Umfangs nicht durchgeführt. Ziel ist die Analyse einer gesamtenergetischen Betrachtung, effizienteste Systemlösungen dienen als Grundlage für die Entwicklung eines qualitativen Energiekonzepts mit der Partnerfirma Sebastian Sautter ZT GmbH.

Es muss an dieser Stelle auf eine Einschränkung bezüglich Wetterdaten hingewiesen werden. Die *epw*-Dateien explizit für die Stadt St. Pölten sind über *EnergyPlus* derzeit noch nicht erhältlich. Dadurch musste auf Klimadaten der Stadt Wien zurückgegriffen werden. Voruntersuchungen auf komparativer Ebene von Klimadaten (ZAMG) von St. Pölten und Wien. Zu den wesentlichen

²⁹ EnergyPlus ist eine Open-Source-Software des US-Energieministeriums (DOE) zur Simulation des Energieverbrauchs von Gebäuden. Es handelt sich um ein umfassendes und robustes Werkzeug, das entwickelt wurde, um den Energiefluss in Gebäuden zu modellieren, einschließlich Heizung, Kühlung, Beleuchtung, Belüftung und Wasserverbrauch für konventionelle Gebäudenutzungen.

³⁰ Radiance ist eine leistungsstarke Software zur Simulation von Beleuchtung und Tageslicht in architektonischen Räumen. Ursprünglich entwickelt von Greg Ward Larson, wird Radiance verwendet, um physikalisch genaue Beleuchtungswerte und realistische Renderings zu erzeugen.

³¹ Diese Software wird verwendet, um große Mengen an Klimadaten zu verarbeiten, zu analysieren und zu visualisieren.

Unterschieden zählen die Durchschnittstemperatur, die in St. Pölten ca. 1,5° unter jener von Wien ist und der Niederschlag ist etwa 25% höher. Da erfahrungsgemäß der Heizwärmebedarf bei Indoor-Produktionsanlagen sehr gering ausfällt, ist der Unterschied somit vertretbar.

Zusatzbetrachtung Lebensmittelanbau

Die Auswahl der Produkte für die unterschiedlichen Bereiche der Produktionseinheiten wurden unter anderem auch ausgewählt, um in der energetischen Betrachtung ein möglichst differenziertes Bild zu erhalten, was den Energiebedarf betrifft. Dies insbesondere für die Kommunikation in Beteiligungsprozessen bzw. für die externe Qualitätssicherung, um für die Thematik Indoorproduktion/Energiebedarf zu sensibilisieren und Potentiale darzustellen, welche aus der Gegenüberstellung der Wachstumsbedingungen unterschiedlicher Produkte ersichtlich sind, um die aktuelle Diskussion hinsichtlich *Vertical Farming*, welche zumeist lediglich die Salat-, Kräuter- und Mirogreenproduktion transportiert, zu erweitern.

4.2. Bürger:innen-Beteiligung im Living Lab

Das Arbeitspaket Bürger:innenbeteiligung im Living Lab zielt auf Dissemination, gemeinsamen Workshops zur Entscheidungsfindung von Planungsmöglichkeiten sowie auf die Erweiterung der Perspektive auf urban farming hinsichtlich qualitativer und inhaltlicher Parameter der Lebensmittelproduktion von Konsumentensicht ab.

Dafür werden über Desk-research zunächst Informationen zu diesem Thema in St. Pölten gesammelt, etwa über Zeitungsartikel, Online-Publikationen auf Verwaltungsebene oder Stakeholder aus Wirtschaft, Bildung und NGOs gesammelt. Diese Informationen dienen zur Entwicklung des Konzepts und Aufbau des Living Labs und die Mitberücksichtigung der Themen in der Workshop-Gestaltung.

Es werden Workshops abgehalten, in denen konzeptuelle Vorarbeiten der drei Gebäude in St. Pölten vorgestellt werden und gemeinsam mit den Beteiligten diskutiert. Es werden Impulse bzw. Wünsche in der Erweiterung oder Abänderung des Nutzpflanzenkatalogs übernommen. Zudem werden die Treffen genutzt, um herauszufinden, in welcher Form und Inhalt künftige Kooperationen mit den Teilnehmenden bei einem etwaigen Umsetzungsprojekt aussehen könnten.

Die Living Lab und deren Aufbau werden im Konsortium, insbesondere mit Vertreter:innen der Stadt St. Pölten konzeptuiert. Eine detaillierte Ausarbeitung erfolgt während des Projektverlaufs im Rahmen von internen Konsortialmeetings. Einladungen zur Teilnahme sollen durch Verwendung der Kommunikationskanäle der Stadtmarketing St.Pölten, die Stadtzeitung, evtl. Regionalradios und diverse sozialen Medien kommuniziert werden und durch persönliche Einladungen durch den Bürgermeister ergänzt werden. Schließlich wird eine projekteigene Website eingerichtet.

Der Beteiligungsprozess wird als mehrere aufeinander aufbauende Workshops im Living Lab Format konzipiert. Für das Konsortium von vorrangiger Bedeutung ist die Identifizierung der Bürger:innen-Perspektive zu o.g. Zielsetzungen; Sensibilisierung für die Lebensmittelproduktionsthematik, Dissemination, Identifizierung der Beteiligungstiefe und -form, die Distribution und Integration in den lokalen Markt Vorbereitung einer Vereinsgründung als die Co-Betreiber der VF.

4.3. Qualitätssicherung (extern)

Die Auswahl der Expert:innen wird gemeinsam vom Konsortium im Laufe des Forschungsprozesses festgelegt. Basierend auf Fragestellungen, welche sich während des Forschungsprozesses ergeben, sollen Personen mit unterschiedlichen Perspektiven und Expertisen gefunden werden, um einen multidisziplinären Austausch bzw. einen Intensivworkshop bei Vorliegen vorläufiger Ergebnisse zu erreichen.

Als Vorbereitung dazu werden schwerpunktmäßige Bewertungskriterien festgelegt bzw. spezifische Expertisen der Teilnehmer:innen mit abgebildet und in die Einarbeitung für das finale Modell überführt. Die Kriterien werden in der folgenden Tabelle abgebildet:

Kriterien - Kategorien
Externe Qualitätssicherung
Betriebswirtschaftliche Einschätzung und Operabilität
Potentiale für Partizipation, Nutzung (halb-)öffentlich
Nachhaltigkeit, Begrünung, Technik (architektonische Potentiale)
Rechtliche Rahmenbedingungen (Architektur und Betrieb)

Tabelle 1: Kriterien-Kategorien für die Zusammenstellung externer Expert:innen

Beabsichtigt ist die Zusammenstellung eines Pools and Expert:innen aus den Bereichen Bauwerksbegrünung, Aquaponic oder Fischzucht, Vegetationstechnik sowie Garten- und Landschaftsbau. Die Expert:innen sollen laufend über den Stand des Projekts informiert werden. Input und Feedback werden im Zuge von Planungsbesprechungen erarbeitet, schwerpunktmäßig gegliedert in Konzipierung, Aktivierung des Gebäudes für die Lebensmittelproduktion bzw. Außenbegrünung und schließlich die technische Ausgestaltung. Den Abschluss des Prozesses der externen Qualitätssicherung bildet ein Expert:innen-Workshop. Dafür sollen aufbauend auf dem Entwicklungsstand des Finalen Modells vier Betrachtungsweisen festgelegt und vertiefend auf deren Chancen und Herausforderungen analysiert sowie Optimierungsprozesse vorgeschlagen.

Dabei handelte es sich um:

- Betriebswirtschaftliche Betrachtungsweisen
- Soziale Betrachtungsweisen
- Rechtliche Betrachtungsweisen
- Technische Betrachtungsweisen

4.4. Präzisierung des finalen Modells

Für die architektonische, technische und wirtschaftliche Planung wird basierend auf der Auswahl einer der drei Bestandsobjekte ein detaillierterer Plansatz in AutoCAD und Rhinoceros (2D und 3D) aufbereitet. Das ausgewählte Objekt soll weiteren Raumstudien unterzogen werden, beispielsweise in unterschiedlicher Gewichtung der Programme Produktion, (halb-)öffentlich und konventionelle Nutzung, um zusätzliche gestalterische Möglichkeiten aus der komparativen Untersuchung zu ableiten zu können.

Dabei werden Positionen laut HOIA der Projektvorbereitung und der Planungsphase erfüllt, um einen Datensatz zu erhalten, welcher für die Einreichplanung adaptierbar ist. Beinhaltet sind Teile der Position 3 der HOAI „Projektentwicklung“ für die Machbarkeitsstudie eine grobe Erhebung rechtlicher Rahmenbedingungen, Marktuntersuchung und Konzepterstellung auf Basis der Erkenntnisse der vorangegangenen Arbeitspakete, sowie ein Nutzungskonzept und die Aufarbeitung der Grundlagen (Konsenspläne). Zudem werden für Studienzwecke und für die Kommunikation nach außen physische Modelle erarbeitet und Visualisierungen der erarbeiteten architektonischen Lösungen.

Die Erhöhung des Detaillierungsgrades dient zur planerischen Darstellung der gewählten Anbau- und Produktionsmethoden, die Berücksichtigung der Flächen für Zusatzfunktionen (der Produktion vor- und nachgelagert) wie etwa Lager, Verkaufsflächen, Schulungsräume, Präsentationsräumlichkeiten wie Seminarräume. Der planerische Detaillierungsgrad wird jedoch differenziert zwischen standardisierten Gebäude- und Technischelementen und speziellen Komponenten hinsichtlich Pflanzenproduktion. Die Pläne dienen auch als Grundlage für die Erstellung des Energiekonzepts. Die Flächenaufstellung als Funktions- und Raumprogramm dient als Grundlage für die Grobkostenschätzung laut DIN 276 und wirtschaftliche Überlegungen wie Planungs- und Investitionskosten sowie Amortisationsrechnungen, ROI und Planbilanzen ermöglichen. Ein Prozessplan soll schematisch den weitere Projektverlauf bis zum Betrieb darstellen.

Der bestehende Kulturpflanzenkatalog wurde in Arbeitspaket 4 und 6 erweitert und liefert die benötigten Ertragsabschätzung der Jahreskulturfolge, Material- und Personalbedarf. Mögliche öffentliche Bereiche werden in Programm und Funktionen näher definiert und in die Planung übernommen. Begrünungsmaßnahmen werden in Flächen- und Kostenmodellen berücksichtigt.

Auf Basis eines finalen Geschäftsmodells wird neben der Transparenz zu den Errichtungskosten die Betriebskosten und die Kosten entlang eines 10-jährigen Lebenszyklus dargestellt. Neben der Ertragskalkulation rundet eine G&V-Rechnung ebenso wie eine Abschätzung der Planungs- und Investitionskosten, Lebenskostenzyklusrechnung, Amortisationsrechnungen, ROI und Planbilanzen ab. Letztlich folgt eine Abschätzung des S-ROI als Indikator für die Stärkung der Stadtresilienz.

Für standardisierte Berechnungs- und Planungsmodelle hinsichtlich Architektur stehen die Ö-Norm 1800-01 sowie die DIN 276 zu Verfügung. Für sämtliche produktionsspezifischen Kostengruppen werden über Desk-research Kennzahlen erhoben und mit Unterstützung interner und externer Partner:innen auf deren Plausibilität abgeschätzt.

4.5. Entwicklung sozio-ökonomischer Business Modelle

Der für die Wolkenfarm verwendete Business Model Canvas (BMC) als strategisches Management-Tool wurde von Alexander Osterwalder gemeinsam mit Yves Pigneur entwickelt. Es wird während der Projektentwicklung als Instrument genutzt, Geschäftsmodelle zu visualisieren und zu strukturieren. Das BMC besteht aus neun Bausteinen, die verschiedene Aspekte eines Geschäftsmodells abdecken: Kundensegmente, Wertangebote, Kanäle, Kundenbeziehungen, Einnahmequellen, Schlüsselressourcen, Schlüsselaktivitäten, Schlüsselpartnerschaften und Kostenstruktur.

Das Hauptziel des BMC ist es, ein Geschäftsmodell zu entwickeln und übersichtlich reduziert darzustellen. Dies schafft ein Übersichtsmodell, welches als Grundlage die Konsortialmeetings begleitet und gemeinsam adaptiert wird. Insbesondere das Zusammenwirken der einzelnen Bausteine (Kundensegmente, Wertangebot und Schlüsselressourcen) sind von großer Bedeutung für die Arbeitspakete Bürger:innenbeteiligung und Kommunikation. Für die Wolkenfarm hat die Auseinandersetzung mit den Bausteinen Einfluss auf die Entwicklung des Funktions- und Raumprogramms inklusive der Berücksichtigung von (halb-)öffentlichen Bereichen.

Vorteile des Einsatzes des BMC im iterativen Arbeiten:

- **Strukturierung:** Es bietet eine klare Struktur, um alle wichtigen Aspekte eines Geschäftsmodells zu erfassen, eine innerhalb des Konsortiums klare Übersicht zu ermöglichen sowie über Meetings, externe Qualitätssicherung und Bürger:innenbeteiligung zu erweitern bzw. adaptieren.
- **Kommunikation:** Es erleichtert die Kommunikation des Geschäftsmodells gegenüber Konsortialpartner:innen, insbesondere Marketing St. Pölten, vfi und GSG, potentiellen Investoren und anderen Stakeholdern.
- **Analyse:** Es ermöglicht eine einfache und offene Analyse bzw. Kritik der Stärken und Schwächen eines möglichen Geschäftsmodells.
- **Flexibilität:** Es ist ein flexibles Tool, das in seiner stringenten Strukturierung flexible Erweiterungen, Reduktionen bzw. Präzisierungen zulässt.
- **Innovation:** Es fördert die Innovation, indem es dazu anregt, sich aleatorisch verschiedenen Geschäftsmodellen in der Diskussion anzunähern und zu vergleichen

Für die Integration der Ertragserwartung in das sozio-ökonomische Geschäftsmodell und die Kostenschätzung wird der sich kontinuierlich erweiternde Kulturpflanzenkatalog mit Pilzen, Fischen und Insekten erweitert und im Rahmen der Studie erhoben, welche Marktpreise für spezifische Produkte zu erwarten ist. Dafür wird auf das bestehende Netzwerk des Konsortiums zurückgegriffen – bestehend aus Zulieferern, bei Möglichkeit Fachplaner:innen und Produzent:innen der urbanen Lebensmittelproduktion. Es wird versucht, zusätzliche Marktpreise aus dem Lebensmittelhandel zu erhalten, insbesondere Einkaufspreise.

Das sozioökonomische Geschäftsmodell integriert soziale und ökologische Ziele in die Geschäftsstrategie. Das zu erarbeitende Modell, abgeleitet von dem finalen BMC strebt danach, einen positiven Einfluss auf Gesellschaft und Umwelt zu haben, indem es nachhaltige Praktiken und soziale Verantwortung fördern, insbesondere im Hinblick auf Lebensmittelsicherheit, -produktion

und Umweltkosten. Es berücksichtigt den “Triple Bottom Line”-Ansatz, der finanzielle, soziale und ökologische Aspekte umfasst. In der Differenzierung zu konventionellen Geschäftsmodellen soll schwerpunktmäßig auf folgende Merkmale gesetzt werden.

4.6. Kommunikation, Projektmarketing, Stakeholdermanagement, Dissemination

Für die Kommunikation und Dissemination der Projektaktivitäten und -ergebnisse wird eine Website für das Forschungsprojekt erstellt und über die Projektlaufzeit betreut. Weiters werden *Social Media*-Kanäle aktiviert. Sie dienen dem Aufbau einer Community rund um das Projekt, welche in weiterer Folge auch die Bildung einer unterstützenden Stakeholdergruppe rund um das Projekt ermöglichen sollen.

Die Website der [Wolkenfarm](#) stellt das Projektteam und das Forschungsprojekt vor und wird laufend aktualisiert. Informationen und Teilergebnisse zum Forschungsprozess werden somit der interessierten Öffentlichkeit zugänglich gemacht. Über die Projekt-Newsletter werden die eingetragenen Personen regelmäßig zusätzlich über den Stand der Entwicklung informiert.

Im Zuge der Stakeholder-Analyse zum Einzugsgebiet des Projektstandortes werden zunächst verschiedene Stakeholder und damit wesentliche Akteur:innen der Wolkenfarm ermittelt und aktiviert. Repräsentative Gruppen von Stakeholder nehmen an einer persönlichen Befragung teil und sollen an weiterführenden Living Lab Workshops teilnehmen.

Stakeholder werden zusätzlich persönlich über den Partner Marketing St. Pölten vor Ort kontinuierlich über den Forschungsprozess informiert. Informationsmaterialien werden erstellt in (Drucksorten und digitale Medien) Diese sollen neben allgemeinen wissenswerten Fakten zum Thema „urbane Lebensmittelproduktion“ zusätzlich forschungsprojektrelevante Informationen enthalten. Für die Pressekonferenz wird auf das entstandene Netzwerk des Forschungskonsortiums zurückgegriffen, um größtmögliche Sichtbarkeit zu erlangen. Nationale und internationale Kontakte werden für die Abschlusskonferenz eingeladen oder über die Ergebnisse informiert.

Abschlusskonferenz

Für die Abschlusskonferenz wird ein interaktives Einbindungsformat in kleinem Rahmen erarbeitet, welches über die klassische Präsentationsmethode hinaus eine verstärkte Einbindung der Konferenzteilnehmer:innen erlaubt.

Die Konferenz, als Pressekonferenz nach außen kommuniziert, wird mit dem Projektende zusammenfallen und soll auf Einladung des Bürgermeisters der Stadt St. Pölten, Mag. Matthias Stadler erfolgen.

Zu den Zielgruppen für die Konferenz zählen Teilnehmer:innen der Bürger:innenbeteiligung, Living Lab und anderen Workshops, Vertreter:innen aus Wirtschaft, Verwaltung und Politik, Partner:innen von Marketing St.Pölten, Medienvertreter:innen sowie interessierte Privatpersonen.



Abbildung 3: Rendering in der Vogelperspektive der "Wolkenfarm", Polytechnische Schule St. Pölten

5 Ergebnisse

5.1. Grundlagenermittlung dreier vertikaler Farmen

Drei Gebäude wurden von der Stadt St. Pölten dem vfi zu Verfügung gestellt, um die komparative Studie durchzuführen. Dabei handelte es sich um ein reines Wohngebäude in der Brunnngasse, ein Wohngebäude mit Gewerbenutzung in der Sockelzone, welches sich in der Schulgasse befindet, sowie die Polytechnische Schule in der Hans Schickelgruberstraße.

Sämtliche Gebäude befinden sich im Eigentum der Stadt St. Pölten. Sie sollen in nächster Zukunft einer energetischen Untersuchung und folglich einer Generalsanierung unterzogen werden. Dieser Umstand war ein wesentlicher Grund für den Vorschlag seitens Gemeinde, um anhand der Bestandsgebäude die vorliegende Studie durchzuführen.

Referenzgebäude	Projektionsfläche	Bruttorauminhalt	Bruttogeschosßfläche
Brunngasse	164,54 m ²	3 268,00 m ³	759,65 m ²
Schulgasse	365,06 m ²	7 413,37 m ³	1 684,85 m ²
Schickelgruberstraße	819,25 m ²	11 249,83 m ³	3 071,57 m ²

Tabelle 2: Kenngrößen der Referenzgebäude

Die Tabelle zeigt die Daten von drei Referenzgebäuden in Bezug auf ihre Projektionsfläche, den Bruttorauminhalt und die Bruttogeschosßfläche. Das Gebäude in der Brunnngasse hat eine Projektionsfläche (*building footprint*) von 164,54 m². Es ist inkl. Erdgeschoss fünfgeschoßig mit einem Bruttorauminhalt von 3.268,00 m³ und eine Bruttogeschosßfläche von 759,65 m². Es handelt sich um ein reines Wohngebäude.

Das Gebäude in der Schulgasse weist eine Projektionsfläche von 365,06 m², einen Bruttorauminhalt von 7.413,37 m³ und eine Bruttogeschosßfläche von 1.684,85 m² auf. Die Erdgeschoßebene wird gewerblich genutzt, die verbleibenden vier Geschoße sind Wohnnutzungen.

Das größte Gebäude befindet sich in der Schickelgruberstraße mit einer Projektionsfläche von 819,25 m², einem Bruttorauminhalt von 11.249,83 m³ und einer Bruttogeschosßfläche von 3.071,57 m², das sich auf vier Ebenen verteilt.

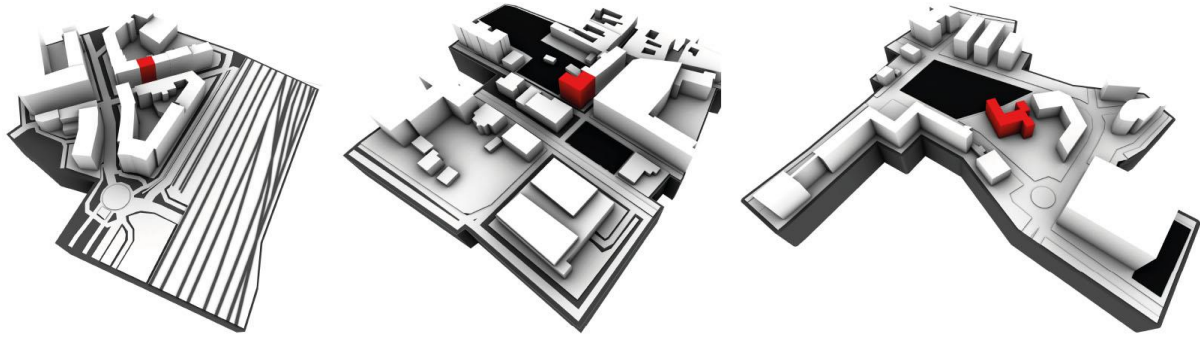


Abbildung 4: Referenzgebäude der Stadt St. Pölten (v.l.n.r. Brunngasse, Schulgasse, Hans Schickelgruberstraße)

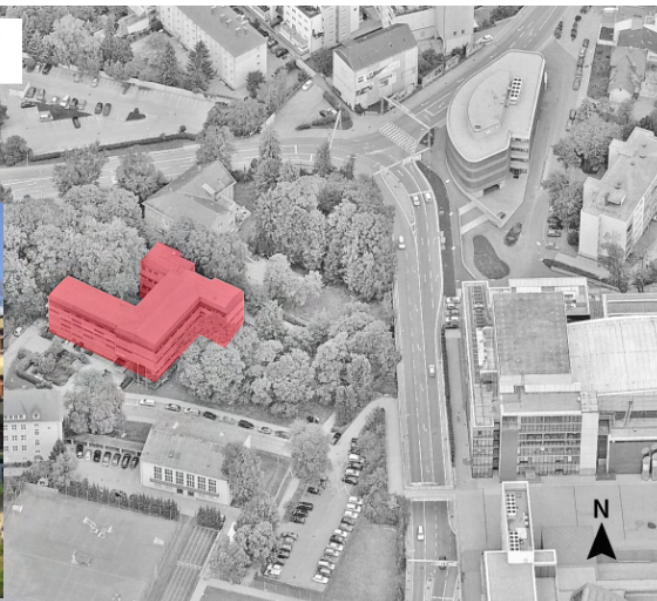
Bestandsgebäude 1
Brunngasse



Bestandsgebäude 2
Schulgasse



Bestandsgebäude 3
Hans Schickelgruberstraße



5.1.1. Städtebau und Energie

Die Bestandsgebäude in der Brunngasse, Schulgasse und Hans Schickelgruberstraße wurden auf deren stadträumliche Potentiale untersucht. Wesentlich hierbei war die Untersuchung der umgebenden Gebäudestruktur, der Bebauungsdichte und deren Beeinträchtigung für die mögliche Nutzung des Tageslichts. Die städtebauliche Analyse dient auch der Ermittlung möglicher Stakeholder, d.h. das Hervorheben möglicher Abnehmer:innen bzw. Kund:innen der produzierten Lebensmittel im näheren Umfeld. Weiters wurde die bestehende Qualität des Anschlusses an öffentliche bzw. private Infrastruktur sowie die fußläufige Erreichbarkeit im Sinne der „Stadt der kurzen Wege“ untersucht. Die vertikale Farm als strukturelles Element des urbanen Systems ist ein architektonisches Objekt im Zentrum des Stadtgefüges. Deshalb ist auch die Sichtbarkeit (Schaffung von Identifikationspotential) und das Potential ästhetischer Akzentsetzung ein Teil der Kriterien in der Analyse und letztlich der Auswahl für die Überführung in das finale Modell.

Basierend auf diesen Parametern wurde zu Beginn das Wohngebäude in der Schulgasse favorisiert, da es durch seine zentrale Lage und die Anbindung an das öffentliche und private Verkehrsnetz die größten Qualitäten aufwies. Das Wohngebäude in der Brunngasse ist trotz ihrer Nähe zum Bahnhof aus Sicht der Frequenz recht isoliert. Erhebliche Schwierigkeiten wies das Gebäude auf beim Versuch, vertikale Erschließungskonzepte zu integrieren, welche durch die Prozesskette (beispielsweise Zu- und Ablieferung) erforderlich war. Die Polytechnische Schule schien zu Beginn aus urbaner Betrachtungsweise ebenso wenig zu favorisieren, da sie als Solitär im öffentlichen Grünraum steht.

Es wurde ein umfassender Lageplan in der Größe erstellt, um sämtliche Bestandsgebäude darstellen zu können. Dabei wurden die wichtigsten Funktionen im Stadtgefüge ermittelt. Dazu zählen Wohngebäude, kommerziell genutzte Flächen, Industrieflächen, Bildungseinrichtungen, religiös genutzte Gebäude, Krankenhäuser, Mischnutzungen, Gastronomie, Grünflächen wie Parks sowie Geschäftsstraßen.

Darauf aufbauend wurden die Gebäude gemeinsam mit der Randbebauung in ein 3D-überführt und mittels *Radiance*³² einer Solarstudie unterzogen. Die Ergebnisse des solaren Eintrags über das gesamte Jahr hinweg wiesen klare Vorteile für die aktive und passive Nutzung der Solarenergie für die Polytechnische Schule erkennen, gefolgt vom Wohngebäude in der Schulgasse und- die Brunngasse.

Das Objekt in der Brunngasse hat durch seine NO-SW-Ausrichtung und die dichte Randbebauung den geringsten solaren Eintrag. Das Gebäude in der Schulgasse hat trotz dichter Randbebauung eine gute Ausrichtung, die über zwei Gebäudekanten orientiert ist (NS und OW). Die Polytechnische Schule in der Hans Schickelgruberstraße wies durch die geringe Beeinträchtigung der weiter entfernten Nachbargebäude größtmögliche Flexibilität für die Massenstudien für ein vertikalisiertes Gewächshaus und das zu entwickelnde Energiekonzept auf. Letztlich wies das Grundstück die größten Möglichkeiten für eine Erweiterung des öffentlichen Raums, der Zu- und Ablieferung sowie der Unterbringung und Gestaltung zusätzlich erforderlicher vertikaler Erschließungen auf.

³² Radiance ist eine leistungsstarke Software zur Simulation von Beleuchtung und Tageslicht in architektonischen Räumen.

Somit fiel nach Abschluss der analytischen Voruntersuchungen, stadträumlich, energetisch und architektonische Ausgestaltung die Empfehlung, die Polytechnische Schule einer vertiefenden Untersuchung zu widmen. Dieses Gebäude wurde dahingehend aufbereitet, um konkrete Betrachtungsweisen mit der externen Expert:innen im Rahmen der Qualitätssicherung zu vertiefen.



Abbildung 6: St. Pölten, Lage der Bestandsgebäude

Die Gebäudeausrichtung, die zu Verfügung stehende Dachfläche und das daraus resultierende Bauvolumen, die energetischen Potentiale waren die wesentlichen Parameter, welche zu diesem Resultat führten. Dadurch weist das Gebäude die höchstmögliche Flexibilität für unterschiedliche Betreiber:innenkonzepte auf. Zudem wurden die Vorteile im Sinne der Bildung, Ausbildung und der Einbindung der Öffentlichkeit bei der Erweiterung der Polytechnischen Schule mit einer vertikalen Farm hervorgehoben. Mit diesen Ergebnissen konnte auch die Direktion der Polytechnischen Schule gewonnen werden, welche sich bereit erklärt hat, dem Konsortium zu Verfügung zu stellen für die Präzisierung des finalen Modells.

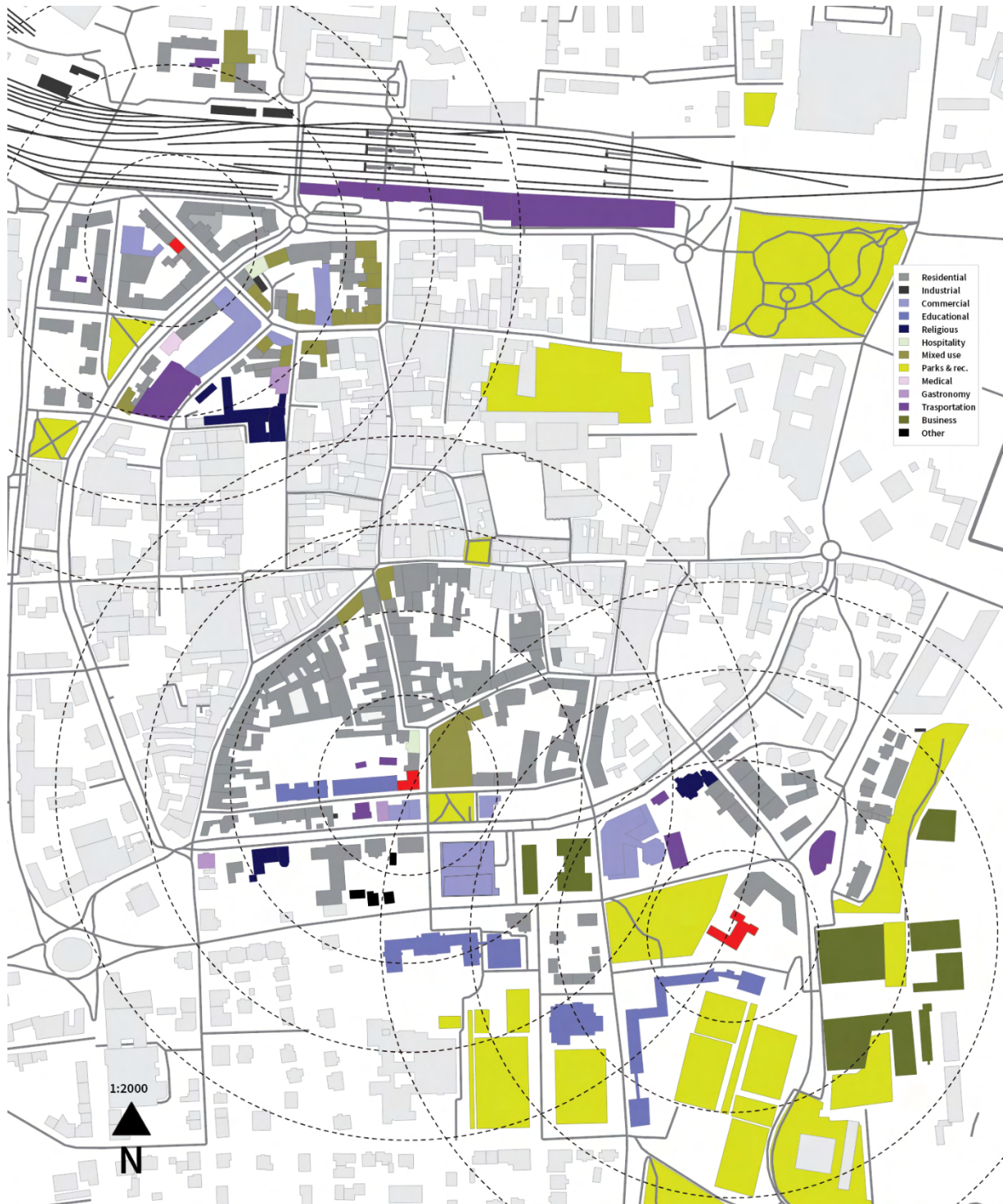


Abbildung 7: St. Pölten mit Bestandsgebäuden, Programmen und Distanzringen (90m = 1 min. Fußweg)

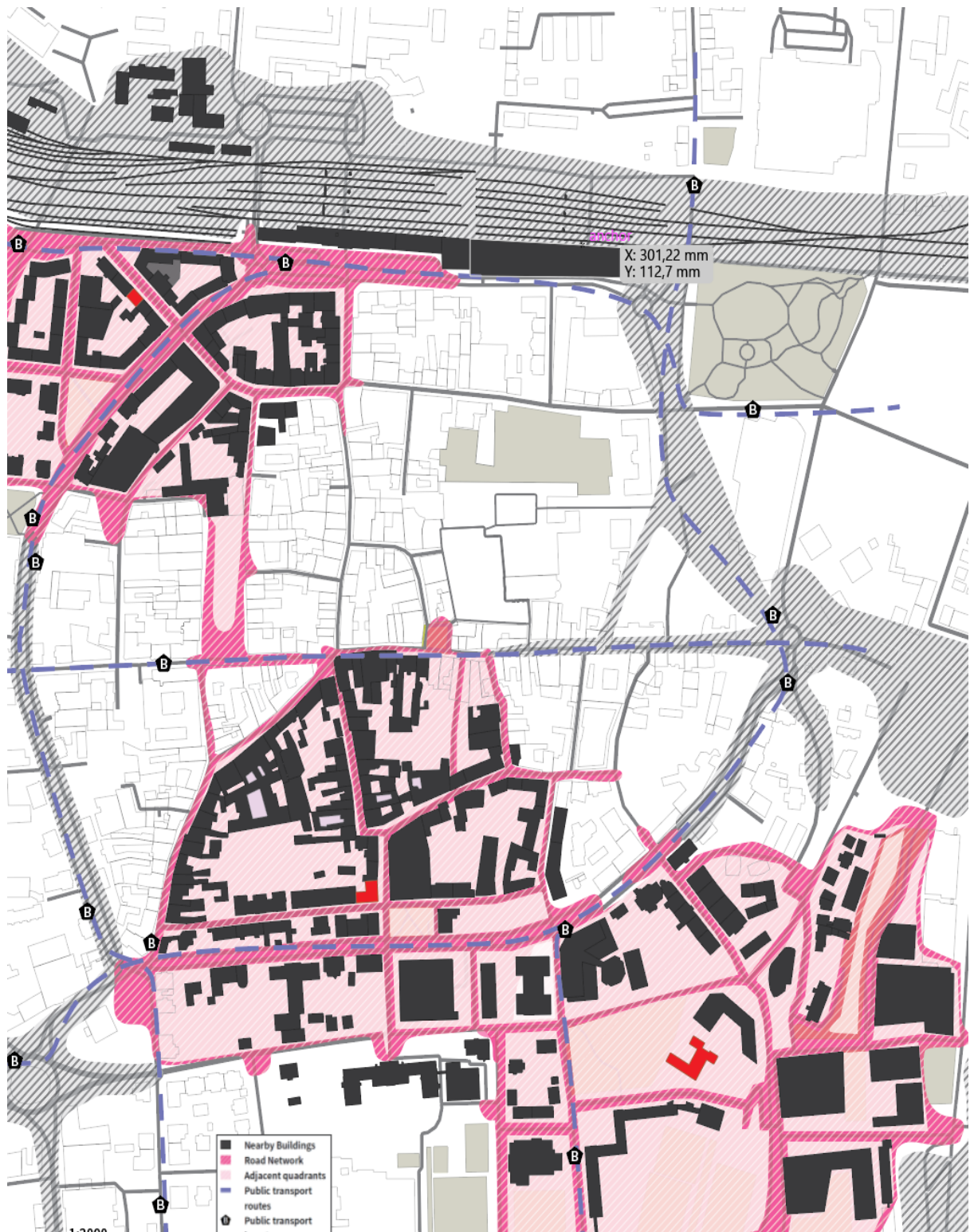


Abbildung 8: St. Pölten mit Bestandsgebäuden, Mobilität und Verkehr

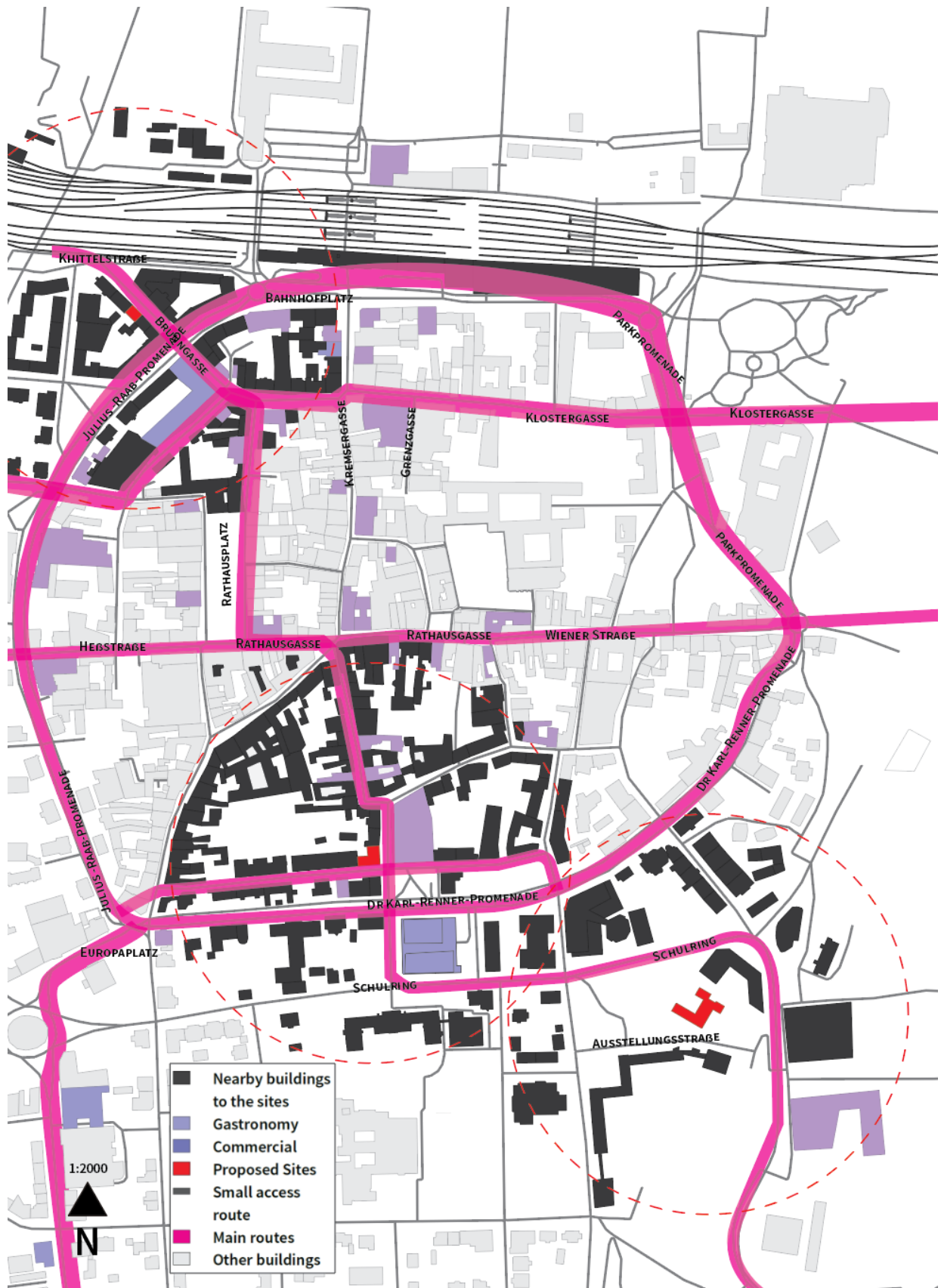
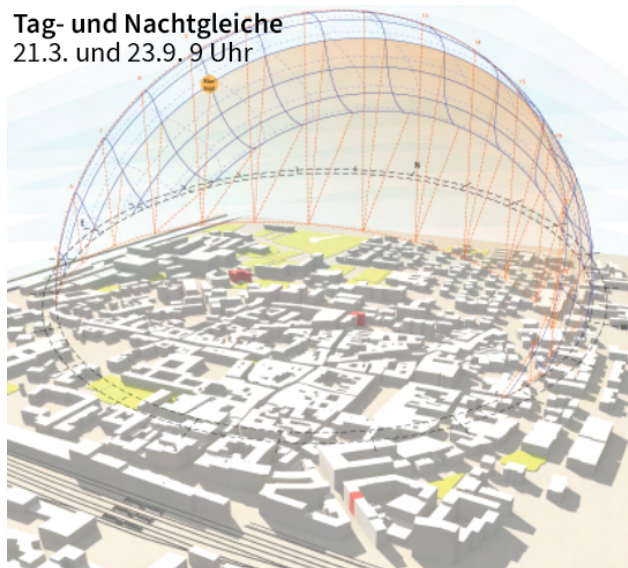


Abbildung 9: St. Pölten, Hauptverkehrsverbindungen, Gastronomie und Gewerbe

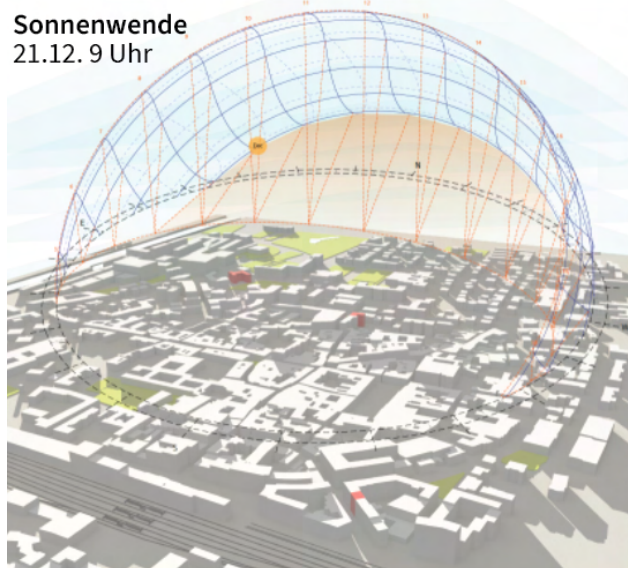
Tag- und Nachtgleiche
21.3. und 23.9. 9 Uhr



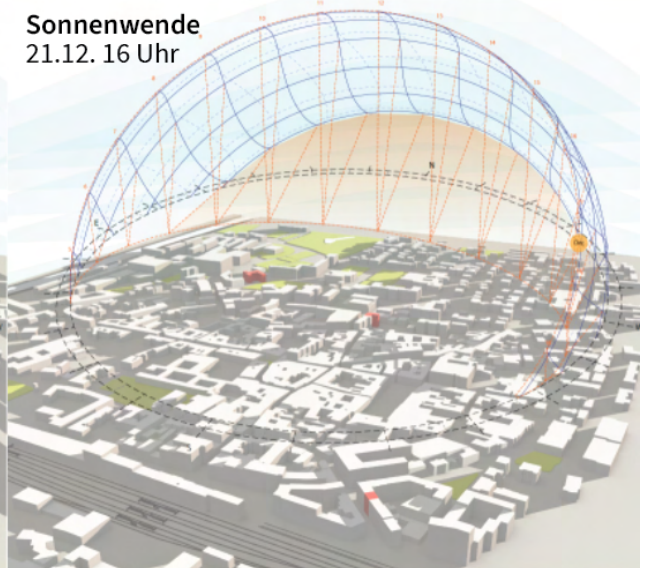
Tag- und Nachtgleiche
21.03. und 23.9. 16 Uhr



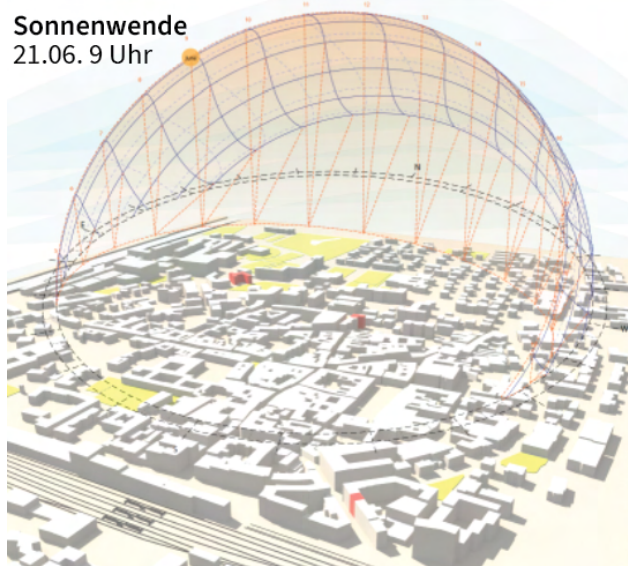
Sonnenwende
21.12. 9 Uhr



Sonnenwende
21.12. 16 Uhr



Sonnenwende
21.06. 9 Uhr



Sonnenwende
21.06. 16 Uhr

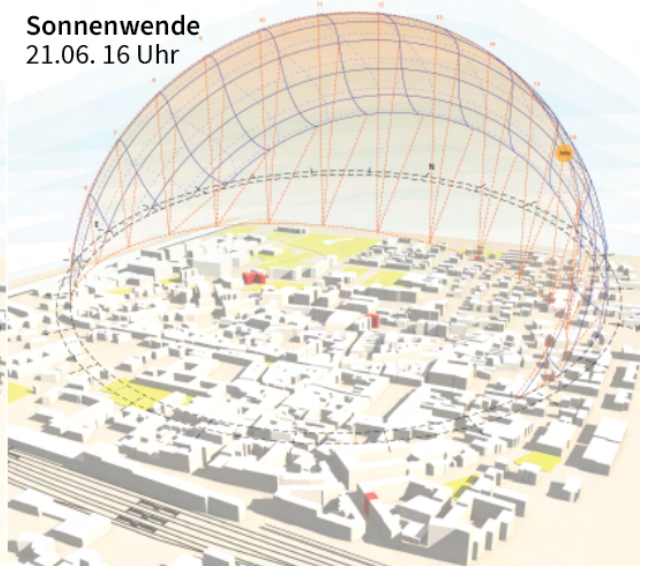


Abbildung 10: Voruntersuchung mittels Solar- und Beschattungsstudie mit *Climate Data*

5.1.2. Gebäude, Architektur und Energie

Trotz frühzeitiger Favorisierung wurden sämtliche Gebäude in einem höheren Detaillierungsgrad erneut digital erfasst und weitere Untersuchungen vorgenommen. Für sämtliche Gebäude wurden über Massenstudien Volumina, Funktionen und Programmen aleatorisch untersucht. Die festgelegten Funktionen in diesem Entwicklungsstadium wurden definiert mit:

- Blau: Produktion
- Weiß: Produktionsbezogen
- Pink: (Halb-)öffentliche Bereiche
- Grau: Horizontale und vertikale Erschließung

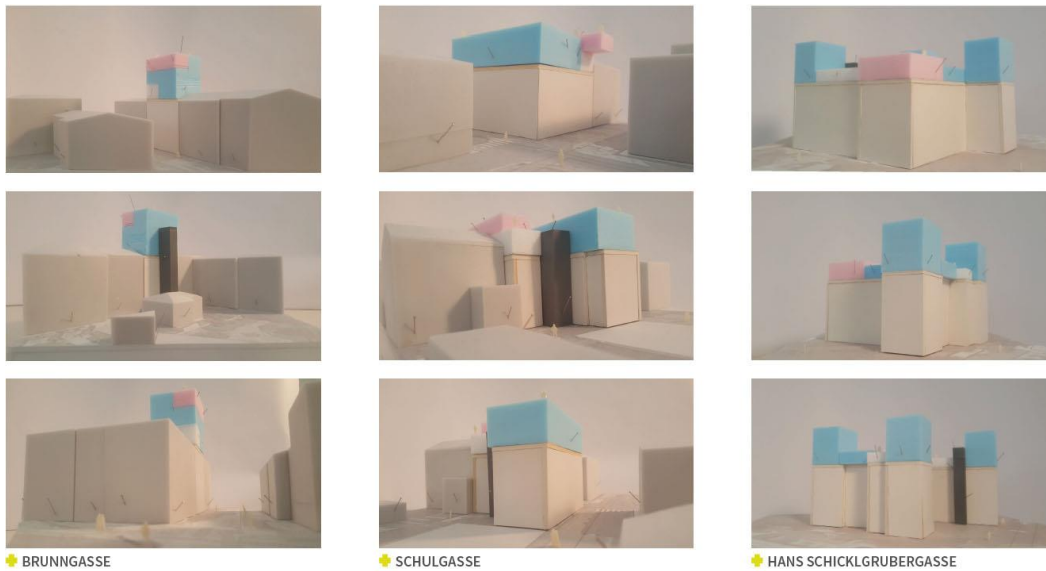


Abbildung 11: Ergebnisse der iterativen Raumstudien, physische Modelle im M = 1:200

Dabei galt es festzustellen, welche Flächen und Kubaturen für die unterschiedlichen Funktionen im Rahmen rechtlicher Bebaubarkeit erzielt werden können. Diese Flächen wurden festgelegt mit:

- Produktion
 - Anbauflächen für Produktionsmethoden wie vertikal rotierende, horizontal rotierende Produktionseinheiten sowie single-layer-Flächen
- Produktionsbezogen
 - Lager (Stauraum und Kühlflächen)
 - Verarbeitung (waschen, verpacken, Veredelung, u.ä.)
 - Kommissionierung, Übernahme
- (Halb-)öffentliche Bereiche
 - Seminarräume
 - Veranstaltungsräume
 - Begehbare Gründächer
 - Demonstrationsräume
- Horizontale und vertikale Erschließung
 - Zulieferung
 - Ablieferung

- Interne Erschließungen für Materialtransport, Prozessabläufe

Durch diese Herangehensweise konnte ermittelt werden, welche resultierenden Flächen für die Produktion ableitbar waren, welche Zusatzfunktionen entlang der Wertschöpfungskette innerhalb der Kubatur räumlich untergebracht werden, konnte und schließlich – im Sinne der Betreiberfreundlichkeit – inwieweit Intralogistik, Erschließung und Vertrieb integrierbar ist. Dies innerhalb der zugewiesenen Gebäudeklassen.

Die folgende Tabelle 3 stellt die möglichen zu Verfügung stehenden Flächen dar, welche aus den Raumstudien ableitbar waren. Diese dienen als Grundlage für die erste Grobkostenschätzung und Ertragserwartungen. Die Auswertung zeigt, dass mit hoher Wahrscheinlichkeit eine flexible ökonomische Nutzung der Brunngasse bzw. der Schulgasse tendenziell als herausfordernd eingestuft werden kann. Damit ist gemeint, dass die Adaptierung der Produktionsvolumen mit alternativen Produktionsmethoden, mit geringerer Anbaufläche als jene, die in der vorliegenden Arbeit untersucht wurden, für künftige potenzielle Betreiber:innen wirtschaftlich kaum tragbar sein werden.³³

Für das Volumen für die Lebensmittelproduktion stehen 965,93 m³ in der Brunngasse 1.644,04 m³ in der Schulgasse und 3.046,39 m³ in der Hans Schickelgruberstraße der Polytechnischen Schule gegenüber. Dies ist die maximal erzielbare Kubatur, wenn Zusatzfunktionen wie oben genannt mitberücksichtigt werden wollen.

AUSWERTUNG POTENTIALE BESTANDSGEBÄUDE		Brunngasse	Schulgasse	Schickelgruberstraße
GEBÄUDE	Grundfläche Bestandsgebäude [BGF]	151,32 m ²	336,97 m ²	795,10 m ²
	Kubatur Bestand [BRI]	3 268,00 m ³	7 413,37 m ³	11 249,83 m ³
	Kubatur Aufbau [BRI]	1 361,94 m ³	2 128,20 m ³	4 491,03 m ³
PROGRAMM	Kubatur Produktion [BRI]	965,93 m ³	1 644,04 m ³	3 046,39 m ³
	Kubatur Produktionsbezogen [BRI]	169,02 m ³	244,01 m ³	506,90 m ³
	Kubatur (Halb-)Öffentlich [BRI]	226,99 m ³	240,15 m ³	937,74 m ³
	Kubatur Gesamt [BRI]	1 361,94 m ³	2 128,20 m ³	4 491,03 m ³
	BGF Aufbau Produktion	151,32 m ²	273,24 m ²	516,23 m ²
	BGF Aufbau Prod.bez.	56,34 m ²	94,91 m ²	173,01 m ²
	BGF Aufbau 1/2Öffentlich	75,66 m ²	89,24 m ²	145,33 m ²
	Aufbau Gesamt [BGF]	283,32 m ²	362,48 m ²	834,57 m ²

Tabelle 3: Auswertung und Gegenüberstellung Indikatoren Produktion

Auch die geringe zu Verfügung stehende Dachfläche und der erwartungsgemäß geringe Einfluss auf Tageslichtversorgung photosynthetisch aktiver Pflanzen – bietet einen wesentlich geringeren Entwicklungsspielraum als in der Schickelgruberstraße. Und zwar unabhängig von den implementierten Produktionsmethoden, also Maßnahmen zur Vertikalisierung bzw. Stapelung der Anbauflächen. Somit wurden diese Gebäude in der Brunngasse und in der Schulgasse unter diesem

³³ Dies im Hinblick auf Produkte, welche bereits im Lebensmittelhandel bereits verfügbar und damit preislich mit ihnen in Konkurrenz stehen.

Gesichtspunkt negativ bewertet.³⁴

AUSWERTUNG INDIKATOREN		Brunngasse	Schulgasse	Schickelgruberstraße
PRODUKTION	Anbaumethode (ref)	hydroponics	hydroponics	hydroponics
	Produktionsmethode	VRS, HRS, CR	HRS, CR	VRS, CR, C
	Anbaufläche [m²]	375,55	585,46	839,59
	Ertrag/BGF Produktion [kg/m²]	85,20	73,18	44,99
	Ertrag/BRI Produktion[kg/m³]	76,28	81,95	45,82
EFFIZIENZ INDIKATOREN	Energy Use [preliminary ass.]	POWER	POWER AND THERMAL	P, TH, ICE STORAGE
	Water requirements	2,38 L/m²/d	2,88 L/m²/d	2,47 L/m²/d
	Land Use - eq. [m²]	6 384,22	4 984,05	12 214,86
	Verhältnis Ertrag BGF/BRI	1,12	0,89	0,98
	Faktor Grundfläche/Anbau konv.	42,00	14,00	15,00
	CO ₂ eq	MID	LOW	LOW

Tabelle 4: Auswertung und Gegenüberstellung Indikatoren Produktion

Tabelle 4 stellt die maximal unterzubringende Anbaufläche dar. Demnach kommt die Brunngasse auf 375,55 m² reine Anbaufläche, die Schulgasse trotz mehr zu Verfügung stehenden Grundfläche auf 585,46 m² und die Hans Schickelgruberstraße auf bereits 839,59 m². Der Grund für die geringere Anbaufläche der Schulgasse ergibt sich auf der Geometrie, welche zu einem höheren Flächenbedarf der horizontalen Erschließung führt.

Zudem bot die große Dachfläche der Schickelgruberstraße die Gelegenheit, aus komparativen Gründen einem Produktionsvolumen die Nutzung durch konventionelle Gewächshausproduktion zuzuweisen. Dies erklärt die relativ geringe Anbaufläche (Ertrag/BGF Produktion [kg/m²] im Vergleich zu den anderen Bestandsgebäuden.

Bei den verwendeten Produktionsmethoden für die Bestandsgebäude handelt es sich um

- VRS: *Vertical Rotating System* (vergleichbar mit der Produktionsmethode Skygreens)
- HRS: *Horizontal Rotating System* (vergleichbar mit der Produktionsmethode Paignton Zoo)
- CR / *Carousel*: (vergleichbar mit der Produktionsmethode der VF Vertical Harvest)
- C: konventionelle Gewächshausproduktionsmethode als Single-Layer

Die Visualisierungen in den Abbildung 47, Abbildung 48 und Abbildung 49 stellen den Einsatz und die Positionierungen der ausgewählten Produktionsmethoden dar.

Als zusätzliche Indikatoren wurden erste Ertragsabschätzungen, vereinfacht mit den Produkten Salate, Minze und Basilikum ermittelt, angegeben in durchschnittlicher Menge pro Jahr und Quadratmeter Anbaufläche, Bruttogeschoßfläche der Produktionseinheit sowie pro Kubikmeter der Produktionseinheit.

³⁴ Es wird hierbei jedoch ergänzt, dass aus energetischer Perspektive große Synergiepotentiale zu erwarten wären. Dies durch die Tatsache begründet, dass die Erweiterung des Gebäudebestands durch auf dem Dach positionierten Zusatzfunktionen, insbesondere gewächshausähnlicher Kubaturen, ohne zusätzliche energetische Sanierung den Heizwärmebedarf beträchtlich senken würden.

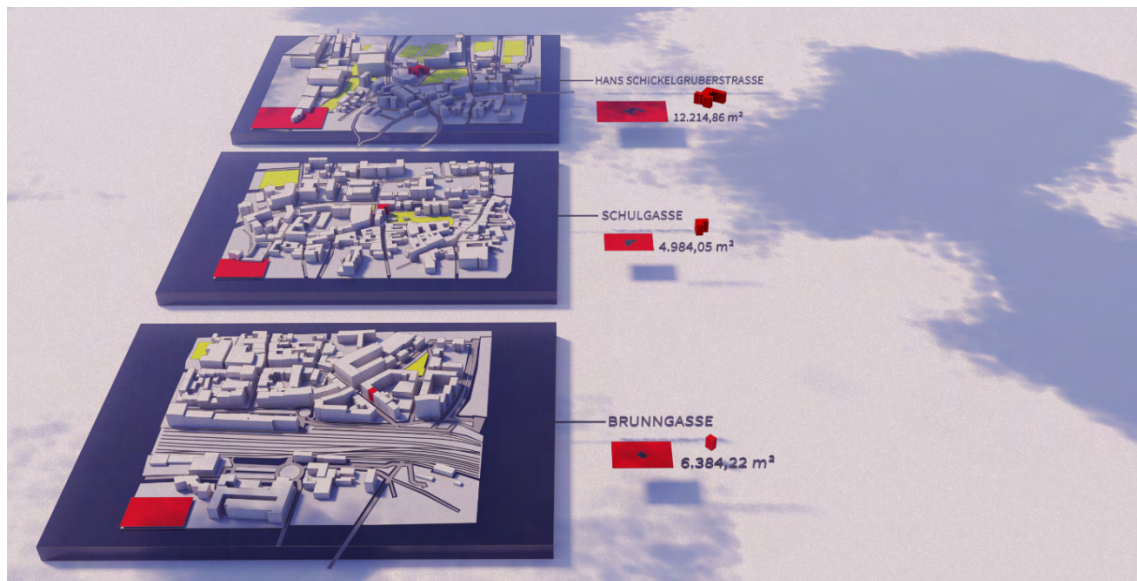


Abbildung 12: Flächenbeanspruchung Vertical Farming-Produktion und Äquivalent konventionelle Landwirtschaft

Schließlich wurde für das Potential positiver Externalitäten in Bezug auf Flächenverbrauch errechnet, welches Flächenäquivalent für konventionellen Anbau den Produktionsvolumen in den Bestandsgebäuden gegenübersteht. Diese wird in Abbildung 12 diagrammatisch dargestellt.

Im Folgenden wird eine detailliertere Betrachtung der Produktionsindikatoren vorgenommen. Die Ertragserwartungen³⁵ sind indikativ. Das bedeutet, dass für die ersten Annäherungen ein vereinfachtes Rechenmodell herangezogen wurde, welcher dieselben Produkte (Salate, Minze und Basilikum) prozentuell gleichwertig auf die Anbaufläche verteilt. Die Anbaumethode ist hydroponisch. Der wirtschaftliche Ertrag pro Einheit sind als Verkaufspreise für Endkunden zu verstehen. Dadurch wird der am höchsten zu erwartete Umsatz ermittelt, um Indikatoren für die Wirtschaftlichkeit abzuleiten.³⁶ Der Vollständigkeit halber werden zudem Schätzungen ergänzt, welche die Umsatzerwartung für die ermittelte Produktion abbildet für den Verkauf an die Gastronomie und den Lebensmittelhandel.

Der Jahresertrag für die Brunngasse liegt bei 12,89 t mit einer Umsatzerwartung für den Direktverkauf von ca. 410.000 €. Die Schulgasse kann ca. 20 t mit einem Umsatz von ca. 617.000 € erwirtschaften und die Schickelgruberstraße 23,22 t mit einem Gesamtumsatz von 1,1 Mio. €. Auf die Berechnungsmethodik wird genauer in den Tabellen in Kapitel 5.2.3 „Ertrag und Flächenverbrauch“ eingegangen.

Für die weitere Untersuchung – bzw. als Referenz für ähnliche Projekte dient während des Entwurfsprozesses der Indikator der Ertragserwartung pro Grundfläche sowie die Ertragserwartung pro Volumen Produktionseinheit. Diese Werte – kombiniert mit ermittelten Einkaufspreisen – ermöglichen im Frühstadium Machbarkeitsstudien bzw. der Konzeption die Ableitung von Stop/Go-Kriterien für weitere Untersuchungen.

³⁵ siehe dazu Abbildung 41 im Anhang

³⁶ Aufgrund der geringen Anbaufläche sind nach Einschätzung des Konsortiums die Abnahme durch Supermärkte nicht realistisch, die Einkaufspreise des Lebensmittelhandels sind bei ca. 10 – 25% der verwendeten Zahlen anzusiedeln. Zwischen den Lebensmittelpreisen für Einkauf des Handels und die verwendeten Preise für den Endkunden können erwartbare Erträge für die Gastronomie angesiedelt werden.

Einheit	Brunngasse	Schulgasse	Schickelgruberstr.
Jahresertrag [kg]	12 892,97	19 996,69	23 226,68
Salate [kg/a]	8 352,10	12 992,02	9 342,23
Minze [kg/a]	1 172,13	3 409,47	6 631,83
Basilikum [kg/a]	3 368,75	3 595,20	7 252,61
Umsatz/a [€] Retail	€ 82 002,69	€ 123 444,64	€ 221 966,56
Umsatz/a [€] Gastronomie	€ 307 510,09	€ 462 917,41	€ 832 374,61
Umsatz/a [€] Direktverkauf	€ 410 013,45	€ 617 223,21	€ 1 109 832,81
Salate [€/a]	€ 58 464,68	€ 90 944,15	€ 65 395,63
Minze [€/a]	€ 82 049,03	€ 238 662,98	€ 464 228,35
Basilikum [€/a]	€ 269 499,74	€ 287 616,08	€ 580 208,83
Ertrag / Grundfläche [kg/m²]	85,20	59,34	29,21
Ertrag / Volumen (P) [kg/m³]	13,35	12,16	7,62

Tabelle 5: Erste Annäherung an die Wirtschaftlichkeit durch Ertragserwartungen

Die folgende Grobkostenschätzung ist nach DIN 276 eine Grundleistung der Leistungsphase 2 nach der HOAI. Die Ermittlung der Kosten wird über den Baukostenrechner in erster Annäherung in der Regel durch Referenzprojekte vorgenommen. Dies ist im vorliegenden Fall nicht möglich. Deshalb wurde für die Kostengruppen 300 und 400 (baukonstruktive und technische Maßnahmen ohne Einrichtung und Innenausbau) auf konventionelle bautechnische Erfordernisse zurückgegriffen und für spezifische Maßnahmen Anlehnungen von Daten im Gewächshausbau vorgenommen. Diese stammen aus einer sich in kontinuierlich im Ausbau befindlichen eigenen Datenbank, welche in Zusammenarbeit mit Partnerunternehmen aus dem Gartenbausektor stattfindet.

Die folgende Tabelle bildet somit die Grobkostenschätzung der benötigten Interventionen ab bis zum Status des Edeldrohbaus. Diese werden ergänzt mit der Kostenposition für die Einrichtung und Ausstattung, welche sowohl die Produktionsmethoden als auch die Oberflächen mit abbilden.

GROBKOSTENSCHÄTZUNG			
Einheit	Brunngasse	Schulgasse	Schickelgruberstraße
Bauwerkskosten [KG300+400] [€/m²BGF]	€ 2 820,00	€ 2 640,00	€ 1 790,00
Bauwerkskosten [KG300+400]	€ 798 962,40	€ 956 947,20	€ 1 493 880,30
Einrichtung und Ausstattung [€/m²]	€ 1 550,00	€ 1 550,00	€ 1 020,00
Einrichtung und Ausstattung	€ 234 546,00	€ 423 522,00	€ 526 554,60
Baukosten	€ 1 033 508,40	€ 1 380 469,20	€ 2 020 434,90

Tabelle 6: Grobkostenschätzung in Anlehnung an DIN 276

Auch diese Ergebnisse legen offen, dass die Brunngasse und die Schulgasse in Bezug auf eine vertiefende Untersuchung als finales Modell nachteilig zu beurteilen sind. Der wichtigste Indikator dafür sind die Investitionskosten pro Kubikmeter. Dieser Wert als Indikator ist insofern relevant, da in der ersten Grobkostenschätzung der Kostendruck des potenziellen Betreibers bzw. der Betreiberin pro Kubikmeter auf die Jahresproduktion abgeleitet werden kann. Konkret bedeutet dies, dass die durchgeführten Untersuchungen in den Grundmodellen komparativ unterschiedliche Anbau- und Produktionsmethoden untersucht werden, um einen theoretisch maximalen Ertrag abzubilden. Die

tatsächliche Ausführung, sprich die Entscheidung, welche Anbau- und Produktionsmethoden errichtet werden, hängen letzten Endes vom künftigen Betreiber / der künftigen Betreiberin in einem späteren Planungsstadium ab.

Aus baulicher Perspektive führt eine mögliche Erweiterung der Brunn- und Schulgasse mit einem High-Tech-Gewächshaus Erträge zu erheblichen Mehrkosten – unabhängig von der Produktionseinheit selbst. Dies hauptsächlich begründet durch das Errichten zusätzlicher vertikaler Erschließungen im dicht bebauten Gebiet (Personen- und evtl. Lastenlift). Sowohl in der Brunn- als auch in der Schulgasse kann dies nur dadurch erreicht werden, wenn die Erschließung zum öffentlichen Raum geführt wird, der die Bauordnung im Wege steht.

5.1.3. Simulationsparameter, Annahmen und Sollwerte

Die energetische Simulation inklusive Ermittlung des Strombedarfs für die Beleuchtung photosynthetisch aktiver Pflanzen wird mittels parametrischen Modells durchgeführt. Der graphische Algorithmus verknüpft das 3D-Modell in Rhinoceros mit den Simulationsprogrammen *EnergyPlus* und *Radiance*. Die eigene Simulationsdefinition befindet sich in Entwicklungsphase und wird kontinuierlich mit Wachstumsbedingungen von Kulturpflanzen und anderen Lebensmittelprodukten erweitert. Um die Ergebnisse zu evaluieren, werden die Ergebnisse mit dem Vereinsmitglied des vfi und Partnerbüro Sautter ZT advanced energy consulting geteilt.

Auf dieser Seite werden zusammenfassend die getroffenen Annahmen für die energetische Simulation dargestellt:

- Die Referenzgebäude verfügen für die erste Erhebung des Nutzenergiebedarfs über rein mechanische Lüftung. Die Jahresstunden (8.760 Stunden)³⁷ werden in zwei Zeitpläne unterteilt, die auf den Absenkttemperaturen basieren, welche jenen Werten entsprechen, bei welcher die photosynthetisch aktiven Pflanzen noch Nährstoffe aufnehmen können.
- Die Sonnenexposition der Fassade bzw. die solaren Lasten werden berücksichtigt, ebenso wie die Eigenverschattung durch das Gebäude selbst sowie die Verschattung der Umgebungsgeometrie, zu dessen Zwecken die Bestandsgebäude als 3D-Modelle nachgebaut und ins Simulationsprogramm übernommen wurden.
- Die Geräte- und Beleuchtungslasten werden durch stündliche Jahrespläne (operative Zeitpläne) für jede Zone auf der Grundlage des Anlagentyps oder der Art der Nutzung (unterschieden in Produktion und konventionelle Nutzung) definiert. Die operativen Zeitpläne orientieren sich an der maximalen Photoperiode photosynthetisch aktiver Pflanzen und sind mit 16 Stunden festgelegt. Konventionelle Nutzungen (produktionsbezogene Flächen, (halb-)öffentliche Nutzungen) mit 10 Stunden. Die Lasten der Geräte beruhen auf konservativen Werten mit hohen Annahmen. Eine vertiefende Berechnung kann für die Berechnung des Energieverbrauchs der Geräte erst nach abgeschlossener Anlagenplanung durchgeführt werden. Um sie dennoch abzubilden, wurden sie je nach angenommenem gebäudetechnischem Aufwand den unterschiedlichen Produktionseinheiten zugewiesen und

³⁷ Die Berechnung des Energiebedarfs wird für das ganze Jahr mit stündlicher Auflösung berechnet. Jede Stunde wird mit einer Genauigkeit von 4 Zeitschritten berechnet.

entsprechen zwischen 10,00 kWh/m²/a (Pilze) bis 40 kWh/m²/a (Tomaten- und Erdbeerproduktion im High-Tech-Gewächshaus).

- Die Sollwerte für Heizen und Kühlen werden durch Jahrespläne für jede Zone auf der Grundlage des Anlagentyps oder der Art der Nutzung (unterschieden in Produktion und konventionelle Nutzung) festgelegt. In den Zeitplänen sind auch Tag/Nacht- und Arbeits-/Nichtarbeitsbedingungen definiert.
- Die Parameter der Gebäudekonstruktion für die konventionelle Nutzung wie der Wärmedurchgangskoeffizient werden durch konservative Werte für Neubauten definiert. Die physikalischen Parameter der Hüllfläche der Produktionseinheit werden zusätzlich in die parametrische Simulationsdefinition zu EnergyPlus zugewiesen. Für das vereinfachte Modell werden folgende Werte verwendet:
 - Transparente Gebäudehülle
 - U-Wert: 1,87 W/m²/K
 - T-Wert: 0,91
 - G-Wert (SHGC):³⁸ 0,7
 - Opake Gebäudehülle
 - U-Wert: 0,2 W/m²/K
 - Zwischendecken und -wände
 - U-Wert: 3,87 W/m²/K

Pflanzenphysiologische Parameter:

Die Auswahl der Produkte für die unterschiedlichen Module der Produktionseinheit wurden unter anderem auch ausgewählt, um in der energetischen Betrachtung ein möglichst differenziertes Bild zu erhalten, was den Energiebedarf betrifft.

Product	range min [°C]	range ideal [°C]	range max [°C]	% min (φ)	% min (φ)	(l/m ² /d)	H ₂ O (°C)
Red Lett.	12	14	16	75	80	2	8
Tomatoes	20	22	24	45	70	5	8
Strawberry	19	21	23	60	75	2	8
Chillis	20	24	26	45	45	70	8
Mint	21	22	23	50	70	2,50	8
Basil	19	21	23	40	60	2,50	8
Oyster M.	19	21	22	90	95	0,00	8
Perch	18	23	26	45	65	150,00	26
Insects	22	26	27	50	60	0,00	8

Tabelle 7: Wachstumsbedingungen und Sollwerte

In der Tabelle 7 sind die Parameter für Temperatur, relative Luftfeuchtigkeit, Beleuchtung und Photoperiode ersichtlich. Diese werden in EnergyPlus als Sollwerte (*setpoints*) festgelegt. Hier kommt

³⁸ Solar Heat Gain Coefficient

die eigens entwickelte Simulationsdefinition zum Einsatz, welche *EnergyPlus* für die Simulation eingespeist werden. Die Sollwerte für die konventionelle Nutzung wurden vereinfacht aus den empfohlenen Werten für Büronutzung bezogen.³⁹

Für Produkte, welche keine Wachstumsleuchten benötigen (Pilze, Insekten, Fische) werden in *EnergyPlus* konventionelle Leuchten mitberücksichtigt.

5.1.4. Nutzenergiebedarf

Für die Erarbeitung energetischer Kennzahlen für den Nutzenergiebedarf wurden die Flächen bzw. Kubaturen für produktionsbezogene und (halb-)öffentliche Bereiche in Energiezonen zusammengefasst und als konventionelle Nutzung zusammengeführt, um aussagekräftige Schlüsse aus dem Vergleich mit den neu ermittelten Energiebedarfen der Produktionseinheiten zu erhalten.

Nutzenergie Mechanische Lüftung			Nutzenergie Mechanische Lüftung			Nutzenergie Mechanische Lüftung		
Brunngasse	Produktion	Konv.	Schulgasse	Produktion	Konv.	Schickelgruberstr.	Produktion	Konv.
BGF	151,32 m ²	132,00 m ²	BGF	273,24 m ²	184,15 m ²	BGF	516,21 m ²	318,34 m ²
	kWh/a	kWh/a		kWh/a	kWh/a		kWh/a	kWh/a
Heizung	6 660,06	2 028,24	Heizung	12 026,14	3 091,38	Heizung	28 646,01	6 844,88
Kühlung	143 736,56	1 243,14	Kühlung	295 081,92	3 973,55	Kühlung	509 953,60	4 852,66
Warmwasser	954,13	904,32	Warmwasser	1 733,35	1 835,66	Warmwasser	1 844,44	2 964,86
Geräte	40 570,09	2 025,97	Geräte	74 857,67	2 036,37	Geräte	143 936,00	9 646,66
HVAC	191 920,85	6 201,67	HVAC	383 699,07	10 936,96	HVAC	684 380,05	24 309,06
Beleuchtung			Beleuchtung			Beleuchtung		
206 057,94			298 360,61			361 824,23		
1 850,20			1 050,50			2 202,22		
Gesamt	438 548,88	10 077,83	Gesamt	756 917,35	14 023,82	Gesamt	1 190 140,28	36 157,94
Nutzenergie Mechanische Lüftung			Nutzenergie Mechanische Lüftung			Nutzenergie Mechanische Lüftung		
Brunngasse	Produktion	Konv.	Schulgasse	Produktion	Konv.	Schickelgruberstr.	Produktion	Konv.
BGF	151,32 m ²	132,00 m ²	BGF	273,24 m ²	184,15 m ²	BGF	516,21 m ²	318,34 m ²
	kWh/m ² /a	kWh/m ² /a		kWh/m ² /a	kWh/m ² /a		kWh/m ² /a	kWh/m ² /a
Heizung	44,01	15,37	Heizung	44,01	16,79	Heizung	55,49	21,50
Kühlung	949,88	9,42	Kühlung	1 079,94	21,58	Kühlung	987,88	15,24
Warmwasser	6,31	6,85	Warmwasser	6,34	9,97	Warmwasser	3,57	9,31
Geräte	268,11	15,35	Geräte	273,96	11,06	Geräte	278,83	30,30
HVAC	1 268,31	46,98	HVAC	1 404,26	59,39	HVAC	1 325,78	76,36
Beleuchtung			Beleuchtung			Beleuchtung		
1 361,74			1 091,94			700,92		
14,02			5,70			6,92		
Gesamt	2 630,05	61,00	Gesamt	2 496,19	65,10	Gesamt	2 026,70	83,28

Tabelle 8: Nutzenergiebedarf: Gegenüberstellung der Ergebnisse der VF auf den Bestandsgebäuden

³⁹ Aus dem SIA-Normenwerk. Siehe dazu [SIA 2018](#)

Tabelle 8 stellt die Adaptierungen der Brunn- und Schulgasse sowie die Schickelgruberstraße gegenüber. Diese Zwischenergebnisse dienen als Grundlage für die Diskussion und Entwicklung eines qualitativen Energiekonzepts, welches im Anschluss beschrieben wird. Zudem dienen die Energiekennzahlen als zusätzliches Kriterium in der Entscheidung, welches Gebäude in eine genauere Untersuchung als finales Modell untersucht werden soll.

Als entscheidende Indikator, der aus den Ergebnissen abzuleiten ist, ist der Nutzenergiebedarf in kWh pro Kubikmeter BRI der gesamten VF. Demnach kommt die Brunngrasse auf 1,904 kWh/m³BRI/a, die Schulgasse auf 0,117 kWh/m³BRI/a und die Schickelgruberstraße auf 0,44 kWh/m³BRI/a

5.1.5. Betrachtungen zum Energiekonzept

Das Energiekonzept wird qualitativ erarbeitet, um mögliche Entscheidungen zur Reduzierung des Strombedarfs für Kühlung und Beleuchtung abzubilden. Die Analyse des Nutzenergiebedarfs zeigt, dass der größte Energiebedarf auf die LED-Beleuchtung für die Indoor-Pflanzenproduktion und der den Kühlbedarf durch mechanische Lüftung aufgrund des solaren Eintrags sind. Zur Optimierung des Energieeinsatzes werden mögliche Speichertechnologien dargestellt, um überschüssige Energie effizient zu speichern. Zudem wird die potenzielle Energieproduktion durch Photovoltaikanlagen (PV) und Solarkollektoren in Betracht gezogen. Zwei Maßnahmen zur Steigerung der Energieeffizienz werden empfohlen: Einsatz von Wärmepumpen sowie die Auslegung der Gebäudetechnik als Kombination aus mechanischer und natürlicher Lüftung.

Das Prinzip des Konzepts basiert auf dem Einsatz von geothermischen Wärmepumpen.⁴⁰ Die Effizienz des Systems wurde mit konservativen Werten festgelegt.

- COP 1: für Geräte und (LED-)Beleuchtung
- COP3: für Warmwasser
- COP4: für Heizung
- COP6: für Kühlung

Diese Herangehensweise vereinfacht zudem die Darstellung der Energiekosten pro Produktionseinheiten bei der Erarbeitung der Betreiberkosten.

Tabelle 8 stellt den hohen Energiebedarf durch die Kühllasten durch die Überhitzung dar. Sie ist nach dem Stromverbrauch für künstliche Beleuchtung die zweithöchste Position. Der Einsatz der Wärmepumpe in Kombination mit einem Eisspeicher kann die Energieeffizienz eines Gewächshauses erheblich steigern. Die Wärmepumpe nutzt Umweltwärme, um das Produktionsvolumen zu heizen, während der Eisspeicher überschüssige Wärmeenergie speichert und bei Bedarf abgibt. Im Winter wird die gespeicherte Wärme zur Beheizung genutzt, im Sommer dient der Eisspeicher zur Kühlung. Diese Kombination reduziert den Energieverbrauch und die Betriebskosten, da die Wärmepumpe effizienter arbeitet und die gespeicherte Energie optimal genutzt wird. Rechenbeispiel: Um die Kühllasten der Schulgasse gänzlich zu decken, müsste der Eisspeicher mit ca. 3.225 m³ Wasser

⁴⁰ Wärmepumpen beziehen Energie aus einer Quelle (z.B. Luft, Eis, Wasser oder Erde) und bringen diese auf ein höheres Temperaturniveau, um sie für den Energiebedarf nutzbar zu machen. Der *Coefficient of Performance* (COP) ist eine Kennzahl, die die Effizienz einer Wärmepumpe beschreibt. Er gibt das Verhältnis von erzeugter Nutzwärme zu eingesetzter Antriebsenergie an. Ein höherer COP bedeutet, dass die Wärmepumpe effizienter arbeitet, da sie mehr Wärmeenergie pro eingesetzter Energieeinheit liefert.

dimensioniert werden.⁴¹ Es wird geschätzt, dass für das Referenzgebäude in der Schulgasse mit einem Eisspeicher (ca. 200 – 300 m³) in Kombination mit einer Wärmepumpe und Konvektoren die Raumtemperatur (Heizen und Kühlen) innerhalb der pflanzenphysiologischen Sollwerte gehalten werden können.⁴² Für die Raumklimatisierung, insbesondere durch die Überhitzung in Heißwetterperioden, wird in eine Kombination von mechanischer und natürlicher Lüftung vorgeschlagen. Der Einfluss der Kombination aus mechanischer und natürlicher Lüftung wird weiter unten in der vertiefenden Untersuchung des finalen Modells untersucht werden.

Die Kühllasten lassen sich zudem reduzieren durch den Einsatz von Energieschirmen⁴³, die auch im konventionellen Gewächshausbau zum Einsatz kommen. Letztlich kann eine vertiefende Planung in Kombination von Energieschirmen, die Anbringung von PV-Modulen oder Hybridkollektoren als Verschattungselemente die Energieeffizienz zusätzlich erhöhen und gleichzeitig Energie produzieren. Es bietet sich an, diese mit einem Eisspeicher / Pufferspeicher zu kombinieren.

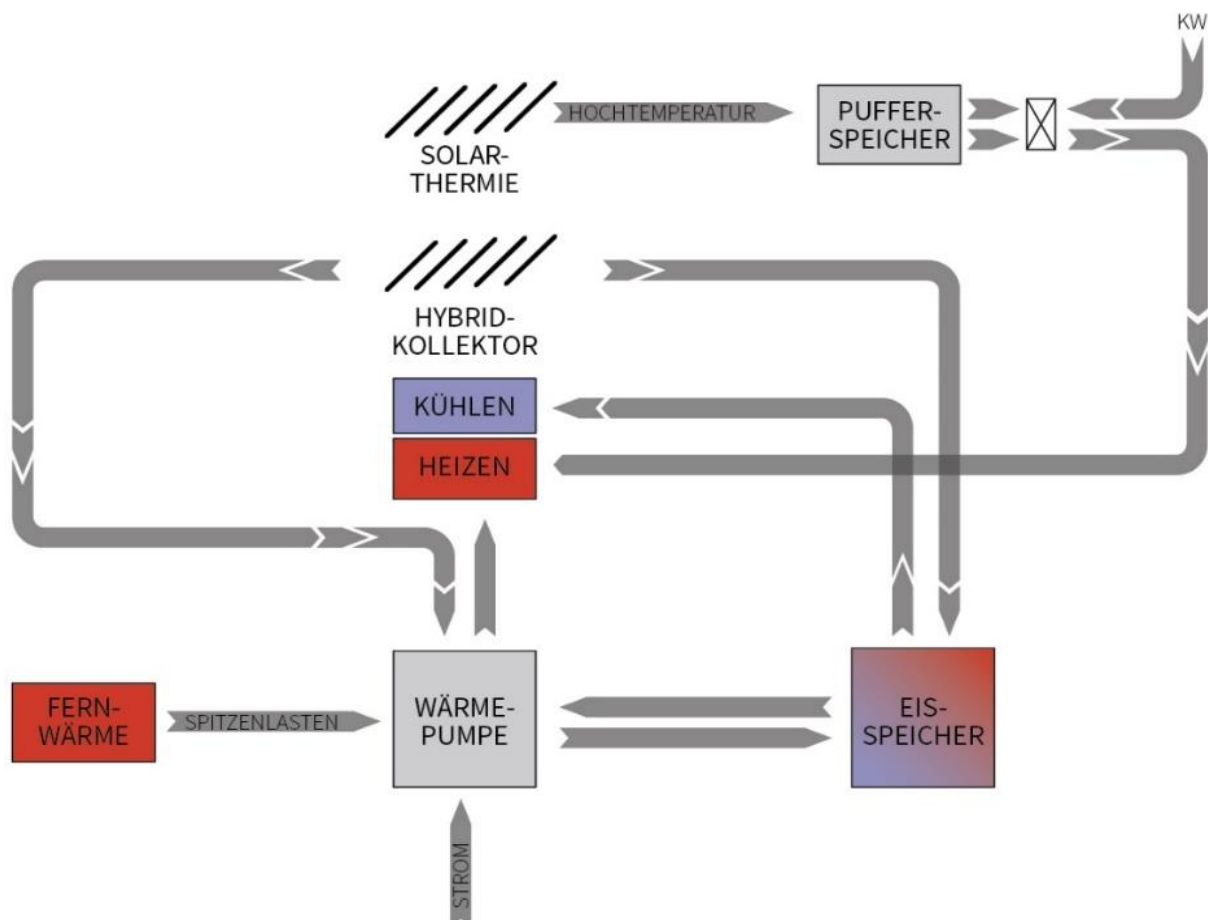


Abbildung 13: Energiekonzept der Vertical Farm

⁴¹ Um 300 MWh (300.000 kWh) zu speichern, benötigt man etwa 3.225 m³ Wasser, da 1 m³ Wasser beim Gefrieren etwa 93 kWh Energie freisetzt. Ein Eisspeicher nutzt die Kristallisationsenergie von Wasser, die etwa 80-mal höher ist als die Abkühlung um ein Grad Celsius. Siehe dazu: [Bauförderung](#) und [Heizung.de](#)

⁴² Für den Eisspeicher wurden keine vertiefenden Berechnungen vorgenommen. Als Referenzwerte wurden mit unserem externen Berater Sautter advanced energy consulting GmbH eine Speicherkapazität zwischen ca. 8.000 kWh und 16.000 kWh angenommen.

⁴³ Energieschirme im Gewächshaus sind spezielle Vorrichtungen, die dazu dienen, die Energieeffizienz zu verbessern und die Heizkosten zu senken. Sie bestehen meist aus PVC oder transluzenten Kunststoffgeweben. Hauptfunktionen sind die Wärmeisolierung, der Sonnenschutz und die Reduktion von Wärmeverlust. Sie sind beweglich und können flexibel auf klimatische Bedingungen reagieren.

Zusätzliche Betrachtungen: Über Kühlbalken, welche jeweils unter der Dachfläche in den vertikalisierten Gewächshäusern anzubringen sind, wird die relative Luftfeuchtigkeit reguliert. Die Lüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung ist genauso wie der Pufferspeicher auf der Dachfläche oberhalb der Zusatzfunktionen neben den vertikalisierten Gewächshäusern anzubringen. Die genaue Auslegung der Gebäudetechnik (Lüftung, Sprinkler, Hydraulik und Elektrik) wurden in diesem Projekt nicht ermittelt. Lediglich abgestimmt wurde mit dem Partnerunternehmen, ob die zu Verfügung stehenden Volumina (weiß im Raumprogramm) für die Unterbringung als ausreichend angenommen werden kann. Dies wurde bestätigt.

Energiekonzept Standort Brunnegasse



Abbildung 14: Lageplan und Sonnenverlauf Brunnegasse

Das Gebäude an der Brunnegasse nutzt das Dach zur Energiegewinnung. PV-Module erzeugen elektrischen Strom aus Sonnenenergie, während ein Hybridkollektor sowohl Strom als auch Wärme produziert. Die erzeugte Wärme wird in einem zentralen Pufferspeicher zwischengespeichert und für Heiz- oder Warmwasserzwecke genutzt.

Lüftung und Klimatisierung

Das Gebäude kombiniert mechanische Systeme mit natürlichen Lüftungskonzepten. Fensterlüftung erlaubt die Nutzung von Außenluft zur Frischluftversorgung, während ein Zuluft- und Abluftsystem die Klimatisierung unterstützt. Kühlbalken, die in die Räume integriert sind, sorgen für eine gleichmäßige und energieeffiziente Temperaturregelung, auch in den Volumen mit großer Geschoßhöhe.

Speicher- und Wärmeübertragung

Die Wärme aus dem Hybridkollektor wird in einem Pufferspeicher gesammelt, wodurch überschüssige Energie flexibel genutzt werden kann. Zudem wird durch ein Wärmerückgewinnungssystem die Abwärme aus der Abluft zurückgeführt und in das Heizsystem integriert, um den Energiebedarf zu reduzieren.

Gebäudestruktur und Nutzung

Die vertikale Anordnung des Gebäudes optimiert die Verteilung von Energie und Luft. Technikbereiche sind zentral platziert, um Leitungsverluste zu minimieren.

Zusammenfassend

Durch die PV-Anlage, den Hybridkollektor und die Wärmerückgewinnung kann der Energieverbrauch signifikant reduziert werden. Intelligente Kombinationen von passiven und aktiven Maßnahmen können integriert werden. Negativ zu beurteilen sind der Flächen- bzw. Raumbedarf der vorgeschlagenen Maßnahmen sowie die Reduktion des Tageslichts durch die Anbringung von Verschattungselementen für die Energieproduktion, welche den hohen Strombedarf für künstliche Beleuchtung noch einmal erhöhen wird.

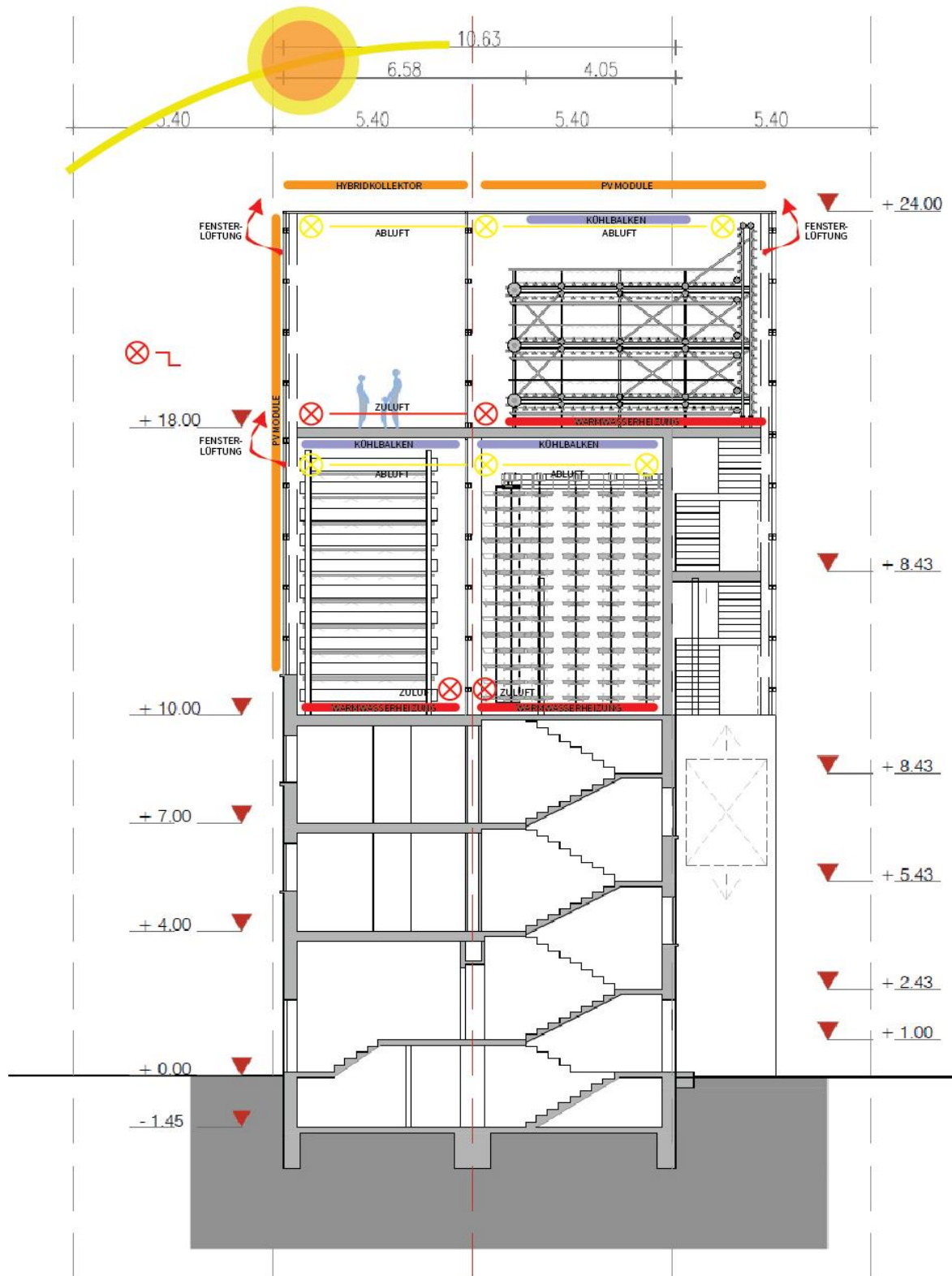


Abbildung 15: Energiekonzept Brunngasse

Energiekonzept Standort Schulgasse

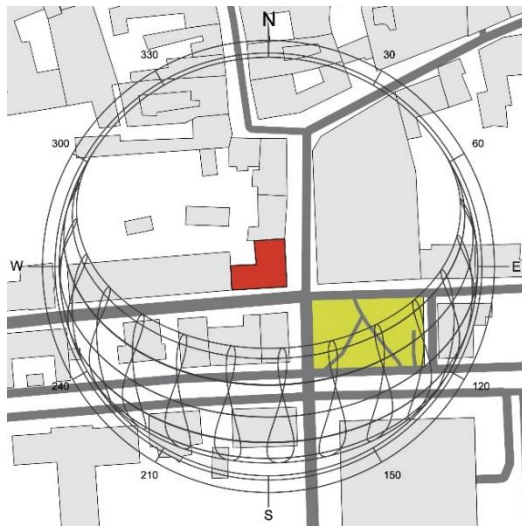


Abbildung 16: Lageplan und Sonnenverlauf Schulgasse

Auch bei der Schulgasse spielen PV-Module und ein Hybridkollektor eine zentrale Rolle. Die PV-Module erzeugen Strom, während der Hybridkollektor zusätzlich thermische Energie bereitstellt. Ein Pufferspeicher speichert die gewonnene Wärme, um sie bedarfsgerecht für Heizung und Warmwasser zu nutzen.

Lüftung und Klimatisierung

Das Gebäude setzt auf ein abgestimmtes System aus natürlicher und mechanischer Lüftung. Fensterlüftung bietet eine effiziente Möglichkeit der Frischluftzufuhr, während ein integriertes Zuluft- und Abluftsystem für eine kontrollierte Klimatisierung sorgt. Ergänzend werden Kühlbalken eingesetzt, die eine präzise Temperatursteuerung ermöglichen und den Energieverbrauch senken.

Speicher- und Wärmeübertragung

Die erzeugte Wärme aus den Hybridkollektoren wird in einem zentralen Pufferspeicher gesammelt und bedarfsgerecht genutzt. Ein Wärmerückgewinnungssystem stellt sicher, dass die Abwärme aus der Abluft effizient zurückgeführt wird.

Gebäudestruktur und Nutzung

Das Gebäude ist so geplant, dass Energieflüsse optimiert werden. Technik- und Speicherbereiche sind zentral positioniert, um Wärmeverluste zu minimieren. Die vertikale Struktur unterstützt eine gleichmäßige Verteilung der erzeugten Wärme und Kälte in allen Etagen.

Zusammenfassend

Die Schulgasse kombiniert erneuerbare Energiequellen mit modernster Gebäudetechnik. PV- und Hybridkollektoren in Verbindung mit Pufferspeichern und Kühlbalken gewährleisten eine energieeffiziente Betriebsweise. Dieses Konzept senkt den Energieverbrauch und verringert den CO₂-Fußabdruck des Gebäudes erheblich. Doch auch bei diesem Beispiel kommt es zu Flächenkonkurrenz für die benötigte Gebäudetechnik und Pufferspeicher, welche entweder negative Auswirkungen auf die Produktionsfläche oder die Manipulationsfläche bzw. horizontale Erschließungsfläche haben wird.

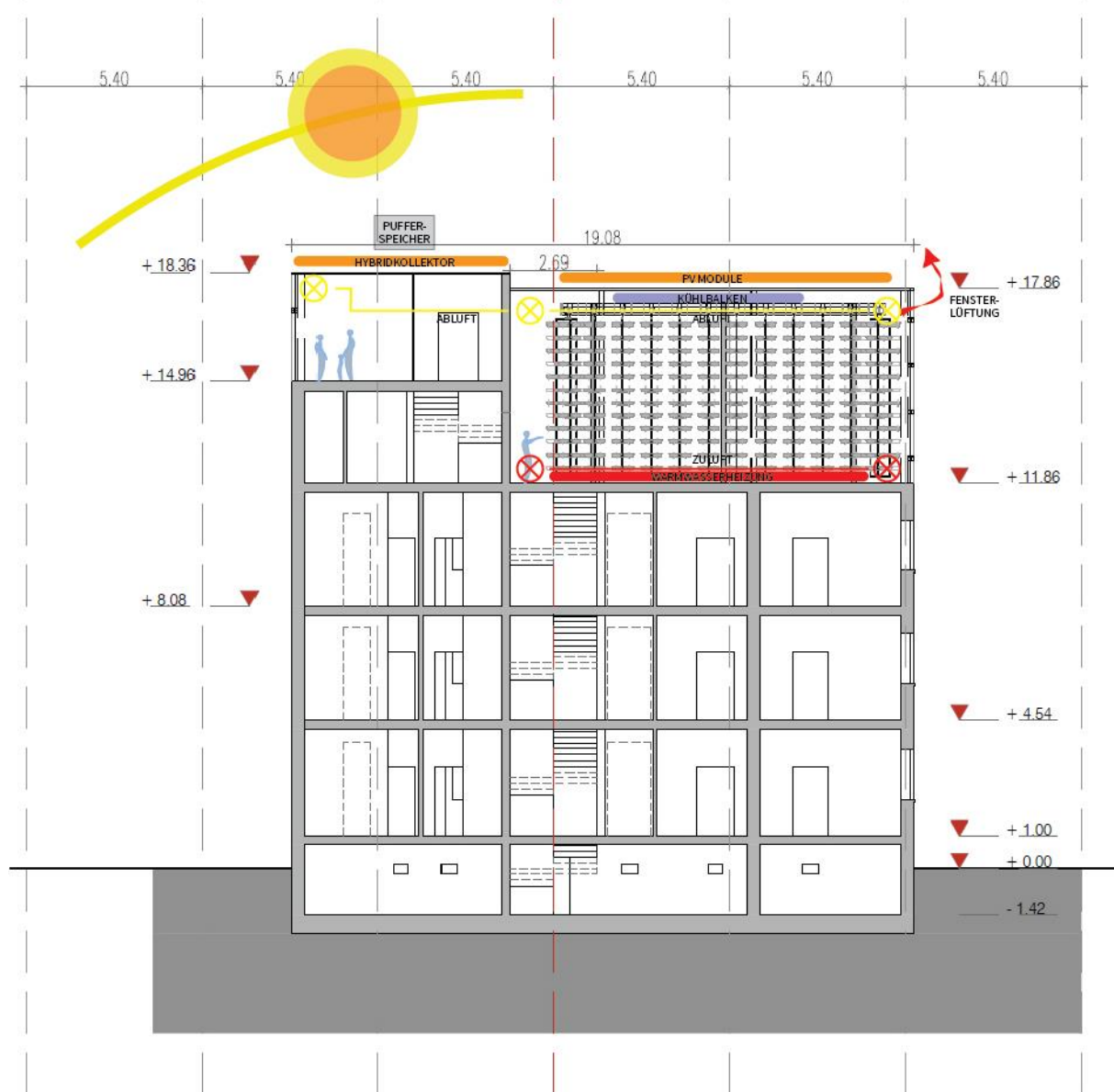


Abbildung 17: Energiekonzept Schulgasse

Energiekonzept Standort Hans Schickelgruberstraße

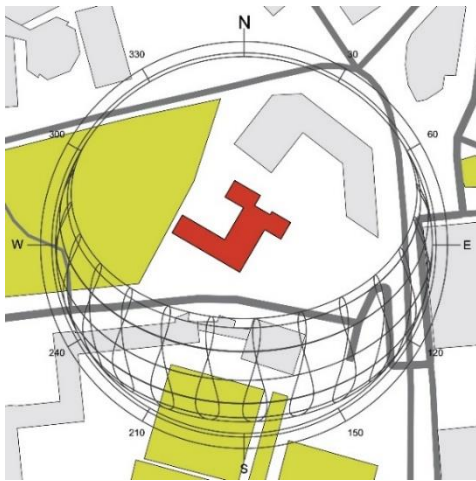


Abbildung 18: Lageplan und Sonnenverlauf Hans Schickelgruberstraße

Das größte Potential hinsichtlich Energieperformance weist das Bestandsgebäude der Polytechnischen Schule in der Hans Schickelgruberstraße auf. Es stehen ausreichend Flächen für einen großzügig dimensionierten Eisspeicher für Wärme und Kälte zu Verfügung.

Die große Dachfläche ermöglicht höchste Flexibilität in der Positionierung der notwendigen Volumina für die Lebensmittelproduktion, Zusatzfunktionen der vertikalen Farm (waschen, verarbeiten, verpacken, lagern, kühlen, etc.) sowie (halb-)öffentliche Räume und geben durch die unterschiedlichen Anforderungen an Raumklima (Behaglichkeit vs. Wachstumsbedingungen) größtmögliche Flexibilität in der Positionierung von PV-Kollektoren, Solarthermie bzw. Hybridkollektoren.

Der solare Eintrag ist aufgrund fehlender Randbebauung über das gesamte Jahr am höchsten. Energieschirme sind auch hier vorzusehen, für die Reduktion der Heizwärmeverluste sowie zur Reduktion von Lichtemissionen.

Das Energiekonzept des Gebäudes in der Hans Schickelgruberstraße basiert auf einer Kombination aus passiven und aktiven Systemen, die den Energieverbrauch minimieren und erneuerbare Energien optimal nutzen.

Dach- und Solartechnologie

Auf dem Dach befinden sich **PV-Module** (Photovoltaik) und **Hybridkollektoren**, die Sonnenenergie sowohl in elektrische Energie als auch in Wärme umwandeln. Die erzeugte Wärme wird in einem **Pufferspeicher** zwischengespeichert, während der gewonnene Strom direkt genutzt oder ins Netz eingespeist wird.

Gebäudehülle

Die Schickelgruberstraße bietet das größte Potential für die Implementierung unterschiedlicher Konzepte von Fassadenfunktionen: Hier können Flächen für Begrünung, Energieproduktion, Tageslichtnutzung und zusätzliche Verschattungselemente nach energetischen Gesichtspunkten positioniert und deren Synergiepotentiale ausreichend genutzt werden.

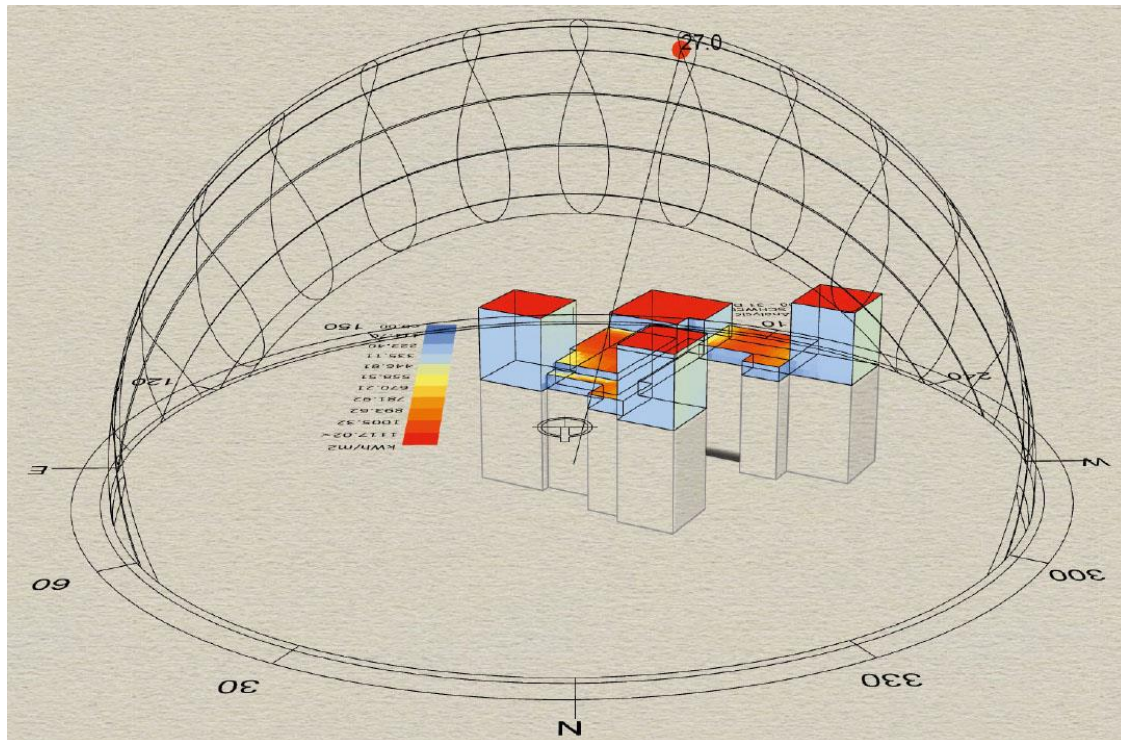


Abbildung 19: Darstellung der Gebäudehülle mit den höchsten solaren Erträgen

Lüftung und Klimatisierung

Die Lüftung erfolgt durch ein intelligentes Zusammenspiel von Fensterlüftung und mechanischen Lüftungssystemen. Zusätzlich unterstützen Kühlbalken die Klimatisierung, indem sie für eine effiziente Verteilung der gekühlten Luft sorgen. Über Abluftsysteme wird die verbrauchte Luft abgeführt, während Frischluft durch Zuluftkanäle eingebracht wird.

Speicher- und Wärmeübertragung

Der erzeugte thermische Überschuss wird in einem Pufferspeicher gesammelt, um ihn bei Bedarf für die Warmwasserbereitung oder Heizung zu nutzen. Ergänzt wird dies durch die Integration eines Eisspeichers, der eine saisonale Wärmespeicherung ermöglicht. Dieses Konzept reduziert die Abhängigkeit von externen Wärmequellen und erhöht die Energieeffizienz.

Gebäudestruktur und Nutzung

Die vertikale Struktur des Gebäudes unterstützt eine natürliche Luftzirkulation und ermöglicht die Verteilung der erzeugten Energie über alle Etagen. Die Technikräume sind zentral integriert, um Verluste zu minimieren. Das Grundstück ist groß genug, um den Einsatz eines ausreichend dimensionierten Eisspeichers in Erwägung zu ziehen.

Nachhaltigkeit und Effizienz

Das Energiekonzept kombiniert passive Maßnahmen wie Fensterlüftung und thermische Masse mit aktiven Technologien, darunter PV-Module, Hybridkollektoren, Kühlbalken und Wärmespeicher. Dadurch wird nicht nur der Primärenergiebedarf reduziert, sondern auch der CO₂-Fußabdruck des Gebäudes minimiert. Es stellt ein integratives Konzept dar, das erneuerbare Energien optimal nutzt und die Energieeffizienz maximiert.



Abschließend wird der Nutzenergiebedarf ermittelt, welcher die Empfehlung der Kombination aus mechanischer und natürlicher Lüftung kombiniert. Die folgende Tabelle stellt die Auswertung als Gesamtenergiebedarf pro Jahr mit dem Energiebedarf pro Quadratmeter Bruttogeschosßfläche gegenüber.

Simulation: mechanische Lüftung		
Schickelgruberstr.	Produktion	Konventionell
BGF	504,15 m ²	411,42 m ²
	kWh/a	kWh/a
Heizung	22 720,00	7 541,47
Kühlung	428 883,44	5 252,61
Warmwasser	3 254,91	3 183,40
Geräte	138 400,00	7 922,88
HVAC	593 258,35	23 900,36

Beleuchtung	282 105,60	2 992,40
Gesamt	1 013 763,95	34 815,64

Schickelgruberstr.	Produktion	Konventionell
BGF	504,15 m ²	411,42 m ²
	kWh/m²/a	kWh/m²/a
Heizung	45,07	18,33
Kühlung	850,71	12,77
Warmwasser	6,46	7,74
Geräte	274,52	19,26
HVAC	1 176,75	58,09

Beleuchtung	559,57	7,27
Gesamt	1 736,32	65,37

Simulation: mechanische / natürliche Lüftung		
Schickelgruberstr.	Produktion	Konventionell
BGF	504,15 m ²	411,42 m ²
	kWh/a	kWh/a
Heizung	38 830,04	10 544,55
Kühlung	30 530,44	80,61
Warmwasser	3 454,56	3 284,22
Geräte	139 640,44	7 922,88
HVAC	212 455,48	21 832,26

Beleuchtung	282 105,60	2 992,40
Gesamt	634 201,52	32 747,54

Schickelgruberstr.	Produktion	Konventionell
BGF	504,15 m ²	411,42 m ²
	kWh/m²/a	kWh/m²/a
Heizung	77,02	25,63
Kühlung	60,56	0,20
Warmwasser	6,85	7,98
Geräte	276,98	19,26
HVAC	421,41	53,07

Beleuchtung	559,57	7,27
Gesamt	980,98	60,34

Tabelle 9: Nutzenergiebedarf - Simulationsergebnisse Kombination mechanische / natürliche Lüftung

5.1.6. Fazit

Die Ergebnisse der durchgeführten Analysen der Kombinationen aus Bestandsgebäude und vertikaler Farm demonstrierten die Polytechnische Schule als jenes Bestandsgebäude mit dem höchsten Potential. Neben den architektonischen und städtebaulichen Betrachtungen wurden ökonomische Flexibilität und energetische Potentiale mit einbezogen.

In der Voruntersuchung der Bestandsgebäude wurde primär versucht, die Frage zu beantworten, welches Potential die jeweils zu Verfügung stehende Fläche für den Ertrag der zu produzierende Lebensmittel aufweist. Die zu Verfügung gestellten Planunterlagen wurden digitalisiert und darauf aufbauend konzeptuelle Überlegungen bezüglich Anbau- und Produktionsmethoden angestellt, um feststellen zu können, welche (Dach-)Fläche bzw. welches Volumen für die Lebensmittelproduktion zu Verfügung steht. Die folgende Tabelle zeigt die Ergebnisse der Voruntersuchung, mit potenziellen Energieproduktionspotentialen (PV, Solarthermie, etc.), A/V-Verhältnis sowie erwartbarer Lebensmittel-Ertrag pro m² Dachfläche bzw. m³ Produktionsvolumen.

Die Grundlagenermittlung und die komparativen Untersuchungen führten zur Entscheidung, sich für die weiteren Forschungsschritte vertiefend auf die Polytechnische Schule in der Hans Schickelgruberstraße zu konzentrieren.

Diese Zwischenergebnisse dienen als Grundlage für die Präsentation für die Teilnehmer:innen zum Workshop der externen Qualitätssicherung. In Ergänzung bzw. Unterstützung der Entscheidungsfindung wurde ein Kriterienkatalog in Form einer Tabelle erstellt, mit welcher die drei Bestandsgebäude gemeinsam mit den Expert:innen bewertet wurden.

Die folgende Tabelle gibt einen Überblick über die prioritär diskutierten Potentiale der Referenzgebäude und schließt ergänzend die Ergebnisse der Diskussion mit den Teilnehmer:innen der Gruppe für die externe Qualitätssicherung mit ein. Vergeben wurden Schulnoten von 1-5. Für jede Kategorie wurden schließlich Mittelwerte ermittelt.

Die Perspektiven der externen Teilnehmer:innen offenbarten zusätzliche Potenziale für die Polytechnische Schule, insbesondere hinsichtlich der weiteren Erforschung hybrider Ansätze zur konventionellen Gebäudebegrünung.

Dies betrifft vor allem die Gebäudehülle und die Lebensmittelproduktion im Inneren. Darüber hinaus bieten sich erhebliche wirtschaftliche und sozio-ökonomische Chancen in der Hans Schickelgruberstraße.

Die verfügbare Dachfläche verspricht durch den Ausbau hohe Erträge, und die mögliche Neugestaltung des Grundstücks, etwa durch die Schaffung von Marktplätzen, Zu- und Ablieferungszonen sowie themenorientierten Erholungsbereichen, eröffnet weitere Potenziale. Diese Potentiale und weitere Überlegungen werden im Kapitel 5.4 „Qualitätssicherung (extern)“ näher ausgeführt.

Kriterien	Brunngasse	Schulgasse	Schickelgruberstr.
Städtebau	2	2	4
Erreichbarkeit	2	1	3
Frequenz	1	3	3
Solarer Ertrag	2	3	5
Architektur	1	2	5
Dachfläche	1	2	5
Erschließungsoptionen	0	1	5
Zu-/Ablieferung	0	2	5
Lager- und Kühloptionen	2	3	5
Nutzungsflexibilität	2	3	5
Produktionsflexibilität	1	1	3
Sozio-ökonomisches BM	1	2	4
Nutzungsflexibilität	1	1	3
Betreiberflexibilität	1	2	5
Optionen für (halb-)öffentliche Bereiche	0	1	5
Optionen für Partizipation	1	2	5
Langfristige Adaptierungsoptionen	1	2	4
Ergebnisse Diskussion Qualitätssicherung	1	1	4
Betriebswirtschaftliche Einschätzung	0	0	2
Soziales und Partizipation	2	3	5
Technik und Architektur	0	0	3
Recht und Architektur	0	2	4
Gesamtergebnis	0,99	1,80	4,06

Tabelle 10: Bewertungsergebnisse der komparativen Untersuchung

5.2. Präzisierung des finalen Modells

Die Varianten der Raumstudien der physischen Modelle wurden hinsichtlich der genannten Optimierungskriterien analysiert. Jene Variante mit den besten Werten und mit dem maximierten theoretischen Ertrag war Diskussions- und Arbeitsgrundlage für das Living Lab, den Workshop mit den Schüler:innen der Polytechnischen Schule sowie das finale Resultat für den Intensivworkshop mit den beteiligten Expert:innen der externen Qualitätssicherung.

5.2.1. Finaler Planungsstand

Für die architektonische, technische und wirtschaftliche Planung wird basierend auf der Auswahl einer der drei Bestandsobjekte ein detaillierterer Plansatz in AutoCAD und Rhinoceros (2D und 3D) aufbereitet. Der Detaillierungsgrad entspricht der Darstellungsmethoden im Maßstab 1:200. Das ausgewählte Objekt würde weiteren, vertiefenden Raumstudien unterzogen werden, beispielsweise in unterschiedlicher Gewichtung der Programme Produktion, (halb-)öffentlich und konventionelle Nutzung, um zusätzliche gestalterische Möglichkeiten aus der komparativen Untersuchung zu ableiten zu können. Die Hauptprogramme Produktion (blau), produktionsbezogene Programme (weiß) sowie (Halb-)öffentliche Bereiche (pink) wurden beibehalten.

Ziel der Untersuchungen war es, unter Berücksichtigung der festgelegten vertikalen Erschließung die Baumassen neu anzuordnen und zu kontextualisieren. Hierfür wurden nach Qualitäten gesucht, die sich aus der Durchwegung des Aufbaus durch halböffentliche Programme ergeben können, ohne dass die Produktionspotentiale eingeschränkt werden. Ein weiteres Ziel dieses Entwicklungsprozesses lag in der Festlegung der Begrünungsflächen – für das Dach und für die Fassade.



Abbildung 21: Diagrammatische Darstellung der Baumassenstudien

Insgesamt wurden während des Prozesses fünf nähere Untersuchungen vorgenommen, welche im vorangegangenen Bild ablesbar gemacht wurden. Wie zu erkennen ist, wurden vor allem das Volumen für die Produktion und die Halböffentlichen Bereiche unterschiedlich gewichtet. Die

vertikale Erschließung wurde schließlich mit der horizontalen Erschließung (Besucherströme getrennt von Betreiberflächen sowie Begegnungszonen) verbunden und nach architektonischen Gesichtspunkten weiterentwickelt.

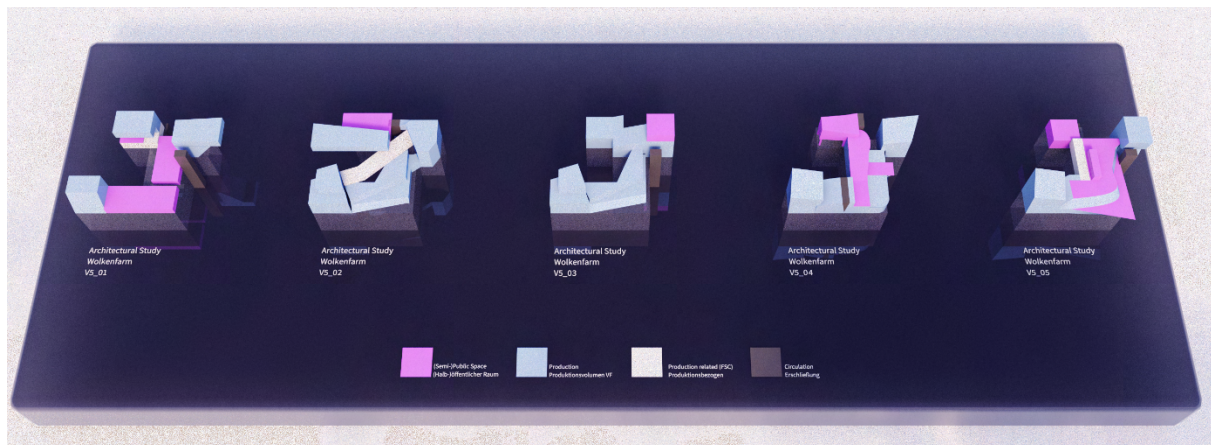


Abbildung 22: Diagrammatische Darstellung architektonischer Voruntersuchungen

In diesem Entwicklungsschritt lag der Fokus hauptsächlich auf der Untersuchung nach Möglichkeiten, Dachflächen begehbare zu machen und zusätzliche Funktionen für (temporäre) Veranstaltungen zu integrieren, etwa eine Bar mit dazugehörigen Stell- und Lagerflächen. In dieser Phase des Entwicklungsprozesses wurden die Flächen für die Dachbegrünung und Fassadenbegrünung final festgelegt.

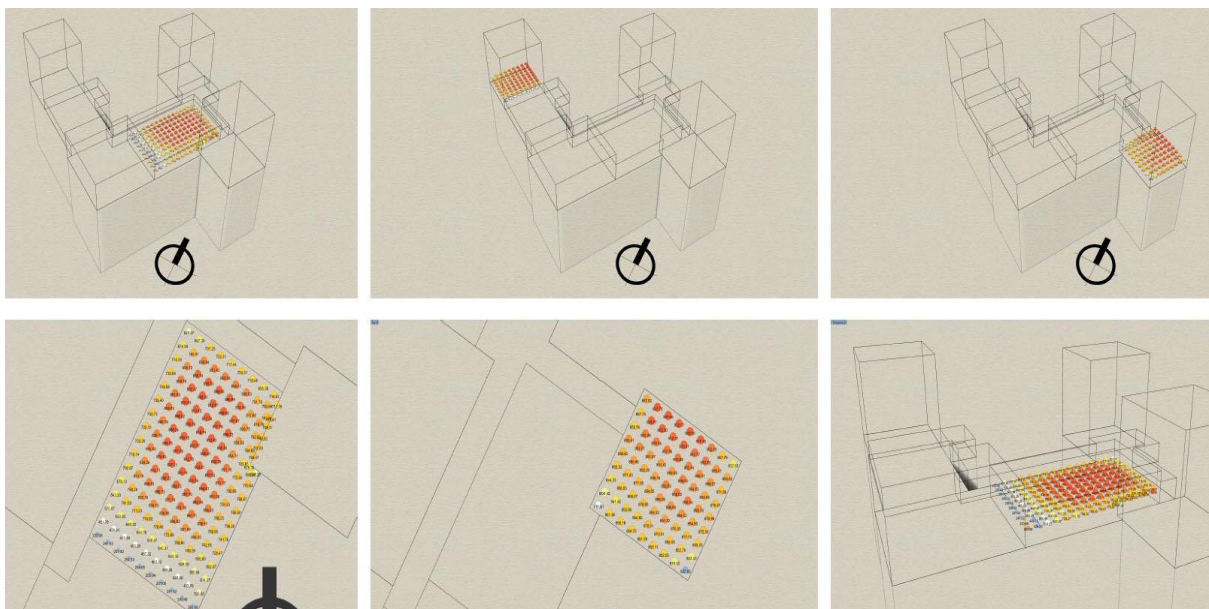


Abbildung 23: Versorgung mit Tageslicht in den Innenbereichen der Wolkenfarm

Im Zuge dieses Prozesses wurde darauf geachtet, dass die Weiterentwicklung des Erschließungskonzeptes und die Integration von Gebäudebegrünungsmaßnahmen die Produktionskapazität der vertikalen Farm nicht verringert. Durch die Erhöhung der opaken Oberflächen, welche durch die Begrünungsmaßnahmen und die Begehmbarkeit begründet sind, entstanden Flächen innerhalb des Produktionsvolumens, die zu einer starken Erhöhung des

Energiebedarfs führten. Die Reduktion des verfügbaren Tageslichts hätten für photosynthetisch aktiven Pflanzen zu einem erhöhten Strombedarfs durch künstliche Beleuchtung geführt.

Die Volumina für die produktionsbezogenen Programme (in weiß) wurden mit Funktionen belegt. Diese beinhalten Flächen für die Vorzucht, Keimung und Aufzucht zu Jungpflanzen, Flächen für die Verarbeitung (waschen, verarbeiten, verpacken), Flächen für die Gebäudetechnik und Lager sowie die Berücksichtigung von Räumen für Mitarbeiter:innen, Büroflächen und Sozialräume.

Diese Flächen wurden näher untersucht und schließlich als Produktionseinheiten festgelegt, die für Produkte mit keinem bzw. geringen Lichtbedarf reserviert wurden. Bei diesen Produkten handelt es sich um Insekten (Mehlwürmer), Fische (Buntbarsch) sowie Pilze (Austernpilze).



Abbildung 24: Begrünungs- und Grünraumkonzept der Wolkenfarm

5.2.1. Funktions- und Raumprogramm

Die Entwicklungsschritte wurden kontinuierlich im Spannungsfeld zwischen der Maximierung des Produktionsvolumens und damit der Anbaufläche, der Optimierung der horizontalen und vertikalen Erschließungsfläche und der Erhöhung des Gestaltungs- und in weiterer Folge Nutzungsflexibilität der öffentlichen bzw. halböffentlichen Bereiche. Es wurde weiters versucht, Drittverwendungsmöglichkeiten mitzubedenken.⁴⁴ Neben der Nutzung der Produktionseinheit durch einen Betreiber wurde in den Entwurfsschritten versucht, die Möglichkeit einer Nutzung als Praxislabor für die Polytechnische Schule – integriert in den Lehrplan – zu erhalten.

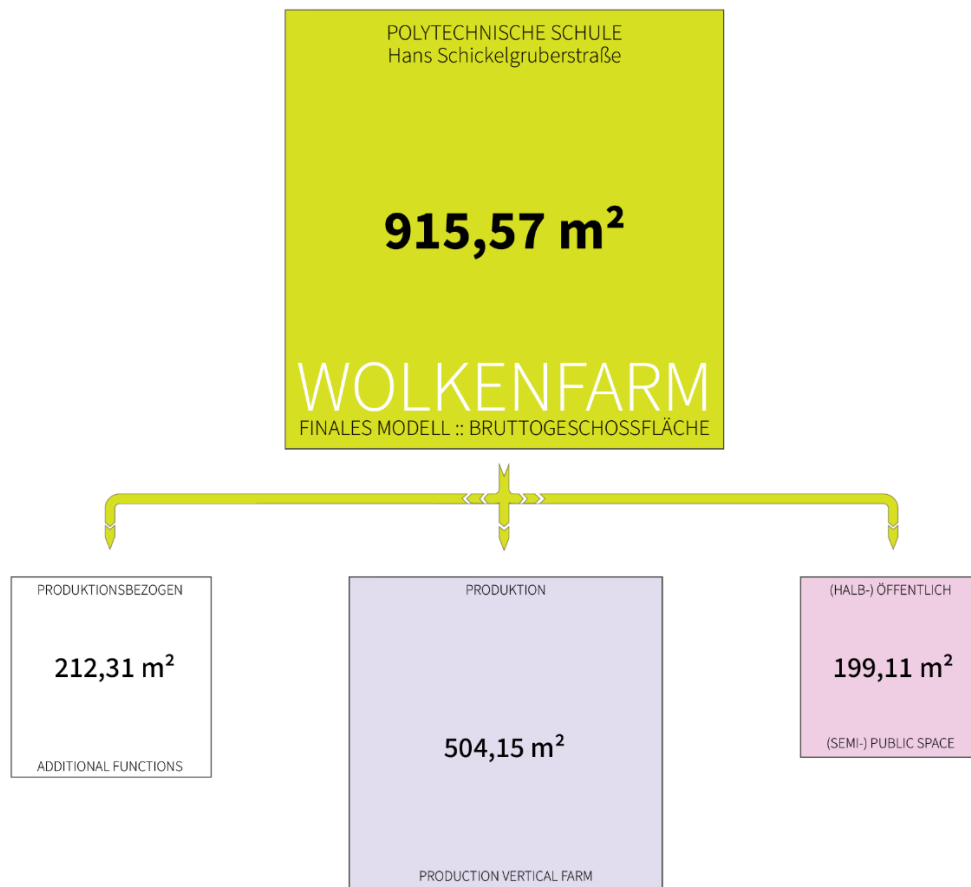


Abbildung 25: Raumprogramm (Bruttogeschossfläche) und Hauptnutzungen

Neben der Erweiterung der Produktion mit proteinhaltigen Produkten wurden für die Produktionsvolumina mit transparenter Gebäudehülle der Kulturpflanzenkatalog ebenso erweitert. Wurden in der Grundlagenermittlung lediglich mit Salaten, Minze und Basilikum gerechnet, so wurde im finalen Modell zusätzlich Tomaten, Chili und Erdbeeren berücksichtigt.⁴⁵ Raumprogramm des finalen Modells beinhaltet eine Bruttogeschossfläche von 915,57 m², aufgeteilt in den Positionen Produktion, Produktionsbezogen (additional functions) und den (Halb-)öffentlichen Bereich.

Die folgende Tabelle stellt das Ergebnis der Flächen- und Volumsermittlung des finalen Modells mit

⁴⁴ Etwa die VF als reines Betreiber:innenmodell oder als Nutzung für die Abhaltung von Lehrveranstaltungen der Polytechnischen Schule.

⁴⁵ Die Erweiterung des Produktkatalogs war neben energetischen Erwägungen beeinflusst von den Ergebnissen des *Living Labs* bzw. dem Workshop mit den Schüler:innen der Polytechnischen Schule.

den Zahlen der Grundlagenermittlung gegenüber.

AUSWERTUNG FINAL		Schickelgruberstraße	Schickelgruberstraße
GEBÄUDE	Grundfläche Bestandsgebäude [BGF]	795,10 m ²	795,10 m ²
	Kubatur Bestand [BRI]	11 249,83 m ³	11 249,83 m ³
	Kubatur Aufbau [BRI]	4 491,03 m ³	5 711,27 m ³
PROGRAMM	Kubatur Produktion [BRI]	3 046,39 m ³	4 019,01 m ³
	Kubatur Produktionsbezogen [BRI]	506,90 m ³	514,13 m ³
	Kubatur (Halb-)Öffentlich [BRI]	937,74 m ³	1 178,13 m ³
	Kubatur Gesamt [BRI]	4 491,03 m ³	5 711,27 m ³
	BGF Aufbau Produktion	516,23 m ²	504,15 m ²
	BGF Aufbau Prod.bez.	173,01 m ²	212,31 m ²
	BGF Aufbau 1/2öffentlich	145,33 m ²	199,11 m ²
	Aufbau Gesamt [BGF]	834,57 m ²	915,57 m ²

Tabelle 11: Gegenüberstellung der veränderten Kennzahlen aus der Grundlagenerhebung

Die Grundfläche sowie die Kubatur des Bestandes sind gleichgeblieben. In der Weiterentwicklung konnte das Volumen des Aufbaus erhöht werden. Zum größten Zuwachs kam es beim BRI des Produktionsvolumens von ca. 1.000 m³, während die produktionsbezogene Kubatur nur leicht zunahm. Die (Halb-)öffentlichen Bereiche stiegen von ca. 937 m² auf ca. 1.178 m².

Die Bruttogeschoßfläche (BGF) nahm im Produktionsteil leicht ab, dafür erhöhten sich die Flächen für produktionsbezogene Bereiche. Der Anstieg des (Halb-)öffentlichen Bereiches erfolgte durch die Einführung einer Zusatzebene im begrünten Würfel im Nordwesten des Gebäudes. In Summe nahm die Bruttogeschoßfläche ca. 10% zu, das Volumen ca. 25%.

FUNKTIONS- UND RAUMPROGRAMM	
Produktion Flächen [BGF]	504,14 m²
GH#1 Produktionsturm (VC)	86,25 m ²
GH#2 Konventionelles Gewächshaus	272,52 m ²
GH#3 Produktionsturm 2 (VR)	85,07 m ²
GH#4 Produktionsfläche Insekten	18,24 m ²
GH#5 Produktionsfläche Fische	18,24 m ²
GH#6 Produktionsfläche Pilze	23,83 m ²
Produktionsbezogen [BGF]	212,31 m²
Keimung	8,28 m ²
Waschen, Reinigen, Verpacken	29,08 m ²
Aufzucht	14,81 m ²
Erschließung und Sanitär	57,54 m ²
Gebäudetechnik	32,43 m ²
Lager	39,40 m ²
MA-, Büro- und Sozialräume	30,77 m ²
(Halb-)Öffentlich [BGF]	199,11 m²
Showroom	57,67 m ²
Veranstaltungen	60,71 m ²
Loggia	19,29 m ²
Skybar	61,44 m ²

Begrünungsmaßnahmen [BGF]	
Begrünung gesamt [BGF]	494,11 m²
Flächen Dachbegrünung [BGF]	210,78 m ²
Flächen Fassadenbegrünung [BGF]	283,33 m ²

Tabelle 12: Finales Funktions- und Raumprogramm der Wolkenfarm

Der (Halb-)Öffentliche Bereich gliedert sich in einen Showroom als Eingangsbereich für die vertikale Farm und bildet gleichzeitig den erschließungstechnischen Knotenpunkt zu einem kleinen Veranstaltungsbereich, der für Seminare, Vorträge und ähnliche Formate genutzt werden kann. Von diesem Bereich gelangt man in die begrünte Loggia, die Einsicht in die Produktionsvolumina gewährt und als Aussichtsplattform auf das umliegende Gelände dient. Die Skybar befindet sich als temporär nutzbare Funktion auf der obersten Terrassenfläche, welche in die Fläche der Dachbegrünung übergeht.

5.2.2. Darstellung der Investitions- und Betreiberkosten

Für das resultierende Funktions- und Raumprogramm wurden die Grobkostenschätzung überarbeitet. Die folgende Tabelle stellt die ermittelte Grobkostenschätzung des Gebäudes in der Schickelgruberstraße, der Polytechnischen Schule, der Grundlagenermittlung mit dem finalen Modell gegenüber. Die Bauwerkskosten der Kostengruppe 300 und 400 haben sich nur leicht verändert. Die Erhöhung ergibt sich aus der Integration der Flächen für die Dachbegrünung und die Fassadenbegrünung, steigt also von 1.790 €/m²BGF auf 1.870 €/m²BGF. Gesamt steigen die Bauwerkskosten somit von ca. 1,5 Mio. € auf 1,7 Mio. €. Die Schätzung der Quadratmeterpreise für die Einrichtung und Ausstattung steigt von 1.020 €/m²BGF auf 1.200 €/m²BGF, also von ca. 500.000 € auf ca. 600.000 €.

GROBKOSTENSCHÄTZUNG		
Einheit	Schickelgruberstraße Grundlagenermittlung	Schickelgruberstraße Finales Modell
Bauwerkskosten [KG300+400] [€/m²BGF]	€ 1 790,00	€ 1 870,00
Bauwerkskosten [KG300+400]	€ 1 493 880,30	€ 1 712 118,83
Einrichtung und Ausstattung [€/m²]	€ 1 020,00	€ 1 200,00
Einrichtung und Ausstattung	€ 526 554,60	€ 604 981,88
Baukosten	€ 2 020 434,90	€ 2 317 100,71

Tabelle 13: Grobkostenschätzung der Kostengruppen 300 und 400 nach DIN276

Für die vertiefende Betrachtung der Investitionskosten konnte auf Kostenschätzungen vorangegangener Forschungsprojekte zurückgegriffen werden. Diese Grundlagen waren die Basis für die Differenzierung der Kostenpositionen bzw. die Kategorisierung der Kostengruppen, welche für das vorliegende Projekt erstmals erstellt wurde.

Die Kostengruppen wurden angelegt, um

1. Mögliche Überschneidungen mit den Kostengruppen der DIN 276 zu erhalten, etwa bauliche bzw. technische Maßnahmen und damit
2. Vergleichswerte aus der Baukostentabelle zur Hand zu haben, etwa in der technischen Ausstattung der Produktionsvolumina, etwa mit Aufwendungen für die Gebäudetechnik mit Laborräumen (Luftwechsel, Clean Room-Umgebung)
3. Einheitliche und damit vergleichbare Positionen in den Gesprächen mit Produzenten-Partnerfirmen zu erhalten, um Zahlen zu erhalten, zu evaluieren oder schätzen zu können.

CAPEX [€]	GH 5	GH 4	GH 6	GH 1	GH 3	GH 2	Ges.
Gebäudetechnik	€ 4 558	€ 2 735	€ 10 009	€ 27 600	€ 27 222	€ 49 054	€ 121 177
Klima- und Kontrollsystem	€ 638	€ 547	€ 715	€ 5 175	€ 2 552	€ 6 813	€ 16 440
CO ₂ -Einspeisung	€ 0	€ 0	€ 0	€ 1 466	€ 1 446	€ 2 725	€ 5 638
LED-Beleuchtung	€ 911	€ 912	€ 1 906	€ 10 781	€ 11 484	€ 32 702	€ 58 697
Grow System	€ 9 115	€ 2 917	€ 6 672	€ 90 563	€ 68 056	€ 76 306	€ 253 628
Produktionsmethoden	€ 0	€ 1 550	€ 596	€ 43 125	€ 11 910	€ 125 359	€ 182 539
Vorzucht	€ 0	€ 456	€ 596	€ 11 213	€ 11 059	€ 24 527	€ 47 850
Aufzucht	€ 2 370	€ 3 646	€ 7 864	€ 10 350	€ 10 208	€ 31 340	€ 65 778
Verarbeitung	€ 4 375	€ 1 458	€ 1 906	€ 20 700	€ 20 417	€ 65 405	€ 114 262
Kühl- und Lageranlage	€ 2 370	€ 2 370	€ 3 098	€ 11 213	€ 11 059	€ 35 428	€ 65 537
Bauliche Maßnahmen	€ 1 823	€ 547	€ 715	€ 2 846	€ 2 807	€ 7 903	€ 16 641
Technische Anschlüsse	€ 456	€ 456	€ 596	€ 2 156	€ 2 127	€ 6 813	€ 12 603
TOTAL	€ 26 616	€ 17 592	€ 34 673	€ 237 188	€ 180 348	€ 464 374	€ 960 790

Tabelle 14: Kostenschätzung anteilmäßiger Investitionen für den Ausbau

Das Ergebnis dieser Tabelle weist einen Investitionsbetrag von 935.000 € auf. Verglichen mit den oben angegebenen Investitionskosten für Einrichtung und Ausstattung von 604.000 € liegt er um 50% höher. Dies ist dadurch begründet, dass die DIN 276 Kostentabelle in der Kostengruppe 300 lediglich Baukonstruktive Einbauten (und sonstige Maßnahmen für Baukonstruktion) abdeckt bzw. in der KG 400 die Technischen Anlagen mit Unterkategorien abdeckt. CO₂-Einspeisung, LED-Beleuchtung, Grow System, Produktionsmethoden, Vor- und Aufzucht, Verarbeitung sind Zusatzkategorien, welche für die vorliegende Kostenschätzung ergänzt wurden.

Anders formuliert gibt es zwischen den oben angeführten Investitionskosten Überschneidungen mit der vorangegangenen Grobkostenschätzung. Die Kostenpositionen für Bauliche Maßnahmen, Technische Anschlüsse, Gebäudetechnik, Klima- und Kontrollsysteme und teilweise (LED-) Beleuchtung finden sich auch in der DIN 276 wieder. Ohne diese Positionen im Detail analysiert zu haben – aufgrund des Detaillierungsgrades – kann geschätzt werden, dass die Überlappung der beiden Kostentabellen in der Höhe von ca. 25% anzusiedeln ist und damit im Ergebnis innerhalb des Genauigkeitsspielraums einer Grobkostenschätzung.

Die Perspektive auf die geschätzten Betreiberkosten wird im Folgenden dargestellt.

OPEX	GH 5	GH 4	GH 6	GH 1	GH 3	GH 2	Ges.
Strom Beleuchtung	€ 2 087	€ 2 921	€ 5 843	€ 80 753	€ 65 938	€ 51 123	€ 208 664
Strom Heizung, Kühlung, WW	€ 1 664	€ 1 165	€ 1 165	€ 3 994	€ 3 994	€ 4 660	€ 31 925
Wasser	€ 3 150	€ 20	€ 20	€ 75	€ 160	€ 130	€ 3 555
Miete	€ 3 281	€ 3 281	€ 4 289	€ 15 525	€ 15 313	€ 49 054	€ 90 743
Arbeit	€ 25 460	€ 25 333	€ 25 333	€ 25 333	€ 25 333	€ 25 333	€ 152 127
Verbrauchsmaterialien [5-15%]	€ 1 440	€ 3 944	€ 7 317	€ 16 128	€ 16 727	€ 10 038	€ 55 593
Vertrieb [5-7%]	€ 2 250	€ 4 000	€ 3 000	€ 2 500	€ 7 500	€ 3 500	€ 22 750
Abschreibung [10%]	€ 2 662	€ 1 759	€ 3 467	€ 23 719	€ 18 035	€ 46 437	€ 96 079
TOTAL	€ 41 994	€ 42 424	€ 50 434	€ 168 027	€ 153 000	€ 190 274	€ 646 153
FTE	0,67	0,67	0,67	0,67	0,67	0,67	4
m²/FTE	24	102	146	484	502	274	255

Tabelle 26: Anteilsmäßige Betreiberkosten nach Produktionseinheiten

Die Energiekosten, aufgegliedert auf die unterschiedlichen Produktionseinheiten (GH 1 – 6) wurden als Strombedarf vereinheitlicht dargestellt – unter Einsatz der Wärmepumpe (Annahme 0,16€/kWh). Die Ergebnisse belegen die Erwartungen, dass der größte Energiebedarf auf den Ersatz des Tageslichts durch den Einsatz von LED-Beleuchtung zurückzuführen ist.

Der Energieaufwand zwischen den Produkten ist ersichtlich. Hervorzuheben ist der relativ hohe Aufwand für Warmwasser in der relativ kleinen Fischproduktion, die eine konstante Wassertemperatur zwischen 25 und 26°C benötigt. Die Kostenposition für den Wasserbedarf (1,0 €/m³) fällt mit Ausnahme der Fischproduktion sehr gering aus, da hier die Annahme getroffen wurde, dass 80% des Wassers für die Bewässerung im Kreislauf bleibt. Diese Position, sowohl in der Simulation als in der Kostenberechnung stellt einen großen Forschungsbedarf dar. Besonders die Evapotranspiration und deren Einfluss auf den Heizwärmebedarf konnte im Rahmen dieser Arbeit nur geschätzt und mit Erfahrungswerten im Energiebedarf mit (wenigen) Partnerfirmen verglichen werden. Für die Miete wurden € 12,00/m²BGF angenommen.

Bei der Position Arbeit wurden vier Vollzeitäquivalente für die gesamte vertikale Farm mit einem durchschnittlichen Bruttolohn von € 38.000,00 angenommen und in der Tabelle gleichwertig auf sämtliche Produktionseinheiten aufgeteilt. Die Positionen für die Gehälter teilen sich auf Geschäftsführung, zwei Techniker, Reinigung, Sekretariat und Buchhaltung sowie Shop und/oder Gastronomie und Organisation. Die genaue Aufteilung der Positionen kann aus dem Anhang entnommen werden.

Für Verbrauchsmaterialien bzw. -güter, Aufwendungen und für den Vertrieb wurden Annahmen auf Grundlage von Desk-Research getroffen und wenn möglich mit Erfahrungswerten von Produzent:innen besprochen. Für den Vertrieb werden 5 % des Umsatzes angenommen, die Abschreibungsposition beläuft sich auf 10% der Investitionskosten. Für die Verbrauchsmaterialien wurde für eine detailliertere Betrachtungsweise eine umfassendere Tabelle mit vereinheitlichten Positionen entwickelt. Diese kann im Anhang eingesehen werden.

Die Analyse der zu Verfügung stehenden Daten sowie kommunizierten Erfahrungswerten von Partnerfirmen in der Pilz-, Fisch- und Insektenproduktion stellen teilweise große Diskrepanzen dar. Hier ist zeichnet sich ein zusätzlicher Forschungsbedarf ab. Eine vertiefende Untersuchung, etwa für die Gebäudetechnik, der Innenausstattung sowie für den Erwerb bzw. der Entwicklung der Produktionsmethoden selbst, ergab, dass für validere Daten eine Anlagenplanung unumgänglich ist. Hier gibt es noch keine Standards. Unabhängig davon kann jedoch gesagt werden, dass die Grobkostenschätzung aufgrund der Diskussionen im Austausch mit Produzent:innen und Teilnehmer:innen der externen Qualitätssicherung im Rahmen der von der DIN 276 angegebenen 30% zu liegen kommt.

Zusammenfassend belaufen sich die Investitionskosten für die Bauwerkskosten der KG 300 und 400 auf 1.712.118,93 €. Hinzu kommen 935.334,00 € an Einrichtung und Ausstattung. Abzüglich der überlappenden Positionen (Gebäudetechnik, Klima- und Kontrollsystem, bauliche Maßnahmen und technische Anschlüsse) ergeben sich 2.480.591,32 € oder 2.709,34 €/m²BGF.

Die Betreiberkosten belaufen sich pro Jahr auf 534.439,00 € oder 584,00 €/m². Dem stehen Ertragserwartungen von 306,67 €/m² bei Vermarktung zu Supermärkten, 1.150.01€/m² für die Gastronomie oder 1.533,35 €/m² für Endkunden gegenüber. Im folgenden Kapitel wird auf die Ertragsabschätzung und deren Flaschenverbrauch dargestellt.

5.2.3. Ertrag und Flächenverbrauch

Die folgende Tabelle stellt zusammenfassend die Kubatur- und Flächen mit den Produktionseinheiten (GH) gegenüber und gibt Auskunft über die beinhalteten Anbauflächen (Cultivation Area).

SCHICKELGRÜBERSTRASSE FINALES MODELL	Unit	GH 1 Carousel	GH 2 Conventional	GH 3 Skygreens	GH 4 Insect Box	GH 5 Aquaculture	GH 6 Mushrooms
	Footprint	346,71	84,44	85,06	18,23	18,23	23,83
	Cultivation Area	322,56	182,50	334,53	68,00	16,00	97,56
	Volume	1 209,10	989,71	847,58	64,59	64,59	168,83
	Kubatur Produktion [BRI]	4 019,01 m ³					
	Kubatur Produktionsbezogen [BRI]	514,13 m ³					
	Kubatur (Halb-)Öffentlich [BRI]	1 178,13 m ³					
	Gesamt [BRI]	5 711,27 m³					
	BGF Aufbau Produktion	504,15 m ²					
	BGF Aufbau Prod.bez.	212,31 m ²					
	BGF Aufbau 1/2öffentlich	199,11 m ²					
	Gesamt [BGF]	915,57 m²					
	GH Production Method	PM units	Trays/PM	Tray-srf [m ² ca]	ca [m ²]		
	GH 3 Skygreens	7,00	59,00	0,81	334,53		
	GH 2 Conventional	2,00	252,00	0,64	322,56		
	GH 1 Carousel	1,00	42,00	4,35	182,50		

Tabelle 15: Anbauflächen und Kennzahlen der Produktionseinheiten

Eine detailliertere Übersicht über die verwendeten Produktionsmethoden (*GH Production Method*), deren Anbauflächen und zugewiesenen Lebensmittelprodukte (erweiterter Kulturpflanzenkatalog) mit dem zugrundeliegenden Rechenmodell hinsichtlich Ertragsabschätzungen, Kulturfolge, Einkaufs- bzw. Verkaufspreise können aus dem Anhang entnommen werden.

ERTRAGSABSCHÄTZUNG			
Einheit	Schickelgruberstraße Grundlagenermittlung	Schickelgruberstraße Finales Modell	Einheit
Jahresertrag [kg]	23 226,68	48 230,17	Jahresertrag [kg]
Salate [kg/a]	9 342,23	41 750,17	Pflanzen [kg/a]
Minze [kg/a]	6 631,83	2 400,00	Fische [kg/a]
Basilikum [kg/a]	7 252,61	4 080,00	Insekten [kg/a]
Umsatz/a [€] Retail	€ 221 966,56	€ 280 320,67	Umsatz/a [€] Retail
Umsatz/a [€] Gastronomie	€ 832 374,61	€ 1 051 202,50	Umsatz/a [€] Gastronomie
Umsatz/a [€] Direktverkauf	€ 1 109 832,81	€ 1 401 603,33	Umsatz/a [€] Direktverkauf
Salate [€/a]	€ 65 395,63	€ 1 015 203,33	Pflanzen [€/a]
Minze [€/a]	€ 464 228,35	€ 60 000,00	Fische [€/a]
Basilikum [€/a]	€ 580 208,83	€ 326 400,00	Insekten [€/a]
Ertrag / Grundfläche [kg/m²]	29,21	60,66	Ertrag / Grundfläche [kg/m²]
Ertrag / Volumen (P) [kg/m³]	7,62	12,00	Ertrag / Volumen (P) [kg/m³]

Tabelle 16: Ertragsabschätzungen - Vergleiche der Ergebnisse aus der Grundlagenermittlung und dem finalen Modell

Die neue Flächen- und Kubatur-Aufstellung und deren Analyse der sich ergebenden Wachstumsbedingungen führt neben der vorgenommenen Differenzierung und Erweiterung des Produktkatalogs zudem zu einer Erhöhung der Anbaufläche. Die vorangegangene Tabelle stellt die Steigerung der Ertragsmenge in absolutem Gewicht und dem erwartbaren Umsatz dar, differenziert zwischen Direktverkauf, Verkauf an die Gastronomie sowie an Retail, beispielsweise an Supermärkte. Die größte Veränderung des KPI „Ertrag/Grundfläche“ in Kilogramm pro Quadratmeter ergibt sich hauptsächlich aus der Integration der Pilz-, Insekten- und Fischproduktion. Für diese Produktionsvolumina wurde ein Zwischengeschoß eingeschoben, wodurch sich der Ertrag pro Grundfläche der vertikalen Farm – sprich die Bruttogeschoßfläche des gesamten Aufbaus auf der Polytechnischen Schule im Vergleich zu den Zahlen der Grundlagenermittlung merklich erhöht.

Die Treffen im Rahmen der externen Qualitätssicherung waren für diesen Schritt von besonderer Bedeutung. Durch die Teilnahme von Gerhard Zechner der GNZ-GmbH, spezialisiert auf Indoor- und Outdoor-Fischproduktion konnten wertvolle Rahmenbedingungen (Flächenbedarf, Besatzdichte, Wachstumsbedingungen) für die Aquakultur diskutiert werden. Im Fokus standen Süßwasserfische wie Forellen und Saibling ebenso wie der Afrikanische Wels und der Buntbarsch. Letzterer wurde für die Berechnungsgrundlagen übernommen – sowohl für das Layout der Grundrisse und dem Raumbedarf als auch mit Erfahrungswerten der Einkaufs- und Verkaufspreise.

Das Verhältnis des Ertrags der Ganzjahresproduktion in der Wolkenfarm bezogen auf die konventionelle Landwirtschaft bringt folgendes Ergebnis: Der Ertrag pro Jahr liegt bei 48.230,17 kg, welcher auf einer Anbaufläche von 142.213,04 m² konventionell erzielt werden kann. Die Annahmen pro Produkt können aus der Abbildung 41 im Anhang entnommen werden. Die Quellenlage ist für diesen Schritt gering, die Ertragserwartungen können sehr stark schwanken und sind neben der Sorte stark abhängig vom Technologisierungsgrad der konventionellen Landwirtschaft, den Bodenverhältnissen und den (Mikro-)klimatischen Bedingungen. Bei ermittelten Daten mit großen

Schwankungsbreiten wurde der geringere Wert unternommen.⁴⁶

Als „freigestellte“ Anbaufläche könnten die ca. 142.000 m² pro Jahr ca. 71.105 kg CO₂ binden. Auch bei der Angabe des „*carbon sink potential*“ gibt es große Unterschiede. Deshalb wurde für diese konservative Rechnung 0,5 kgCO₂/m²/a angenommen.⁴⁷ Würde dieselbe Fläche neu erschlossen, also Umwidmung von Naturfläche zu Produktionsfläche beispielsweise durch Brandrodungen des Regenwaldes, würden dadurch 99,4 t an CO₂ frei gesetzt werden.⁴⁸

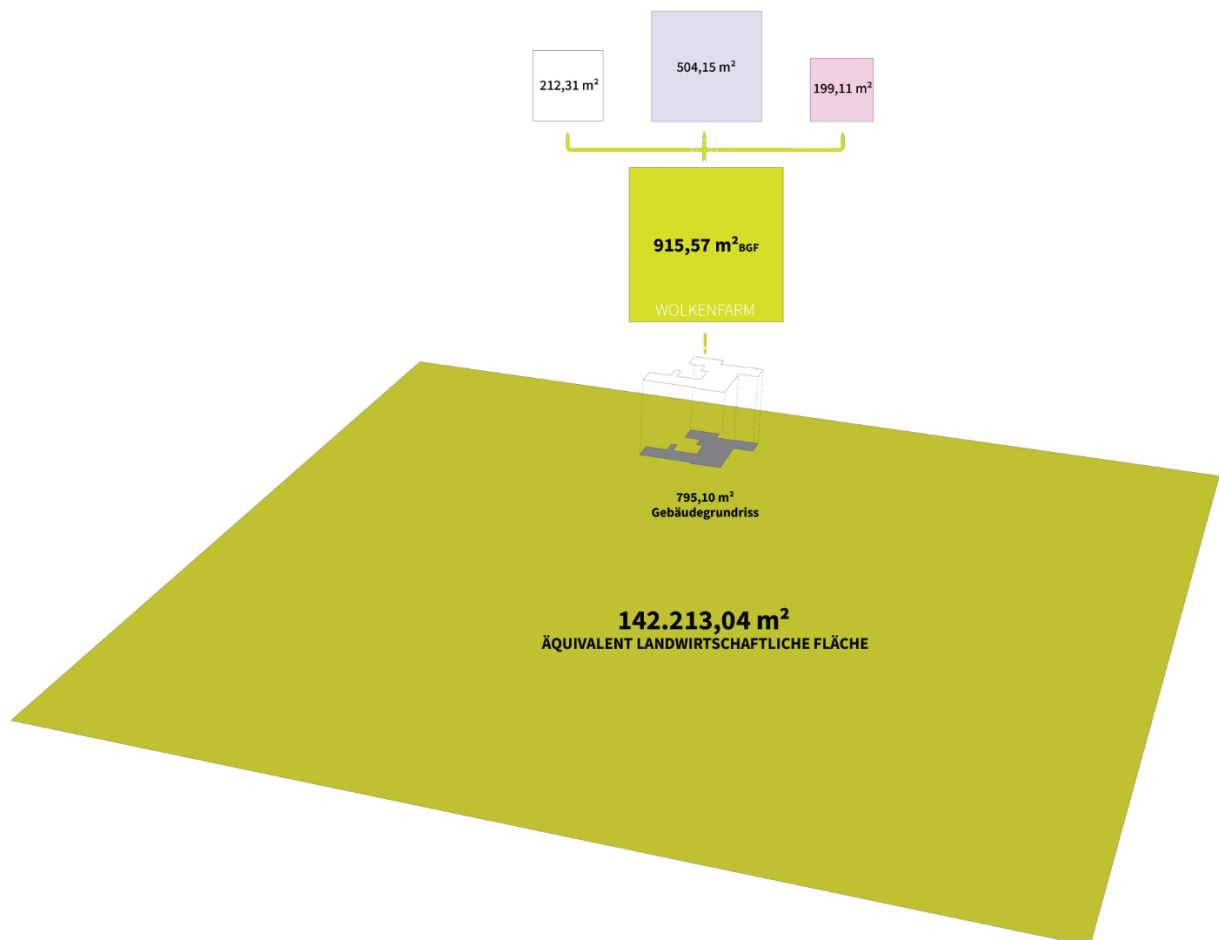


Abbildung 27: Landverbrauch der Wolkenfarm im Vergleich zur konventionellen Landwirtschaft (links: gesamte VF, rechts: nur Anbauflächen der VF)

⁴⁶ Hauptquellen für den Bezug der Ertragserwartungen sind die Statistikseite der FAO (Food and Agriculture Organization), Statistik Austria und themenspezifische Publikationen. Zu diesen gehören Kräuteranbau – Nische für Spezialisten, AMA Gemüseproduktion 2016 und Tätigkeitsbericht Agrarmarkt Steiermark

⁴⁷ Als Beispiele sind hier angeführt: Aufforstung von Wäldern: 1 bis 2 kg CO₂ pro Quadratmeter und Jahr und Dauergrünland 0,2-0,5. Quellen: Aufforsten gegen den Klimawandel, Carbon Farming, CO₂-Emissionen landwirtschaftlich genutzter Flächen

⁴⁸ Podmirseg, D. „Contribution of Vertical Farms to increase the overall Energy Efficiency of Cities. 2015. Seite 325

5.2.4. Prozessplan

Für die Wolkenfarm wurde ein Prozessplan skizziert, welcher von der Produktion über die Verarbeitung und Veredelung der Produkte bis hin zu gastronomischen Aktivitäten reicht. Vertrieb und Management werden zusätzlich abgebildet. Es wurde die Versuch unternommen, Prozesse zu definieren, welche als Grundlage für Gesprächen mit potentiellen Betreiber:innen oder die Polytechnische Schule selbst als Betreiberin dient. Im Folgenden werden die Schritte stichpunktartig festgehalten:

1. Planung und Design

- **Bestandsaufnahme:**
 - **Gebäudeanalyse:** Überprüfung der bestehenden Infrastruktur, einschließlich der Tragfähigkeit der Böden, der Verfügbarkeit von Wasser- und Stromanschlüssen sowie der Belüftungssysteme.
 - **Genehmigungen:** Einholen aller notwendigen Genehmigungen und Einhaltung der lokalen Bauvorschriften und Umweltauflagen.
 - **Konzeptentwurf:** Analyse des Funktions- und Raumprogramms, Adaptierung des Flächenbedarfs anhand gewählter Produkte bzw. Anbau- und Produktionsmethoden
 - **Vertrieb:** Analyse und Festlegung der produktionsbezogenen Flächen, der horizontalen und vertikalen Erschließung, Zu- und Abfahrtsgelegenheiten, Stellflächen und (kurzfristige) erdgeschoßige Lagerflächen

2. Umbau und Installation

- **Strukturelle Anpassungen:**
 - **Verstärkung der Böden:** Sicherstellen, dass die Böden das zusätzliche Gewicht der Anbausysteme und Pflanzen tragen können.
 - **Isolierung und Abdichtung:** Verbesserung der Isolierung und Abdichtung des Gebäudes, um optimale Wachstumsbedingungen zu gewährleisten.
 - **Anlagenplanung:** Definition des Edelrohbaus sowie Vorkehrungen für baukonstruktive Maßnahmen bzw. technische Infrastruktur
- **Installation der Anbausysteme:**
 - **Anlagenplanung:** Planung und Einbau der gewählten Anbausysteme, einschließlich der notwendigen Zusatzfunktionen (produktionsbezogene Einheiten wie beispielsweise Tanks, Pumpen und Steuerungs- und Kontrollsysteme).
 - **Beleuchtung:** Planung „*lighting fixtures*“, in Zusammenhang mit Vorkehrungen im Edelrohbau bzw. Innenausbau
 - **Bewässerung und Nährstoffversorgung:** Einrichtung eines automatisierten Bewässerungs- und Nährstoffversorgungssystems.
- **Klimakontrolle:**
 - **HVAC-Systeme:** Installation von Heizungs-, Lüftungs- und Klimaanlage zur Kontrolle von Temperatur und Luftfeuchtigkeit in Abstimmung mit bestehenden Systemen (Ausbau, Erhöhung der Kapazität, Zusatzgeräte, Schnittstellendefinition).
 - **Sensoren und Steuerungssysteme:** Implementierung von Sensoren zur Überwachung der Umweltbedingungen und eines zentralen Steuerungssystems zur Automatisierung der Prozesse in den Schnittstellen mit dem Edelrohbau.

3. Betrieb und Wartung

- **Pflanzung und Pflege:**
 - **Saatgut und Setzlinge:** Auswahl und Pflanzung von geeigneten Kulturen, die für den vertikalen Anbau geeignet sind.
 - **Pflege und Überwachung:** Regelmäßige Überwachung der Pflanzen und Anpassung der Wachstumsbedingungen nach Bedarf.
- **Ernte und Verarbeitung:**
 - **Ernteplanung:** Erstellung eines Ernteplans, um eine kontinuierliche Produktion zu gewährleisten.
 - **Verarbeitung und Verpackung:** Einrichtung von Bereichen für die Verarbeitung und Verpackung der geernteten Produkte.
- **Wartung der Systeme:**
 - **Regelmäßige Inspektionen:** Durchführung regelmäßiger Inspektionen und Wartungsarbeiten an den Anbausystemen und der Gebäudetechnik.
 - **Schulung des Personals:** Schulung des Personals in der Bedienung und Wartung der Systeme.

4. Nachhaltigkeit und Effizienz

- **Energieeffizienz:**
 - **Erneuerbare Energien:** Integration von erneuerbaren Energiequellen wie Solar- oder Windenergie zur Reduzierung des Energieverbrauchs.
 - **Energieüberwachung:** Implementierung eines Energiemanagementsystems zur Überwachung und Optimierung des Energieverbrauchs.
- **Wassermanagement:**
 - **Wasserrecycling:** Einrichtung eines Systems zur Wiederverwendung von Wasser, um den Wasserverbrauch zu minimieren.
 - **Regenwassernutzung:** Nutzung von Regenwasser zur Bewässerung der Pflanzen.
 - **Regenwassernutzung** für Dach- und Fassadenbegrünung
- **Abfallmanagement:**
 - **Kompostierung:** Einrichtung einer Kompostieranlage zur Verwertung von Pflanzenabfällen.
 - **Recycling:** Implementierung eines Recyclingprogramms für Verpackungsmaterialien und andere Abfälle.

5. Vertrieb und Vermarktung

- **Vertriebskanäle:**
 - **Direktverkauf:** Aufbau eines Direktverkaufs an Verbraucher, z.B. durch einen Hofladen oder Wochenmärkte.
 - **Partnerschaften:** Zusammenarbeit mit lokalen Supermärkten, Restaurants und Lieferdiensten.
- **Marketing:**
 - **Branding:** Entwicklung einer Marke, die die Nachhaltigkeit und Frische der Produkte betont.

- **Online-Präsenz:** Aufbau einer Online-Präsenz und Nutzung von Social Media zur Vermarktung der Produkte.

6. Forschung und Entwicklung

- **Innovation:**
 - **Neue Anbautechniken:** Forschung und Entwicklung neuer Anbautechniken und Pflanzenarten.
 - **Technologieintegration:** Integration neuer Technologien zur Verbesserung der Effizienz und Produktivität.
- **Schulungen:**
 - **Weiterbildung:** Regelmäßige Weiterbildung des Personals zu neuen Techniken und Technologien.
 - **Workshops und Seminare:** Durchführung von Workshops und Seminaren für Interessierte und Partner.

7. Gastronomie- und Vertriebskonzept

- Betreiber, Angebot, Öffnungszeiten
- Vertriebsdiversifizierung
- Produktentwicklung

Wünsche und Bedürfnisse aus dem Bürger:innen-Beteiligungsprozess, sowie Empfehlungen der Expert:innen wurden in die Planung übernommen und dienten als Basis für den Projektabschluss der Sondierung. Das Kapitel 5.5.2 „Bürger:innen-Beteiligung“ widmet sich dem Inhalt und den Ergänzungen zum bestehenden Konzeptvorschlag.



Abbildung 28: Wolkenfarm, Rendering

5.3. Entwicklung sozio-ökonomischer Business-Modelle

5.3.1. Business Model Canvas

Im Unterschied zu konventionellen BMCs von reinen Produktionsbetrieben wurde im Konsortium das Ziel verfolgt, einen möglichst differenzierten und heterogenen Blick auf zentrale Kategorien zu erarbeiten. In der Diskussion zur Abgrenzung zu konventionellen Geschäftsmodellen wurden zentrale Unterscheidungen erarbeitet, die in der folgenden Tabelle dargestellt werden.

Merkmal	Sozioökonomisches Geschäftsmodell	Konventionelles Geschäftsmodell
Zielsetzung	Balance zwischen Profit, sozialem und ökologischem Nutzen	Primär Gewinnmaximierung
Zeithorizont	Langfristige Nachhaltigkeit	Kurzfristige Gewinne
Ressourcennutzung	Nachhaltige und erneuerbare Ressourcen	Intensive Nutzung endlicher Ressourcen
Soziale Verantwortung	Hohe Priorität, Engagement in Gemeinschaftsprojekten	Geringe Priorität, Fokus auf Kostensenkung
Transparenz	Hohe Transparenz und Rechenschaftspflicht	Geringere Transparenz
Innovation	Förderung von nachhaltigen Innovationen	Fokus auf kostensenkende Innovationen

Die **Schlüsselpartner** sind das Land Niederösterreich, die Gemeinde St. Pölten, die Direktion der Polytechnischen Schule, der Stadt- und Landesschulrat, das Organisationsteam der Kulturhauptstadt 2024, der Verein Stadtgarten und die Stadtoase St. Pölten, welches ebenfalls ein von der FFG gefördertes Projekt ist. Diese Partner bieten kommunikative, inhaltliche, logistische und fachliche Unterstützung, die für den Erfolg des Projekts entscheidend ist.

Zu den **Schlüsselaktivitäten** gehören die Lebensmittelproduktion, Forschung und Entwicklung von Indoor-Lebensmittelproduktion (Pflanzenphysiologie, Automatisierung, Steuerung- und Regelung, IoT, Softwareentwicklung, um nur einige zu nennen), Lehre und Praxis (beispielsweise die Integration der urbanen Lebensmittelproduktion ins Curriculum der Polytechnischen Schule), der Lebensmittelvertrieb sowie die Organisation von Veranstaltungen zur Verbreitung der Projektergebnisse.

Das **Wertangebot** des Projekts besteht aus der Bereitstellung von frischen, lokalen Lebensmitteln, die das ganze Jahr über verfügbar sind. Darüber hinaus dient das Projekt als Forschungs- und Lehrgegenstand und schafft öffentliche Räume, die ein hohes Identifikationspotential bieten. Als realisiertes Projekt kann es Leuchtturmcharakter erhalten, welcher mit den Zielen der Stadt St. Pölten in Einklang ist und an die Pionierleistung der Firma Ruthner Industrieller Pflanzenbau anknüpfen.⁴⁹

Die **Kundenbeziehungen** werden durch direkten Kontakt bei Veranstaltungen, Ausstellungen, Verkauf und Anlieferung sowie durch die Lebensmittelverarbeitung gepflegt. Dies ermöglicht eine enge Bindung zu den Kunden und eine hohe Kundenzufriedenheit, da ein direkter Bezug zwischen Konsumierenden und den Produzent:innen wieder hergestellt wird.

⁴⁹ Die Firma Ruthner hat bereits vor einem halben Jahrhundert in Niederösterreich (Langenlois) erste Prototypen erbaut. Ein kurzer historischer Überblick kann [aus diesem Artikel](#) bezogen werden.

Die **Kundensegmente** umfassen Lehrende und SchülerInnen der Polytechnischen Schule, Eltern, Kantinen, Restaurants und Lebensmittelverarbeiter. Diese Zielgruppen profitieren direkt von den Angeboten. Produktionsmengen können je nach Bedarf abgestimmt zur eigenen Entnahme (e.g. Unterricht und Kochkurs) oder für den Vertrieb zu Verfügung gestellt werden.

Zu den **Schlüsselressourcen** zählen High-Technologie, Know-how in der Indoorproduktion und politische Unterstützung. Diese Ressourcen sind notwendig, um den verschiedenen Aktivitäten Kontinuität zu ermöglichen.

Die **Kanäle**, über die das Projekt kommuniziert und seine Produkte vertreibt, umfassen das Rahmenprogramm der Polytechnischen Schule, Social Media, die Website und das Veranstaltungsprogramm der Gemeinde. Diese Kanäle sorgen für eine breite Sichtbarkeit und Erreichbarkeit. Bereits während des laufenden Projekts werden Aktualisierungen auf der eigens entwickelten Website ersichtlich sein.

Die **Kostenstruktur** des Projekts wird durch internationale und nationale Forschungsprogramme, das Land Niederösterreich im Rahmen der Kulturhauptstadt 2024, Investoren, Partner und Betreiber gedeckt. Diese Finanzierungsmöglichkeiten sichern die langfristige Durchführung des Projekts.

Die **Einnahmequellen** umfassen den Verkauf von frischen und verarbeiteten Lebensmitteln, Mieteinnahmen für Restaurant- und Seminaraktivitäten, den Verkauf von Merchandisingprodukten und Beratungsdienste. Diese Einnahmen tragen zur finanziellen Stabilität des Projekts bei.

SCHLÜSSELPARTNER	SCHLÜSSELAKTIVITÄTEN	WERTANGEBOTE	KUNDENBEZIEHUNGEN	KUNDENSEGMENTE
Land Niederösterreich Gemeinde St. Pölten Polytechnische Schule Stadt- / Landesschulrat Kulturhauptstadt 2024 Verein Stadtgarten Stadtoase St. Pölten	Lebensmittelproduktion Forschung und Entwicklung Lehre und Praxis Lebensmittelvertrieb Dissemination / Veranstaltungen	Frische, ganzjährig verfügbare Lebensmittel Forschungs- und Lehrgegenstand Identifikationspotential durch das Schaffen öffentlicher Räume	Direkter Kontakt bei - Veranstaltungen - Ausstellungen - Verkauf - Anlieferung Lebensmittelverarbeitung	Lehrende und SchülerInnen der Polytechnischen Schule Eltern Kantinen Restaurants Lebensmittelverarbeiter
	SCHLÜSSELRESSOURCEN High-Technologie Know how Indoorproduktion Politische Unterstützung		KANÄLE Rahmenprogramm der Polytechnischen Schule Social Media Website-Kommunikation Veranstaltungsprogramm der Stadt St. Pölten Veranstaltungsprogramm Kultur- hauptstadt 2024	
KOSTENSTRUKTUR Internationale, nationale Forschungsprogramme Land Niederösterreich (Kulturhauptstadt 2024) Investoren Partner Betreiber		EINNAHMEQUELLEN Verkauf von Lebensmitteln - frisch - verarbeitet Miete für Restaurant und Seminaraktivitäten Merchandisingprodukte (Shop) Beratung / Consulting		

Tabelle 17: Business Model Canvas der Wolkenfarm

5.3.2. Betrachtungen zu einem S-ROI

Wir nehmen an, die vertikale Farm startet heute ihren Betrieb und produziert jährlich 48.230 kg Lebensmittel auf einer Grundfläche von 795,10 m². Im Vergleich zur konventionellen Landwirtschaft, die eine Fläche von 142.213,04 m² benötigen würde, um denselben Ertrag zu erzielen, zeigt sich eine erhebliche Flächeneffizienz.⁵⁰ Der Umsatz der Farm beträgt etwa 1,4 Millionen Euro, während die Betreiberkosten bei 534.000 Euro und die Investitionskosten bei 2,4 Millionen Euro liegen.

Verkehrsreduktion und Umweltvorteile: Durch die urbane Produktion wird der Verkehr in der Stadt deutlich reduziert, da 25% der gefahrenen Kilometer lebensmittelbedingt sind. Angenommen, die durchschnittliche Reduktion beträgt 10.000 km pro Jahr,⁵¹ und jeder Kilometer spart etwa 0,2 kg CO₂, ergibt sich eine jährliche Einsparung von 2.000 kg CO₂.⁵² Dies führt zu einer erheblichen Verringerung des Verbrauchs fossiler Brennstoffe und somit zu einer Reduktion der CO₂-Emissionen und damit zur Unterstützung der Erreichung der Klimaziele.

Bildungsprogramme und Gemeinschaft: Die vertikale Farm bietet Bildungsprogramme für Kinder und Erwachsene, die an der innovativen Produktionsmethode teilnehmen können. Diese Programme könnten monatlich stattfinden und jeweils ca. 50 Teilnehmer anziehen. Die Örtlichkeiten in der vertikalen Farm wurden im Funktions- und Raumprogramm berücksichtigt. Dies fördert das Bewusstsein für nachhaltige Landwirtschaft, künftige Herausforderungen in der Lebensmittelversorgung, sensibilisiert für die Zusammenhänge zwischen Energieverbrauch, Infrastruktur, globale Lebensmittelwertschöpfungskette und die Potentiale lokaler bzw. regionaler Ganzjahreslebensmittelversorgung. Sie schafft Identifikationspotential und stärkt die Gemeinschaft.

Ausbildungsprogramme und Berufe: Die Einbindung der Produktionsweise in den Lehrplan der polytechnischen Schule kann für Aus- und Weiterbildungszwecke sowie (Auftrags-) Forschungsarbeiten für den Gartenbausektor genützt werden. Zudem können im Lehrplan neue Berufsgruppen rund um die urbanen Lebensmittelwertschöpfungskette entwickelt werden. Dies kann zu zusätzlichen Einnahmequellen, Zugang zu (Landes-)Förderungen (Bildung, Ausbildung) sowie interdisziplinäre unternehmerische bzw. forschungstechnische Kooperationen führen

Direktvermarktung und Kundenbindung: Die Aktivierung von Vertriebskanälen in Richtung Direktvermarktung ermöglicht es der Farm, engere Beziehungen zu den Konsument:innen aufzubauen und eine starke Identifikation mit der Marke zu schaffen. Dies kann zu stabilen Geschäftsbeziehungen und einer langfristigen Kundenbindung führen.

⁵⁰ S. dazu die Tabelle der Ertragserwartungen im Anhang, Abbildung 40. Ertragsermittlung Grundlagenermittlung Brunn- und Schulgasse sowie Schickelgruberstraße

⁵¹ S. dazu WATKISS, P. et al. „The Validity of Food Miles as an Indicator of Sustainable Development“, 2005

⁵² Ibid.

Kriterium	Beschreibung
Produktion	48.230 kg Lebensmittel pro Jahr auf 795,10 m ²
Flächeneffizienz	142.213,04 m ² Flächeneinsparung im Vergleich zur konventionellen Landwirtschaft
Umsatz	1,4 Millionen Euro
Betreiberkosten	534.000 Euro
Investitionskosten	2,4 Millionen Euro
Verkehrsreduktion	10.000 km weniger gefahrene Kilometer pro Jahr
Reduktion fossiler Brennstoffe	Einsparung von 2.000 kg CO ₂ pro Jahr
Kultur- vs. Naturfläche	71.105,52 kg CO ₂ -Bindung jährlich
Bildungsprogramme	Monatliche Programme mit 50 Teilnehmern
Vertriebskanäle	Aktivierung von Direktvermarktungskanälen, 10% Umsatzsteigerung
Gemeinschaftsbindung	Starke Identifikation mit der vertikalen Farm und stabile Geschäftsbeziehungen

Tabelle 18: Indikatoren des S-ROI

Natur- und Kulturfläche: Als theoretisches Rechenmodell sei hier noch das CO₂-Bindungspotential (CO₂-Senke) angeführt: Würde das Flächenäquivalent der konventionellen Landwirtschaft, welches für denselben Ertrag der vertikalen Farm benötigt würde, der Natur zurückgegeben und aufgeforstet werden, könnten damit im Durchschnitt ca. 71 t an CO₂ gebunden werden.⁵³

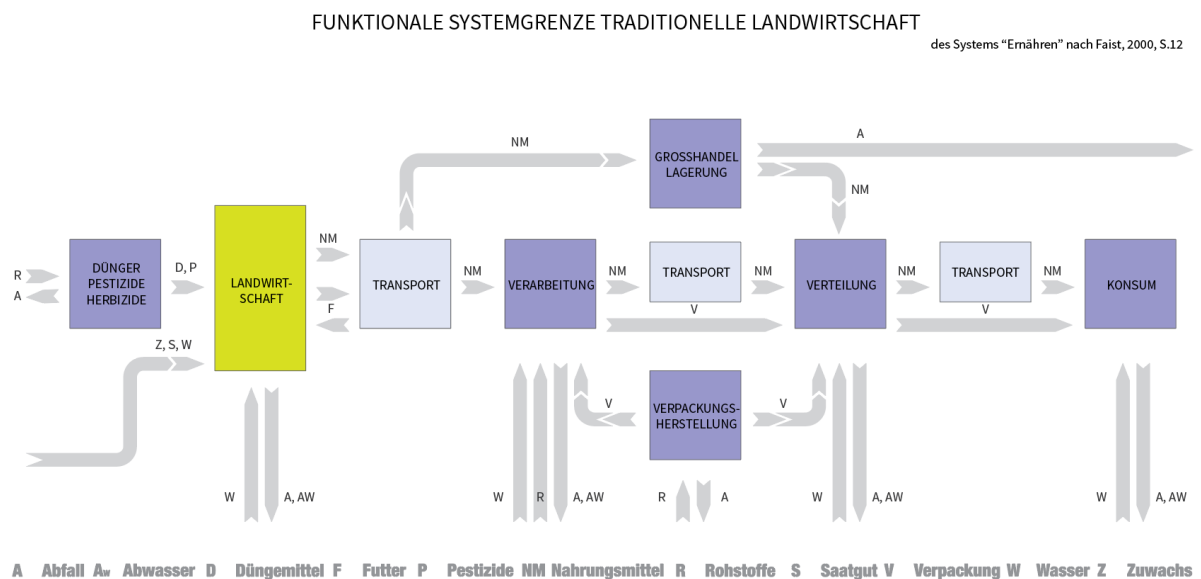


Abbildung 29: vfi-Lebensmittelwertschöpfungskette und Stoffströme nach Faist „Funktionale Systemgrenze“

⁵³ Annahme basierend auf Berechnungen von SMIL, V. 2008: Energy in Nature and Society, S. 69

Die qualitative und teils quantitative Darstellung der erhobenen Kriterien für den S-ROI belegen Potentiale weit über die rein betriebswirtschaftlichen Möglichkeiten hinaus.

Die Auflistung der Parameter und Kriterien können in einem vertiefenden Forschungsprojekt ausgebaut werden, etwa entlang der gesamten Lebensmittelwertschöpfungskette mit ihren Material- und Energieflüssen. Als Impulsgeber für die Kategorisierung der Positionen werden hier die funktionalen Systemgrenze der konventionellen Landwirtschaft angegeben, welche mit urbaner vertikaler Produktion gegenübergestellt werden könnten.⁵⁴

5.4. Qualitätssicherung (extern)

Für die Bildung des Gremiums für die externe Qualitätssicherung konnten folgende Personen gewonnen werden (siehe Abbildung 30: Gremium der externen Qualitätssicherung beim Intensivworkshop im vfi): Ulrike Pitha, Gerhard Zechner, Herbert Eipeldauer [Dimitris Sifakis, Mitarbeiter des vfi] und Manfred Peritsch [Gerald Hofer, Mitarbeiter von GSG].

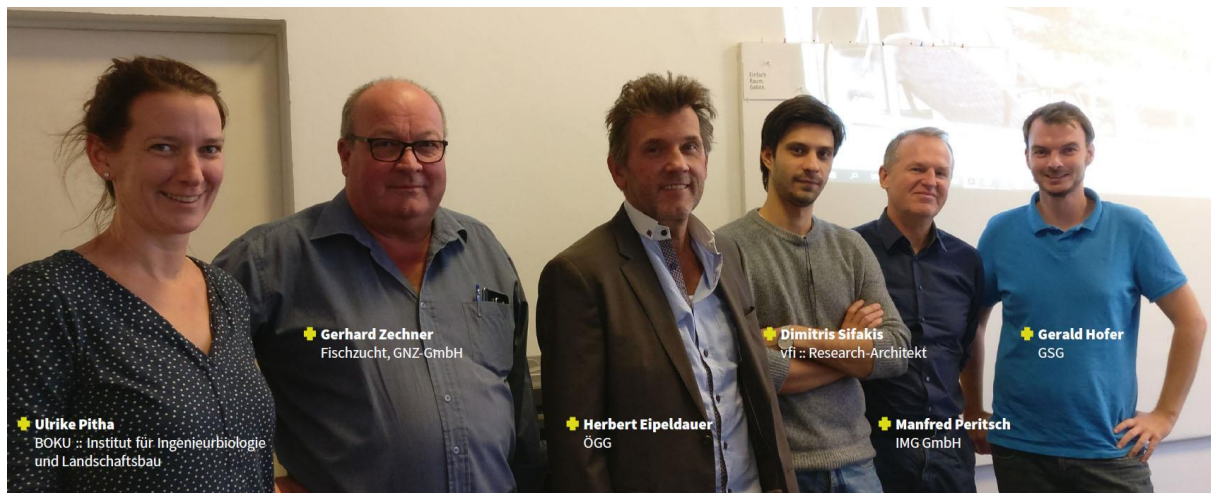


Abbildung 30: Gremium der externen Qualitätssicherung beim Intensivworkshop im vfi

- Priv.-Doz. Dipl.-Ing. Dr. Ulrike Pitha ist Mitarbeiterin an der Universität für Bodenkultur Wien (BOKU) am Institut für Ingenieurbiologie und Landschaftsbau (IBLB), habilitierte mit der Arbeit über „Blühende Stadtlandschaften“ und ist Vegetationstechnikerin.
- Dr. Gerhard Zechner ist Veterinärmediziner und Geschäftsführer GNZ GmbH, gilt als führender Experte in der Fischzucht und bei Fragen zu Aquaponik sowie im Agraringenieurwesen Fischzüchter.
- Ing. Herbert Eipeldauer ist Vorstandsvorsitzender der Österreichischen Gartengesellschaft (ÖGG) und langjähriger Unternehmer im Bereich des Garten- und Landschaftsbaus sowie Bundesinnungsausschussmitglied und Landesinnungsmeister der GärtnerInnen und FloristInnen Wien, pro-aktiv in der Wirtschaftskammer Österreich sowie vertreten im Fachbeirat der Bundesgärten.

⁵⁴ s. dazu FAIST, M. et al. „Ressourceneffizienz in der Aktivität Ernähren“

- DI Dr. Manfred Peritsch ist Geschäftsführender Gesellschafter der Innovation-Management-Group GmbH (IMG), definiert sein Unternehmen als Knotenpunkt für organisationsübergreifende Innovations- und Wachstumsprozesse.

Die Expert:innen wurden kontinuierlich über den Forschungsprozess informiert und bei der Vorauswahl der untersuchten Bestandsgebäude einbezogen. Das vorläufige Endergebnis des Projekts wurde für einen gemeinsamen Intensivworkshop in Form von Visualisierungen, Plänen, dem Funktions- und Raumprogramm, der Qualität und Potentiale öffentlicher bzw. halböffentlicher Räume aufgearbeitet und gemeinsam diskutiert.

Vier Betrachtungen wurden vertiefend im Workshop behandelt:

- Betriebswirtschaftliche Betrachtungsweisen
- Soziale Betrachtungsweisen
- Rechtliche Betrachtungsweisen
- Technische Betrachtungsweisen

Das Ergebnis des Intensivworkshops mit GSG, dem vfi und dem Expert:innen-Gremium wird nachfolgend zusammenfassend dargestellt.

Betriebswirtschaftliche Kriterien:

Als größte Chance für die Wolkenfarm wird der Mehrfachnutzen bzw. Nutzungsflexibilität hervorgehoben. Durch die Tatsache, dass sich die vertikale Farm nicht lediglich als Produktionseinheit entwickelt, wie es bei Gewächshäusern der Fall ist, kann auf betriebswirtschaftlicher Ebene ein größerer Spielraum in der Produkt- und Angebotspalette geschaffen werden und zusätzliche Einkünfte durch Veranstaltungen, Direktvermarktung, Schulungen udgl. erzielt werden.

Die architektonische Entscheidung, einen Mehrwert auf ästhetischer bzw. repräsentativer Ebene zu schaffen, wird positiv bewertet. Für die Diskussion um die Zukunft resilienter Lebensmittelversorgung von Städten ist in diesem Zusammenhang die Möglichkeit zur Identifikationsstiftung als hoch einzustufen. Die Anzahl der potentiellen Nutzer:innen bzw. der aktiv eingebundenen Bevölkerung wird dadurch erhöht. Ein Leuchtturmprojekt kann die Umsetzung auch im Rahmen des Programms der Kulturhauptstadt St. Pölten unterstützen.

Das Schaffen öffentlicher bzw. halböffentlicher Räume wurde weitergedacht. In nächsten Entwurfsschritten sollte mitberücksichtigt werden, einen Erlebnisraum zu schaffen, der Chancen und Herausforderungen urbaner vertikaler Lebensmittelproduktion abbilden soll, sei es mittels Ausstellungen, *Product Placement*, Seminare und ähnlichen Formaten. Die Möglichkeit, die Produktionsverfahren und die damit verbundenen Prozesse direkt zu erleben, stellt somit auch eine Erweiterung der potenziellen wirtschaftlichen Verwertung dar.

Es besteht großes Potential, auch mit anderen Schulen Kooperationen für Ausbildungen einzugehen.

Als Herausforderung wurde genannt, dass die Notwendigkeit besteht, ganz klar und eindeutig auf die *Unique Selling Proposition* (USP) einzugehen, diese zu schärfen und zu kommunizieren. Es geht in diesem Modell nicht nur um die Produktion selbst, sondern um die Implosion der gesamten Lebensmittelwertschöpfungskette, welche mit einem sozialen und wirtschaftlichen Mehrwert verknüpft wird.

Zusätzliche Impulse wurden als Stichworte festgehalten:

- Kooperation mit NÖ Karte
- Konzepte entwickeln, welche Bewohner:innen in der Nähe einbinden, z.B. „Selbsternte“
- Ausbildungsräume bereitstellen (Vortrags- und Seminarraum)
- Der Lebensmittelpreis kann durch Mehrwerte ausgeglichen werden (z.B. Zusatzeinkünfte über Vermietung).
- Die Wolkenfarm könnte als Forschungs- und Ausbildungsstätte anstatt als Produktionsstätte kommuniziert werden.
- Ausstellungskonzepte: Referenz „Haus des Meeres“ in Wien
- Erlebnisse verkaufen: der wahrscheinlich anfangs höhere Marktpreis der Produkte wird somit relativiert. Mit den Produkten kann damit noch eine zusätzliche Wertschöpfung erzielt werden. Vertical Farming als solches kann damit besser vermarktet werden.
- Das Architektur-, Ausstellungs- und Kommunikationsdesign muss umfassend und aus Sicht einer breiten Nutzer:innen-Gruppe entwickelt werden.

Technische Kriterien:

Die vorgeschlagene Produktpalette, insbesondere die Fischzucht, konnte durch den Input von Gerhard Zechner optimiert werden. Die Chancen hierbei liegen in der Erhöhung der Produktionsmenge und somit bei der Steigerung des Umsatzes. So wurde vom Buntbarsch abgesehen und stattdessen der Afrikanische Raubwels als Produkt übernommen. Der Wels ist wesentlich resistenter und benötigt weniger Licht. Auch die Produktionskosten sind wesentlich geringer, Erträge können gegenüber dem vorgeschlagenen Buntbarsch stark erhöht werden. Es wurden optimierte Abmessungen für die Tanks kommuniziert, welche sich in der Praxis bewährt haben. Aufbauend dazu konnten die Räumlichkeiten für die Fischproduktion stark reduziert werden. Optimale Wachstumsbedingungen und Ressourcenverbrauch wurden von der GNZ-GmbH zu Verfügung gestellt.

Es gibt großes Innovationspotenzial in der Aquaponik. Es wird empfohlen, zukunftsweisende Technologien und innovative weitere Entwicklungsnotwendigkeiten zu identifizieren. Für die nächsten Planungsschritte wird empfohlen, parallel Entwicklungs- und Umsetzungspartner mit einzubeziehen.

Als große Gefahr in der Indoor-Produktion wurden Coli-Bakterien genannt. Wartung, Instandhaltung sowie Verschleiß wurden als Hauptparameter gelistet, welche über den Erfolg der Produktion entscheiden. Die adäquaten räumlichen Rahmenbedingungen ergeben sich in einer fortführenden Planung. Dafür ist Wissen aus wenigen Referenzprojekten anzuwenden, aber eine Weiterentwicklung jedenfalls anzustreben, da die Ansprüche der Wolkenfarm durch ihr umfassendes Angebot und die Sichtbarmachung und Erlebbarkeit der Produktion erhöhte Ansprüche an die Raumnutzung der Aquaponik stellen.

Auch in der Fischzucht bietet sich auf Bildungs- bzw. Ausbildungsebene großes Potential, anhand der Anlage über den Stand der globalen Fischzucht, Überfischung und der Realität über das Verhältnis zwischen Produkten aus Wildfang und Zucht aufzuklären. Als Impulse wurden Videowände empfohlen, welche im öffentlichen bzw. halböffentlichen Raum installiert, werden können, um die Aquaponik-Anlage bzw. die Fische beobachten zu können (Beziehungsaufbau zwischen Konsumierenden und Produzent:innen). Dies wird als Möglichkeit gesehen, Bedenken und

Unsicherheiten von Verbraucher:innen abzubauen. Eine gut funktionierende Anlage kann Produktqualität erzielen, welche für die Spitzengastronomie geeignet ist.

Soziale Kriterien:

Als Chance für eine erfolgreiche Einbindung urbaner, vertikaler Lebensmittelproduktion in den gesellschaftlichen Kontext werden die Bürger:innen-Beteiligung, die Workshops mit den Schüler:innen der Polytechnischen Schule sowie das Living Lab hervorgehoben. Im weiteren Planungsprozess kann diese Absicht weiterhin verstärkt und ausgebaut werden. Je früher die Bevölkerung, die Nutzer:innen und die Nachbarschaft eingebunden wird und je früher das Konzept und die Notwendigkeit sowie die Chancen und Herausforderungen urbaner, vertikaler Lebensmittelproduktion vorgestellt, erklärt und diskutiert werden, umso erfolgreicher wird die Umsetzung und der Betrieb der vertikalen Farm sein. Hervorzuheben ist das große Potential der Thematik rund um die Lebensmittelversorgung in Bezug auf generationenübergreifendes Handeln.

Weiters ist hervorzuheben, dass die seit einigen Jahren intensivierte Polarisierung in der Debatte über die Lebensmittelproduktion sachlich weitergeführt werden muss: es stellt sich weniger die Frage, ob die Lösungen der zukünftigen Lebensmittelproduktion naturnahe bzw. biologisch ist oder die Antwort Hydroponik oder ähnliche Technologien sind, es ist vielmehr das abgestimmte Zusammenspiel vielseitiger Produktions- und Anbaumethoden, so auch die Zusammenarbeit unterschiedlicher Disziplinen und Unternehmen in den Vordergrund zu rücken, um eine zukünftige Versorgungssicherheit mit Lebensmitteln zu gewährleisten.

Um Ängste und Sorgen vor hochtechnisierter Lebensmittelproduktion seitens der Konsument:innen abbauen zu können, ist es notwendig, die Ablaufprozesse transparent zu gestalten und die oben erwähnten Erlebnisräume dahingehend zu entwickeln, dass sie die Prozesse klar abbilden. Eine Kooperation mit Unternehmen bzw. Institutionen, welche seltene oder auch alte Sorten erhalten und mit diesen handeln, wie beispielsweise „Arche Noah“⁵⁵, kann zusätzlich sinnstiftend sein. Durch die hocheffektive Lebensmittelindustrie fällt ein Großteil an Produkten aus der Prozesslinie. Durch die Tatsache, dass die Prozesse innerhalb einer vertikalen Farm in sich geschlossen sind und eigens entwickelt werden, kann diese Produktionsweise einen Beitrag für die Lebensmittelvielfalt liefern.

Rechtliche Kriterien:

Aufbauend auf vorhergehende Forschungsprojekte⁵⁶ kann hervorgehoben werden, dass die baurechtlichen Rahmenbedingungen für eine VF auch im Flächenwidmungs- und Bebauungsplan gegeben sind. Lediglich die reine Wohnnutzung schließt die Integration von Produktionseinheiten aus.

Rechtliche Fragestellungen hinsichtlich öffentlicher bzw. halböffentlicher Räume, der Leitung von Besucher:innen-Ströme, Öffnungszeiten, Haftung, Zugang zu den Produktionseinheiten etc. müssen in den nächsten Planungsschritten vertieft werden. Diese und Regelungen bezüglich Lebensmittelhygiene, Gesundheitsaspekte und themenverwandte Regularien müssen gesondert untersucht werden.

Die Versteuerung unterschiedlicher Nutzungseinheiten der Wolkenfarm wird sehr wahrscheinlich unterschiedlich geregelt werden müssen und bedarf einer näheren Untersuchung. Sie werden in

⁵⁵ ARCHE NOAH - Gesellschaft für die Erhaltung der Kulturpflanzenvielfalt & ihre Entwicklung, abgerufen 09.11.2024

⁵⁶ Sondierung Vertical Farming, Forschungs- und Förderungsgesellschaft, Cody, B., Podmirseg, D. et al. 2017-19.
<https://projekte.ffg.at/projekt/1697870>. Siehe dazu Stakeholdermeeting MA21

dieser Arbeit nicht vertiefend untersucht werden können.

Durch die Konsultation der Expert:innen und deren Input konnte die Qualität für das Konzept und der Methode der Wolkenfarm laufend gesichert werden. Impulse wurden in die Planung übertragen, offene Fragestellungen konnten erarbeitet werden und dienen als Basis für die nächsten Forschungs- bzw. Planungsschritte.

5.5. Kommunikation, Projektmarketing, Stakeholdermanagement, Dissemination

5.5.1. Aktivitäten

Im Rahmen des Forschungsprojekts „Wolkenfarm“ wurden umfassende und strategisch geplante Maßnahmen zur Kommunikation und Dissemination der Projektaktivitäten und -ergebnisse umgesetzt. Ein zentrales Element dieser Strategie war die Erstellung und kontinuierliche Betreuung einer dedizierten Projektwebsite, welche im Projektverlauf bereits in der ersten Hälfte online abrufbar war.

Diese Plattform dient nicht nur der Vorstellung des Projektteams und der Forschungsinhalte und -ziele, sondern wurde auch regelmäßig mit aktuellen Informationen und Teilergebnissen des Forschungsprozesses aktualisiert. Dadurch wurde die interessierte Öffentlichkeit (z.B. Teilnehmer:innen des Living Labs oder die Schüler:innen der Polytechnischen Schule) stets auf dem neuesten Stand gehalten. Ergänzend dazu wurde die Möglichkeit geschaffen, dass sich interessierte Personen direkt für den Newsletter registrieren konnten.

Zur Förderung der Community-Bildung rund um das Projekt wurden verschiedene Social Media-Kanäle aktiviert und betreut. Diese Kanäle waren darauf ausgerichtet, eine unterstützende Stakeholdergruppe zu etablieren, die das Projekt langfristig begleiten und unterstützen. Die Social Media-Aktivitäten umfassen regelmäßige Updates zum Projektverlauf, Erstellen und interaktiver Inhalte, um das Engagement der Community zu fördern und die Reichweite der Projektkommunikation zu erhöhen.



Abbildung 31: Traffic⁵⁷

Im Zuge der Stakeholder-Analyse bei Konsortialtreffen unter Federführung des Stadtmarketing St. Pölten wurden wesentliche Akteur:innen der Wolkenfarm identifiziert und aktiviert. Repräsentative Stakeholder-Gruppen nahmen an persönlichen Befragungen teil und wurden zu weiterführenden Living Lab Workshops eingeladen. Diese Maßnahmen trugen dazu bei, die Einbindung und das Engagement der Stakeholder, insbesondere die interessierte Bevölkerung, zu stärken und wertvolle

⁵⁷ Website: Traffic: Stand 10. September. Bei Vorbereitung auf den nächsten Forschungsschritt wird die Website erweitert mit Blog und Inhalten.

Rückmeldungen für die Weiterentwicklung des Projekts zu erhalten, kritische Fragen beantworten zu können und Sorgen bzw. Unsicherheiten bezüglich innovativer Anbaumethoden seitens der Bevölkerung zu identifizieren.

Die Projektwebsite und die damit verbundenen Kommunikationskanäle umfassen eine Vielzahl von Plattformen und Medien, darunter:

- Eigene Websites
- Presse
- Institutionen
- Blogs, weitere Nachrichtenmedien.

Die folgende Tabelle gibt einen Überblick über online verfügbare Beiträge, Texte, Interviews und Erwähnungen.

Projektwebsite	Links
Wolkenfarm	
Eigene Websites	
Stadtmarketing St. Pölten	
GrünStattGau	
WPU	
vertical farm institute	
Presse	
Niederösterreichische Nachrichten	
Kommunal	
Institutionen	
Stadt der Zukunft - Nachhaltig wirtschaften	
BMVIT	
Smartcities	
Blogs und andere	
architektur-online	
MFG - DAS MAGAZIN	
Tips total.regional.	
Konsumwende	
Hagelversicherung - Trendstudie	
Österreich Journal, Ausgabe 180	
Social Media	
Twitter	
Facebook	

Tabelle 19: Pressespiegel und Übersichtstabelle der Kommunikationskanäle und Publikationen

Stakeholder wurden zusätzlich durch den Partner Marketing St. Pölten vor Ort kontinuierlich über den Forschungsprozess informiert. Hierfür wurden sowohl gedruckte als auch digitale Informationsmaterialien erstellt, die neben allgemeinen Fakten zum Thema Vertical Farming auch projektspezifische Informationen enthalten. Diese Materialien wurden strategisch verteilt, um eine breite Zielgruppe zu erreichen und das Bewusstsein für das Projekt zu erhöhen.

5.5.2. Bürger:innen-Beteiligung

Die Ziele der Beteiligungsprozesse waren vertiefende Informationen zu Potentialen alternativer urbaner vertikaler Produktionsmethoden zu vermitteln, ein Stimmungsbild bzw. Wissensstand der Bevölkerung hinsichtlich Lebensmittelversorgung (Bürger:innen-Perspektive) zu erhalten und letztlich aktiv in Beteiligungsprozesse, u.a. in einem Living-Lab einzubinden.

Die Identifikation der Bürger:innen-Perspektive erfolgte vorab auf unterschiedlichen Ebenen, beispielsweise über anonyme Fragebögen bis hin zu persönlichen Gesprächen und Interviews.⁵⁸ Bei dieser Gelegenheit wurden die Teilnehmenden auch eingeladen, am geplanten Living Lab⁵⁹ teilzunehmen. Weitere Teilnehmer:innen wurden über die eigene Website sowie die Aussendung des Newsletters an bereits registrierte Interessierte gewonnen. Zudem nützte das Konsortium die Kommunikationskanäle der Abteilung für Stadtmarketing St. Pölten.

Pressetext zur Einladung:

Die vertikale Farm ist ein strukturelles Element der Stadt.

Für das Gebäude bedeutet das, dass dieses mit seinem direkten Umfeld interagiert. Um die direkte Verbindung zwischen Lebensmittelproduktion und Lebensmittelkonsum wiederherzustellen, ist die öffentliche Wahrnehmung einer vertikalen Farm von größter Bedeutung. Diesem Gebäudetypus liegt das Konzept zugrunde, dass eine ins Wohngebiet integrierte Vertikale Farm für die lokale Bevölkerung, neben der Lebensmittelproduktion, zusätzlich von Nutzen ist.

Dafür benötigen wir Ihre Ideen und Ihren Beitrag für die zukünftige vertikale Farm in St. Pölten.

Am 23. August ab 16:00 Uhr findet das Living Lab im Besprechungsraum des Magistrats St. Pölten statt. Hier gibt es Raum für interessierte und engagierte Bürger und Bürgerinnen um das *Wolkenfarm* Projekt mitzugestalten. Das Living Lab will Fragen, Ideen, Bedenken, Erwägungen und Bedürfnisse der Bürger und Bürgerinnen sammeln. Diese werden in den weiteren Planungsschritten integriert. Nutzen Sie die Möglichkeit, aktiv am Design- und Planungsprozess teilzunehmen.⁶⁰

⁵⁸ Unterlagen inklusive Fragebögen können aus dem Anhang entnommen werden.

⁵⁹ Dabei handelt es sich um ein nutzerzentriertes, offenes Innovationsökosystem, das in realer Umgebungen arbeitet. Die Stadt St. Pölten hat dem Konsortium dafür eigene Räumlichkeiten in der Gemeinde zu Verfügung gestellt. Es nützt iterative Feedbackprozesse, um Bedürfnisse, Wünsche und konkrete Beiträge und Ideen von den Teilnehmer:innen zu erfahren.

⁶⁰ Text zur Einladung für das Living Lab

Die Partizipation war ursprünglich für eine heterogene Gruppe von interessierten Bürger:innen geplant. Durch das Engagement seitens Direktion der Polytechnischen Schule wurde entschieden, das Partizipationsformat eines Living Labs mit einem Workshop ausschließlich für Schüler:innen der Polytechnischen Schule zu erweitern.

Das Living Lab wurde in Räumlichkeiten der Gemeinde St. Pölten abgehalten. Teilgenommen haben Bürger:innen der Stadt, Mitarbeiter:innen von GrünStadtGrau, dem vfi sowie Vertreter:innen der Stadt St. Pölten. Bei der Veranstaltung wurde das Projekt „Smart Pölten 2.0“ sowie der aktuelle Planungsstand des Gebäudes in der Schickelgruberstraße vorgestellt. Inhalt der Präsentation hierfür waren Grundrisse, Schnitte, Funktions- und Raumprogramm, geplante Produkte, eine detaillierte Präsentation der Anbau- und Produktionsmethoden und schließlich aussagekräftige Diagramme und Renderings.



Abbildung 32: Living Lab im Rathaus von St. Pölten

Bezogen auf das Projekt, das bereits den Namen „Wolkenfarm“ erhalten hatte, wurden vier Themenschwerpunkte vorbereitet, die gemeinsam mit den Teilnehmer:innen erörtert, diskutiert und weiterentwickelt wurden. Diese Themen betrafen

- Anbauprodukte
- Partizipation
- Kooperation
- Integration

Im Themenblock Anbauprodukte ging es darum herauszufinden, welche Produkte seitens der Bevölkerung präferiert in der Stadt produziert werden sollten. Es entstand ein Kulturpflanzenkatalog, auf Grund dessen diskutiert werden konnte, welche dieser Produkte bereits aeroponisch oder hydroponisch produziert werden bzw. welche sich für die Indoorproduktion wenig oder nicht eignen.

Beim Themenblock Integration wurde erörtert, welche Möglichkeiten des Einsatzes von Produktionseinheiten der vertikalen Farm in die Stadt von Seiten der Bevölkerung gesehen werden.

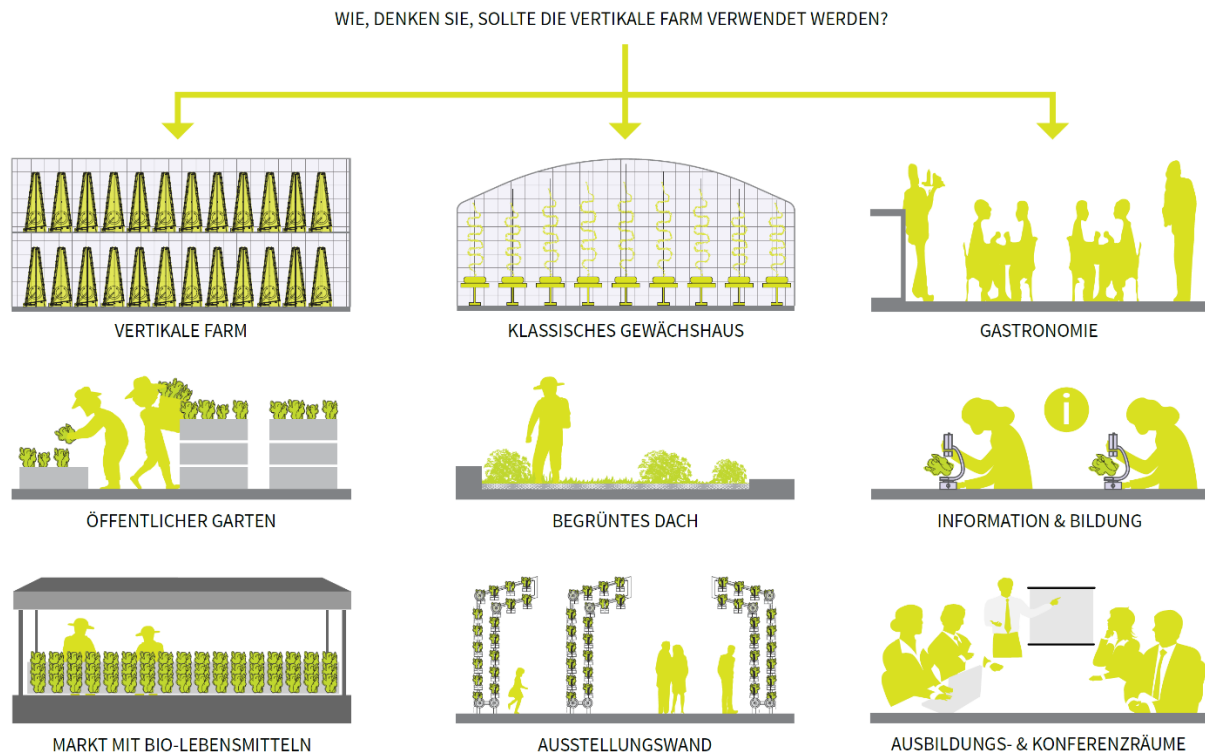


Abbildung 33: Darstellung eines Informationsplakats für das Living Lab

Dafür wurde das Diskussionsfeld dahingehend erweitert, dass nicht nur hochtechnisierte industrielle Indoor-Lebensmittelproduktion betrachtet wurden, sondern alternative Anbaumethoden bis hin zu Mischnutzungen im urbanen Kontext besprochen wurden. Im Zentrum stand also die Frage, wie die Idee der Wolkenfarm weitergedacht werden kann. Die Frage der Integration wurde schließlich noch unter den Gesichtspunkten der Distribution, insbesondere (klassischer) Marktformate sowie die Einbindung lokaler Geschäfte der Nachbarschaft diskutiert.

Im Themenblock Kooperation wurde der Zwischenstand des Projekts vorgestellt. Den Bürger:innen wurden die Interessen der Stadt St. Pölten nähergebracht (Fittest City, Kulturhauptstadt) und von Gesprächen mit der Direktion der Polytechnischen Schule und den Potentialen der Integration der Farm in den Lehrplan berichtet. Anschließend wurden gemeinsam Kooperationsmöglichkeiten mit Eltern und Kindern diskutiert.

Im letzten Themenblock ging es um Partizipation, welche folgende zentralen Fragen beinhalteten: Wie könnte eine Beteiligung der Bürger und Bürgerinnen von St. Pölten innerhalb des öffentlichen Raums der Wolkenfarm aussehen? Welche Aktivitäten und Formen der Beteiligung sind denkbar? Welche Zielgruppe(n) wären wichtig für eine Beteiligung? In welcher Form könnten Sie sich persönlich vorstellen, in die Wolkenfarm einzubringen?

Die Ergebnisse der Diskussionen wurden auf Pinnwänden mit den individuellen Beiträgen festgehalten. Diese können dem Anhang (9.4) entnommen werden.

Im Folgenden wird das Ergebnis des Living Labs, insbesondere projekt- bzw. entwurfsrelevante Parameter zusammenfassend dargestellt: Der Produktkatalog für das finale Modell wurde mit Erdbeeren, Pilzen und Insekten erweitert. Den halböffentlichen Bereichen wurde gestalterisch eine höhere Bedeutung zugeschrieben und flächenmäßig vergrößert etwa durch die Integration einer

Aussichtsplattform und Rückzugsorte. Insbesondere die Dachfläche wurde programmatisch erweitert, das Begrünungspotential vergrößert, um eine höhere Biodiversität erreichen zu können, die als Attraktoren für (Wild-)Bienen, der Etablierung eines Insektenhotels sowie evtl. für die Honigproduktion zu Verfügung zu stehen.

Dieser Prozess konnte durch die Unterstützung und Zusammenarbeit mit der Polytechnischen Schule noch einmal erweitert und intensiviert werden; einerseits durch Besprechungen mit dem neu bestellten Direktor und andererseits durch die Durchführung eines Workshops gemeinsam mit 24 Schüler:innen.

Schüler:innen-Workshop Polytechnische Schule

Mit dem Schüler:innen-Workshop an und mit den Schüler:innen der Polytechnischen Schule sollte die Gelegenheit genutzt werden, deren Ideen im Rahmen eines Stationenbetriebs zu entwickeln, sowie anschließend Vorschläge und Anforderungen auf Plakaten textlich und/oder zeichnerisch festzuhalten. Dieser Workshop diente zur Ermittlung der Perspektive der Schüler:innen und Lehrenden zum Projekt.



Abbildung 34: Workshop mit den Schüler:innen der Polytechnischen Schule

Die Schüler:innen wurden in vier Gruppen aufgeteilt. Pro Gruppe wurde ein Thema mit vordefinierten Fragen unter Moderation des vfi behandelt. Dafür wurden im Vorfeld folgende vier Themenschwerpunkte und Anreizfragen vorgeschlagen:

- Lernen mit der vertikalen Farm und Nutzung
 - Wo, Wann & Wie kann die VF in Unterricht und Praxis integriert werden?
 - Welcher Schulfächer wären passend, um die VF miteinzubeziehen?
 - Welche Vorteile können sich für das Lernen durch die VF ergeben?
 - Welche Berufe können mit Lebensmittel in Verbindung gebracht werden?
- Nutzung des öffentlichen Bereichs der vertikalen Farm
 - Der öffentliche Bereich der vertikalen Farm steht für die Öffentlichkeit zur Verfügung. Wie könnte dieser verwendet werden?
 - Wie könnte der Außenbereich der vertikalen Farm optimal genutzt werden?
 - Welche Freizeitaktivitäten sind sinnvoll?
 - Sollen Kunst, Kultur, Ausstellung, Gastronomie etc. auch miteinbezogen werden?

- Zusammenarbeit
 - Wir betrachten die Polytechnische Schule und ihre Umgebung. Wer sind die Nachbarn?
 - Mit welchen Unternehmen/ Institutionen könnte es sinnvoll sein, zusammenzuarbeiten?
 - Wäre eine Zusammenarbeit mit den Nachbarn sinnvoll?
 - Wieso ist Zusammenarbeit wichtig?
- Anbauprodukte
 - Ein bestehender Katalog zeigt, welche Produkte in der vertikalen Farm angebaut werden könnten. Gibt es weitere Ideen?
 - Welche Produkte würden Sie gerne in der „Wolkenfarm“ anbauen?
 - Fehlen Ihnen Produkte? Wenn ja, welche wären das?
 - Gibt es Produkte, die zu bestimmten Jahreszeiten in Österreich nicht zur Verfügung stehen?

Die starke positive Resonanz seitens der Bevölkerung vor Beginn der Beteiligungsprozesse war Anlass dafür, dass es bei diesem Aspekt des Projekts zu einem verstärkten Einsatz kam und zwar dahingehend, dass entschieden wurde, das Funktions- und Raumprogramm sowie die Produktliste gemeinsam mit den Teilnehmer:innen zu erarbeiten, um ein erhöhtes Identifikationsmoment mit dem Projekt zu erreichen.

Für den Workshop wurden vom vfi Grundrisse und Diagramme in großem Maßstab auf Blattgröße A0 ausgedruckt, auf denen die Schüler:innen ihre „Traumschule“ zeichnen konnten. Zu diesem Zweck wurden die Grundrisse weitestgehend von Informationen bereinigt, um Ergebnisse aleatorisch zu erarbeiten, ohne diese zu sehr mit den bereits erarbeiteten Entscheidungen, etwa produktionstechnische oder architektonische Rahmenbedingungen zu behindern oder einzuschränken.

Zu den wichtigsten Ergebnissen, welche im weiteren Planungsverlauf berücksichtigt wurden, zählen, ähnlich wie beim Living Lab, das Bedürfnis eines multifunktionalen Dachs, eine Integration einer offenen Küche auf der Dachterrasse, die Erweiterung des Gedankens der Fassadenbegrünung, um die „Schule schöner zu machen“, Veranstaltungsräume für interne Veranstaltungen und die Abstimmung zwischen Kochplan (Teil der Kochausbildung) und der Lebensmittelproduktion auf saisonaler Ebene. Die Erweiterung des Vertical Farming Gedankens sollte im Park stattfinden durch das Anpflanzen von Obstbäumen. Das Landschaftskonzept sollte Ruheplätze und Rückzugsräume mitberücksichtigen. Letztlich wurde auch dem Wunsch nach Lehrer:innen-freien Räumen („No-Teachers-Area“) stattgegeben. Aufgrund der Tatsache, dass dieser keine architektonischen Auswirkungen hat, wird dem Leser dieses Berichts überlassen, um welchen Bereich es sich in den Grundrissen handelt.

5.5.3. Abschlusskonferenz

Die Abschlusskonferenz, als Pressekonferenz beworben, wurde im Klangturm in St. Pölten abgehalten. Inhaltlich wurden zentrale Forschungsergebnisse einem breiten Publikum vorgestellt. Über 40 Personen nahmen an der Veranstaltung teil.

Auf der Teilnehmer:innen-Liste befanden sich Vertreter:innen der Stadt St. Pölten, Wirtschaftsvertreter:innen, der Verein Bürger:innenbeteiligung St. Pölten, regionale Medienvertreter:innen, Vertreter:innen des Senats der Wirtschaft, interessierte Bürger:innen sowie sämtliche Konsortialpartner: innen.



Abbildung 35: Eröffnungsrede des Bürgermeisters der Stadt St. Pölten, Ewald Stadler

Der Bürgermeister Mag. Matthias Stadler eröffnete die Konferenz. Er wies auf die Herausforderungen der Stadt der Zukunft hin und stellte gleichzeitig die Chancen vor, welche sich aus dem Transformationsprozess urbaner Systeme ergeben. Er wies auf die Ziele der Smart City, der „Fittest City of Austria“ sowie die Themensetzung bei der Bewerbung für die Kulturhauptstadt 2024 durch die Stadt St. Pölten hin. Vertical Farming sei „in diesem Kontext ein weiterer Bestandteil, um Klima- und Energieziele zu erreichen“, sowie die (...) „urbane Nachhaltigkeit auf sozialer und wirtschaftlicher Ebene“ zu festigen.

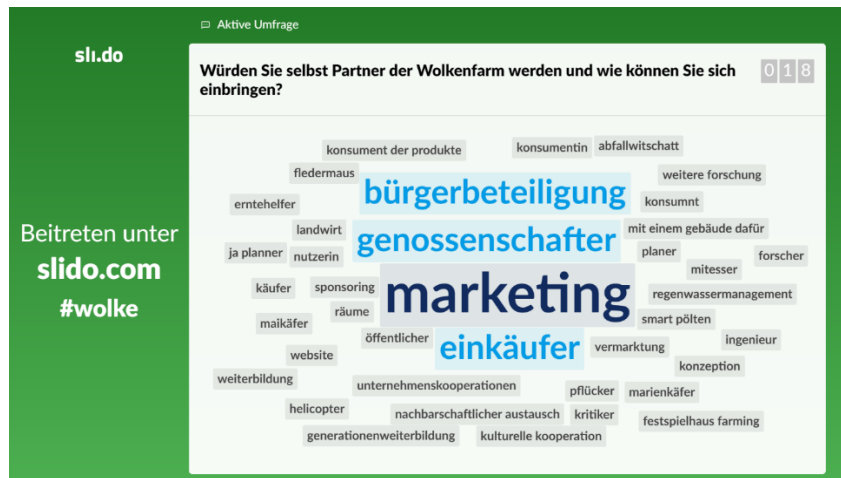


Abbildung 38: Beteiligungsideen der Konferenzteilnehmer:innen

Durch Live-Umfragen, Q&A-Sessions und Quiz können Teilnehmer anonym Fragen stellen und abstimmen. Dies macht klassische Veranstaltungen dynamischer und produktiver.



Abbildung 39: Networking-session und Umtrunk nach der Konferenz im Klangturm

6 Schlussfolgerungen

Die Vertikale Farm stellt einen innovativen, ganzheitlichen Lösungsansatz für Ernährungssicherheit und Klimawandelanpassung im urbanen Raum dar. Die Implosion der Lebensmittelwertschöpfungskette als Abbildung in einem Funktions- und Raumprogramm birgt großes Potential zur Steigerung der Gesamtenergieeffizienz von Städten, da Externalitäten durch Transport, Lager- und Kühlgebäude und deren Energieverbrauch radikal reduziert werden können. Es konnten die Vorteile bezüglich Reduktion von Ressourcen- und Landverbrauch bestätigt werden. Weltweite Beispiele zeugen von einem starken Wachstum von unterschiedlichen Typologien urbaner Indoor-Produktion.

Die vorliegende Arbeit zeigt die wirtschaftliche Herausforderung von Produktionsvolumen mit geringer Anbaufläche auf, da die Investitionskosten pro Kubikmeter BRI und der maximal unterzubringenden Anbaufläche für Produkten, die bereits im Lebensmittelhandel erhältlich sind, einer wirtschaftlichen Nachhaltigkeit entgegenstehen können.

Gleichzeitig konnten Synergiepotentiale aufgezeigt werden, etwa durch die Integration holistischer Energiekonzepte. Dennoch muss festgehalten werden, dass der Strombedarf für photosynthetisch aktiven Pflanzen selbst bei Nutzung des Sonnenlichts im urbanen Raum mit dichter Bebauung zum größten Kostenfaktor beim Energiebedarf werden kann. Zwar kann der Energiebedarf für die LED-Beleuchtung bei den vorgeschlagenen Systemen im Vergleich zu *plant factories*, also *black boxes*, welche ohne Tageslicht arbeiten, bis zu 65% gesenkt werden, aber die zu Verfügung stehende Gebäudehüllfläche der Bestandsgebäude ist jedoch zu gering, um einen merklichen Beitrag bei der Versorgung mit erneuerbarer Energie, beispielsweise durch PV-Paneele, zu leisten.

Die Abbildung der Betreiberkosten und der Ertragserwartungen haben sich als wesentlich herausfordernder herausgestellt als vor Projektbeginn angenommen. Einkaufspreise etwa vom Lebensmittelhandel für einen größeren Produktkatalog waren nicht beziehbar. Es mussten hier viele Annahmen getroffen werden, welche auf Erfahrungswerten verschiedener Betreiber:innen in der urbanen Lebensmittelproduktion beruhen. Ähnlich gestaltete sich der Versuch, die Kostenpositionen der Kostengruppe 400 (DIN 276) mit produktionsspezifischen Kennzahlen für den Gewächshausbau bzw. alternativen indoor-Produktionsmethoden zu erhalten. Diese wurden ebenfalls als Annahmen gemeinsam mit Betreiberfirmen und einem erweiterten Desk-Research erarbeitet. Unabhängig davon bietet die erarbeitete Methodik und die Abbildung der relevanten Kostenpositionen für Investitions- und Betreiberkosten eine hilfreiche Grundlage, diese in weiteren Forschungsprojekten mit belastbareren Zahlen zu ergänzen.

Neben den Einnahmen über den Lebensmittelverkauf der reinen Produktionsanlage konnte im Zuge der Zusammenarbeit mit Bürger:innen, der Direktion der Polytechnischen Schule und der Stadt St. Pölten die Einnahmensstruktur erweitert werden. Dazu zählen Umsatzeinnahmen über Führungen, regelmäßigen Veranstaltungen, Vor-Ort-Marktverkäufe bzw. durch die Implementierung urbaner sub-ökonomischer Netzwerke sowie die Integration von (Aus-)Bildungsformaten.

Die Akzeptanz für innovative Lebensmittelproduktionseinheiten der Teilnehmer:innen an den öffentlichen Veranstaltungen über Workshops, Living Labs und der Konferenz war über Erwartung hoch. Der Vollständigkeit halber ist hier jedoch auch zu erwähnen, dass eine gewisse Skepsis

gegenüber industrieller Indoor-Lebensmittelproduktion abgebaut werden musste. Es konnte festgestellt werden, dass es ein großes Bedürfnis nach Transparenz im Lebensmittelsektor gibt und dass ein direkter Kontakt zwischen Konsumierenden und Produzent:innen einen großen Stellenwert in der Diskussion rund um nachhaltige urbane Lebensmittelproduktion hat. Die öffentliche Wahrnehmung scheint sich aufgrund der erhöhten Sensibilisierung für die hohen externen Kosten in der konventionellen Landwirtschaft seit einigen Jahren stark zu verändern. Der Wunsch nach lokalen, regionalen Produkten scheint in diesem Fall wesentlich stärker ausgeprägt zu sein als das Bedürfnis, naturnähere (Bioprodukte, Produkte aus der Permakultur, etc.) Produkte beziehen zu können. Dieser Eindruck ist natürlich subjektiv, da die Teilnehmer:innengruppe nicht groß genug war, um eine repräsentative Aussage zu tätigen.

Auch seitens der politischen Entscheidungsträger:innen scheint die Akzeptanz für VF stark zu steigen. Die Erkenntnis, dass das Erreichen von bereits definierten Energie- und Klimazielen, ohne die Miteinbeziehung der Lebensmittelversorgung von Städten nicht zu schaffen sein wird, findet zunehmend an Verbreitung.

Die sommerliche Überhitzung (Hitzeinseleffekt) von versiegelten Flächen nimmt seit vielen Jahren stetig zu. Über das Schaffen zusätzlicher Begrünungsflächen im urbanen Raum können diese Effekte minimiert werden. Das bedeutet, dass Außenflächen der Gebäudehüllen für solche Maßnahmen zu Verfügung stehen müssen. Dies minimiert den potenziellen solaren Eintrag des Gebäudes. Die konzeptuelle Voruntersuchung dieses Forschungsprojekt zeigt jedoch, dass bei holistischer Betrachtungsweise Möglichkeiten geschaffen werden können, dass aus der Konkurrenz um das Tageslicht ein Synergiepotential entstehen kann. Dies kann durch eine kluge Anordnung des Funktions- und Raumprogramms erreicht werden, sowie durch eine sinnvolle Verteilung des Produktionsgutes nach Tageslichtbedarf bzw. die Miteinbeziehung von Produkten, welche kein oder wenig Tageslicht benötigen.

Das Forschungskonsortium beabsichtigt als nächsten Schritt über ein kooperatives F&E-Projekt mit Partnern aus anderen Forschungseinrichtungen und der Industrie bzw. des Handels dieses Projekt weiterzuentwickeln. Es wird auch die Möglichkeit untersucht, den Forschungsprozess über ein Demoprojekt weiterzuführen.

Speziell für den Lebensmittelhandel können die entwickelten Grundlagen von Interesse sein, da Supermärkte über große Flächen ungenützter Dächer verfügen. Die Kombination aus Verkauf und Produktion eröffnet die Möglichkeit der Nutzung von energetischen Synergiepotentialen (insbesondere die Reduktion von Energieverlusten) sowie externer Kosten für Lagerung, Transport und Logistik. Eine intensive Zusammenarbeit mit dieser Zielgruppe wird empfohlen, um erforderliche wirtschaftliche Daten erheben zu können, allen voran Erzeugerpreise und Abnahmemengen (entlang eines Jahres bzw. seasonsbezogen) von Lebensmittelprodukten über das gesamte Jahr hinweg. Es wird vermutet, dass auch hier große Synergieeffekte zwischen Selbstproduktion und Bezug von Lebensmitteln aus konventioneller Landwirtschaft zu erzeugen sind.

Unabhängig davon wird empfohlen, das Funktions- und Raumprogramm über die reinen Produktionsvolumen weiter zu denken, um potenzielle Zusatzeinnahmen generieren zu können. Alternativ muss auf Produkte zurückgegriffen werden, welche nicht in Konkurrenz mit dem Lebensmittelhandel stehen.

Die vorliegende Methodik, insbesondere die parametrische Verknüpfung zwischen Bauvolumen, Produktionseinheiten, Anbaufläche, Energiesimulation und Investitionskosten, wird als wichtiges Instrument etwa für die Projektentwicklung gesehen. In bereits frühen Phasen der Projektentwicklung können somit definierte KPIs ermittelt werden, um valide Aussagen zur möglichen Integration urbaner Lebensmittelproduktionseinheiten in umzunützend Bestandsgebäude (etwa leerstehende Industrieanlagen), neue Gebäudetypologien oder Stadtentwicklungsgebiete zu treffen. Unter diesem Gesichtspunkt können wir von einem großen Skalierungspotential sprechen. Das Umweltbundesamt hat im Auftrag der österreichischen Hagelversicherung etwa erhoben, dass der Leerstand von Gebäuden in Österreich bei ca. 400 km² liegt. Innovative Lebensmittelproduktionsmethoden können hier ein Vehikel sein, um Bestandsgebäude und deren Graue Energie vom Abriss schützen und wieder ökonomisch nutzbar zu machen.

Die Implementierung von VF ins urbane Umfeld bedürfen jedenfalls eine gemeinsame Zielsetzung aus Wirtschaft / Betreiber:innen, Gebäude- bzw. Grundstückseigentümer:innen, Verwaltung und politischen Entscheidungsträger:innen, um das Konzept sozio-ökonomisch nachhaltig als strukturelles Element ins urbane System zu integrieren. Dies wurde klar bei der Konferenz unter Teilnahme von Bürgermeister Stadler der Stadt St. Pölten dargestellt werden.

7 Ausblick und Empfehlungen

Abschließend werden Überlegungen angeführt, welche für die Ideenfindung weiterer Forschungsarbeiten (Grundlagen, industrielle Forschung und experimentelle Entwicklung inklusive Demonstrationsobjekte) hilfreich sein könnten.

Für die energetische Simulation sind in weiterer Forschung Grundlagen zu schaffen, welche etwa über die Einbeziehung von CFD (*computational fluid dynamics*) Luftströmungen innerhalb eines Raumes abgebildet werden können, dies für die Lüftungsführung und die Platzierung von Gebäudeöffnungen für die natürliche Lüftung. Weiters müssen Untersuchungen vertieft werden hinsichtlich Einfluss der Evapotranspiration photosynthetisch aktiver Pflanzen auf den Energiebedarf. Dieser konnte in der vorliegenden Arbeit nur mit großem Aufwand auf Umwegen über *Energyplus* basierend auf einer sehr dünnen Datenlage abgebildet werden.

Der Produktkatalog sowie der Kulturpflanzenkatalog muss dahingehend erweitert werden, um eine größere Produktpalette abbilden zu können, welche sich für die Indoorproduktion von opaken Gebäuden bzw. Bestandsgebäuden eignen. Dies schließt die Insektenproduktion (Mehlwürmer, Heuschrecken, u.ä.) ebenso mit ein wie die Produktion von Krustentieren und weiteren Süß- und evtl. Salzwasserfischen. Hier gibt es nennenswerte Innovationsschritte, beispielsweise in Italien, wo die Aquakultur zu den am stärksten wachsenden Wirtschaftszweigen zählt. Ebenso relevant ist die Erhebung von Wachstumsbedingungen für die alternative Proteinproduktion, Laborbedingungen für In-Vitro-Produktion und *Cell-Based-Meat*. Wenn in Zukunft die urbane Lebensmittelproduktion einen messbaren Einfluss auf die Senkung der Emissionen im Lebensmittelsektor haben soll, können nach Einschätzung des Autors dieser Arbeit die aufgelisteten Produkte einen erheblichen Beitrag leisten.

Um diesen Produktkatalog zu erstellen, bietet sich die Errichtung von Demonstratoren oder Prototypen an, welche für jegliche Wachstumsbedingungen adaptierbar sind und für den Ganzjahresbetrieb geeignet. Dieser sollte von einem multidisziplinären Konsortium betrieben werden, welches Expertisen in der Pflanzenphysiologie, der Agrarwissenschaften, der Energieplanung, -produktion und -verteilung sowie Architektur abbilden.

Als weitere Empfehlung wird in der Grundlagenforschung eine fundierte Analyse der Material- und Energieflüsse urbaner Lebensmittelproduktion angeführt. Diese Analyse kann an bereits publizierte Methoden der konventionellen Lebensmittelsysteme anknüpfen, um komparative Aussagen mit belastbaren Zahlen etwa hinsichtlich Reduktion von kohlenwasserstoffbasierten Energieträgern und damit CO₂-Emissionen. Es gibt Evidenz, dass vertikale urbane Lebensmittelproduktion im Flächenverbrauch wesentlich effizienter ist als die konventionelle Landwirtschaft. Um belastbare Aussagen in größerem Umfang tätigen zu können, bietet sich auch hier die Erarbeitung von Grundlagen für eine größere Produktpalette an. Wesentliche Aussagen als Ergebnis könnten sein: Vergleich Ertrag pro Quadratmeter und Jahr, Renaturierungspotenzial hinsichtlich Erhöhung urbaner Lebensmittelproduktion, CO₂eq-Reduktion durch die Implosion der Lebensmittelwertschöpfungskette oder CO₂-Bindungspotential durch Aufforstung. Diese Überlegungen sind aus der Perspektive der kontinuierlichen Brandrodung von Regenwäldern zur Schaffung von Produktionsfläche und damit der CO₂-Emissionen von Relevanz. Diese Zahlen müssen quantifiziert werden. Es soll zudem untersucht werden, ob diese Zahlen in ein klassisches, kurzfristig ausgelegtes Geschäfts- und Betreibermodell berücksichtigt werden kann (etwa in der Diskussion

rund um CO₂-Zertifikaten). Eine nachvollziehbare Methodik mit belastbaren Zahlen soll in dieser Diskussion den volkswirtschaftlichen und ökologischen Nutzen darstellen lassen.

Der Lebensmittelsektor zählt zu den komplexesten Netzwerken, der über die letzten 60-70 Jahren entstanden ist. Die globale Lebensmittelproduktion steht unter enormen Herausforderungen, sei es durch den demographischen Wandel der Schwellen- und Entwicklungsländer, der zu einem Wachen an Flächenbedarf pro Kopf führt, das Bevölkerungswachstum, den Verlust von fruchtbaren Böden durch Intensivlandwirtschaft und Klimawandel und dem großen Anteil am Weltprimärenergiebedarf.

Wir benötigen zusätzliche strukturelle Elemente in der Lebensmittelproduktion, unabhängig von Umwelteinflüssen, nahe an Konsument:innen, welche über das gesamte Jahr produzieren können. Urbane Lebensmittelproduktionseinheiten bergen das Potential, einen Beitrag zur Erreichung der Klima- und Energieziele zu erreichen oder zumindest produzieren zu können, wenn Extremereignisse durch den Klimawandel stark zunehmen. Welche Sichtweise man auch einnehmen will, das Konzept von VF als strukturelles Element des urbanen Systems birgt das Potential, Stoff- und Energieströme zu schließen und sich dem Ziel der Kreislaufwirtschaft anzunähern. Darüber hinaus kann sie einen Beitrag zur Resilienz von Städten leisten, indem sie urbane sub-ökonomische Netzwerke wieder stärkt. Die vorliegende Arbeit zeigt die Komplexität der Implementierung solcher Projekte auf und sie benötigt die Unterstützung vieler Stakeholder. Dennoch zeigen die Annahmen und Ergebnisse, dass die Implementierung einer „vierten Säule“ des Smart-City-Gedankens ein nicht zu unterschätzendes konstruktives Element für eine resiliente Stadt des 21. Jahrhunderts ist.

8 Verzeichnisse

8.1. Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Konzeptschnitt als Resultat der Vorbesprechung.....	10
Abbildung 2: Darstellung der photosynthetisch aktiven Strahlung und des sichtbaren Lichts für Menschen	20
Abbildung 3: Rendering in der Vogelperspektive der "Wolkenfarm", Polytechnische Schule St. Pölten	27
Abbildung 4: Referenzgebäude der Stadt St. Pölten (v.l.n.r. Brunngasse, Schulgasse, Hans Schickelgruberstraße).....	29
Abbildung 5: Bestandsgebäude im urbanen Kontext.....	31
Abbildung 6: St. Pölten, Lage der Bestandsgebäude.....	32
Abbildung 7: St. Pölten mit Bestandsgebäuden, Programmen und Distanzringen (90m = 1 min. Fußweg)	34
Abbildung 8: St. Pölten mit Bestandsgebäuden, Mobilität und Verkehr	35
Abbildung 9: St. Pölten, Hauptverkehrsverbindungen, Gastronomie und Gewerbe.....	36
Abbildung 10: Voruntersuchung mittels Solar- und Beschattungsstudie mit <i>Climate Data</i>	37
Abbildung 11: Ergebnisse der iterativen Raumstudien, physische Modelle im M = 1:200.....	38
Abbildung 12: Flächenbeanspruchung Vertical Farming-Produktion und Äquivalent konventionelle Landwirtschaft	41
Abbildung 13: Energiekonzept der Vertical Farm	47
Abbildung 14: Lageplan und Sonnenverlauf Brunngasse.....	48
Abbildung 15: Energiekonzept Brunngasse.....	50
Abbildung 16: Lageplan und Sonnenverlauf Schulgasse	51
Abbildung 17: Energiekonzept Schulgasse	52
Abbildung 18: Lageplan und Sonnenverlauf Hans Schickelgruberstraße.....	53
Abbildung 19: Darstellung der Gebäudehülle mit den höchsten solaren Erträgen	54
Abbildung 20: Energiekonzept Hans Schickelgruberstraße	55
Abbildung 21: Diagrammatische Darstellung der Baumassenstudien	59
Abbildung 22: Diagrammatische Darstellung architektonischer Voruntersuchungen	60
Abbildung 23: Versorgung mit Tageslicht in den Innenbereichen der Wolkenfarm.....	60
Abbildung 24: Begrünungs- und Grünraumkonzept der Wolkenfarm.....	61
Abbildung 25: Raumprogramm (Bruttogeschoßfläche) und Hauptnutzungen	62
Tabelle 26: Anteilsmäßige Betreiberkosten nach Produktionseinheiten.....	67
Abbildung 27: Landverbrauch der Wolkenfarm im Vergleich zur konventionellen Landwirtschaft (links: gesamte VF, rechts: nur Anbauflächen der VF)	71
Abbildung 28: Wolkenfarm, Rendering	74

Abbildung 29: vfi-Lebensmittelwertschöpfungskette und Stoffströme nach Faist „Funktionale Systemgrenze“	78
Abbildung 30: Gremium der externen Qualitätssicherung beim Intensivworkshop im vfi	79
Abbildung 31: Traffic	84
Abbildung 32: Living Lab im Rathaus von St. Pölten	87
Abbildung 33: Darstellung eines Informationsplakats für das Living Lab	88
Abbildung 34: Workshop mit den Schüler:innen der Polytechnischen Schule	89
Abbildung 35: Eröffnungsrede des Bürgermeisters der Stadt St. Pölten, Ewald Stadler	91
Abbildung 36: Letzte Vorbereitungen - Vera Enzi, Innovationslabor GrünStattGrau, Daniel Podmirseg, vfi	92
Abbildung 37: Stimmungsbild der Konferenz-Teilnehmer:innen zur „Wolkenfarm“	92
Abbildung 38: Beteiligungsideen der Konferenzteilnehmer:innen	93
Abbildung 39: Networking-session und Umtrunk nach der Konferenz im Klangturm	93
Abbildung 40: Ertragsermittlung Grundlagenermittlung Brunn- und Schulgasse sowie Schickelgruberstraße	106
Abbildung 41: Ertragsermittlung Wolkenfarm - Finales Modell	107
Abbildung 42: Nutzungsdauer der Abschreibungspositionen	109
Abbildung 43: Umsatzerlöse der ersten fünf Jahre	110
Abbildung 44: Direktaufwendungen	111
Abbildung 45: Personalkosten	112
Abbildung 46: Planwerte Übersicht	113
Abbildung 47: Visualisierung der Produktionsmethoden in der Brunnengasse	114
Abbildung 48: Visualisierung der Produktionsmethoden in der Schulgasse	115
Abbildung 49: Visualisierung der Produktionsmethoden in der Schickelgruberstraße	116
Abbildung 50: Living Lab - Ergebnis der Workshop-Gruppe für mögliche Anbauprodukte	117
Abbildung 51: Living Lab - Ergebnis der Workshop-Gruppe für integrative Prozesse für die Bevölkerung	118
Abbildung 52: Living Lab - Ergebnis der Workshop-Gruppe für Kooperationsmöglichkeiten	118
Abbildung 53: Living Lab - Ergebnis der Workshop-Gruppe für partizipative Prozesse	119
Abbildung 54: Schüler:innen-Workshop Gruppe 1 - Lernen mit der vertikalen Farm	120
Abbildung 55: Schüler:innen-Workshop Gruppe 2: Nutzung öffentlicher Bereiche	121
Abbildung 56: Schüler:innen-Workshop Gruppe 3: Zusammenarbeit mit Personen außerhalb des Schulbetriebs	122
Abbildung 57: Schüler:innen-Workshop Gruppe 4: Anbauprodukte	123
Abbildung 58: Rendering Vertical Harvest, Wyoming. Courtesy of Vertical Harvest	127
Abbildung 59: Indoor farm, Berlin. Courtesy of Infarm Berlin	127
Abbildung 60: Städtebauliches Konzept Tabakfabrik Linz. Rendering vfi	128
Abbildung 61: Pixel, Tabakfabrik Linz. Rendering vfi	128
Abbildung 62: Stakeholder-Befragung - Demographische Erhebung: Berufliche Tätigkeitsbereiche	136
Abbildung 63: Stakeholder-Befragung - Demographische Erhebung: Berufsfelder	137
Abbildung 64: Stakeholder-Befragung - Einflussfaktoren für die Kaufentscheidung	138

Abbildung 65: Stakeholder-Befragung - Hauptinteresse am Projekt Wolkenfarm	139
Abbildung 66: Stakeholder-Befragung – bevorzugte Produkte	139
Abbildung 67: Stakeholder-Befragung - Individuelle Akzeptanz von Produkten aus geschlossenen Systemen	140
Abbildung 68: Stakeholder-Befragung - Individuelle Anknüpfungspunkte zur ‚Wolkenfarm‘	141
Abbildung 69: Stakeholder-Befragung - "Eine aktive Beteiligung bei der ‚Wolkenfarm‘ könnte ich mir vorstellen."	141
Abbildung 70: Stakeholder-Befragung - „Vertical Farming ist ein zukunftsfähiges Geschäftsfeld...“ .	142
Abbildung 71: Stakeholder-Befragung - Nutzungsbereitschaft zusätzlicher öffentlicher Bereiche....	142
Abbildung 72: Stakeholder-Befragung - Potentielle Nutzungsanforderungen	143
Abbildung 73: Stakeholder-Befragung - Öffentlicher Mehrwert durch Vertical Farming.....	143
Abbildung 74: Rendering © 2018 vfi - Konzeptrendering wolkenfarm	144

8.2. Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Kriterien-Kategorien für die Zusammenstellung externer Expert:innen	23
Tabelle 2: Kenngrößen der Referenzgebäude.....	28
Tabelle 3: Auswertung und Gegenüberstellung Indikatoren Produktion	39
Tabelle 4: Auswertung und Gegenüberstellung Indikatoren Produktion	40
Tabelle 5: Erste Annäherung an die Wirtschaftlichkeit durch Ertragserwartungen	42
Tabelle 6: Grobkostenschätzung in Anlehnung an DIN 276.....	42
Tabelle 7: Wachstumsbedingungen und Sollwerte.....	44
Tabelle 8: Nutzenergiebedarf: Gegenüberstellung der Ergebnisse der VF auf den Bestandsgebäuden	45
Tabelle 9: Nutzenergiebedarf - Simulationsergebnisse Kombination mechanische / natürliche Lüftung	56
Tabelle 10: Bewertungsergebnisse der komparativen Untersuchung.....	58
Tabelle 11: Gegenüberstellung der veränderten Kennzahlen aus der Grundlagenerhebung	63
Tabelle 12: Finales Funktions- und Raumprogramm der Wolkenfarm	64
Tabelle 13: Grobkostenschätzung der Kostengruppen 300 und 400 nach DIN276	65
Tabelle 14: Kostenschätzung anteilmäßiger Investitionen für den Ausbau	66
Tabelle 15: Anbauflächen und Kennzahlen der Produktionseinheiten.....	69
Tabelle 16: Ertragsabschätzungen - Vergleiche der Ergebnisse aus der Grundlagenermittlung und dem finalen Modell	70
Tabelle 17: Business Model Canvas der Wolkenfarm	76
Tabelle 18: Indikatoren des S-ROI	78
Tabelle 19: Pressespiegel und Übersichtstabelle der Kommunikationskanäle und Publikationen	85

8.3. Literaturverzeichnis

- Bachche Shivaji: Deliberation on design strategies of automatic harvesting systems: A survey. Robotics 4.2 194-222, Tohoku University 2015.
- Bhatt V., L.M. Farah: Urban Design for Food-Security: Thinking Globally Designing Locally. 2010
- Proc. XXVIIIth ICH ib Greenhouse 2010 and Soilless Cultivation. Ed. N. Castilla. Acta Hort. 927 pp79-84, ISHS 2012
- Birkby J. (2016): Vertical Farming. ATTRA Sustainable Agriculture. NCAT Ed. Mumma Tracy; www.attra.ncat.org
- Bisgrove R.: Urban Horticulture: Future Scenarios. Proc. XXVIIIth ICH ib Greenhouse 2010 and Soilless Cultivation. Ed. N. Castilla. Acta Hort. 927 pp33-46, ISHS 2012
- Buchholz M., <P. Jochum: Concept for Water, Heat and Food Supply from a Closed Greenhouse – the Watery project. Proc. IC on Greensys. pp 509-515. Eds.: G. van Straaten et al. Acta Hort 691, ISHS 2005
- Castilla N.: Irrigation and Fertilization (book chapter) in: Greenhouse Technology and Management 2nd ed. 2013
- Chiancone I., A. Bacco, M. Stipic, V. Caponigro, F. Piro and A. Venezia (2010): Easy Home Hydroponic Production of Leafy Greens. Proc. IInd Int'l Conference on Landscape and Urban Hort. pp 151-155. Eds: Prosdociemie Gianquinto and F. Orsine. Acta Hort. 881, ISHS 2010
- Cicekli M., N. T. Barlas: Transformation of Today Greenhouses into High Technology Vertical Farming Systems for Metropolitan Regions. Journal of Environmental Protection and Ecology 15, No 4, 1779-1785. <https://www.researchgate.net/publication/290052266>, 2014
- Despommier D., E. Ellingson: The Vertical Farm: The sky-scraper as a vehicle for a sustainable urban agriculture. CTBUH 8th World Congress 2008. <https://www.researchgate.net/publication/241325575>
- Dueck T. A., et al.: Growth of tomatoes under hybrid LED and HPS lighting." International Symposium on Advanced Technologies and Management Towards Sustainable Greenhouse Ecosystems. International Symposium on High Technology for Greenhouse System Management Greensys 2011 952, 2011.
- Dielmann J.A., E. Meinen, L.F.M. Marcelis: Optimisation of CO₂ and Temperature in Terms of Crop Growth and Energy Use. Proc. IC on Greensys. Pp 149-154. Eds.: G. van Straaten et al. Acta Hort 691, ISHS 2005
- Ellingsen Eric C., Despommier D.: The vertical farm—the origin of a 21st century architectural typology. CTBUH Journal 3 26-34, 2008.
- Eppel J. (2016): Vertikales Grün – Zukunft oder Luftnummer? Gartenpraxis 06 pp 44-51
- Giacomelli Gene, et al.: Innovation in greenhouse engineering. International Symposium on High Technology for Greenhouse System Management Greensys2007 801, 2007.
- FAIST, M. C. J. R. 2000. Ressourceneffizienz in der Aktivität Ernähren. Dissertation, ETH Zürich.
- Gaicomelli G.A., S. Sase, R. Cramer, J. Hoogeboom, A. MacKenzie, K. Parbst, G. Scarascia-Mugnozza, P. Selina, D.A. Sharp, J.O. Voogt, P.A. vanWeel and D. Mears: Greenhouse Production Systems for

- People. Proc. XXVIIIth ICH ib Greenhouse 2010 and Soilless Cultivation. Ed. N. Castilla. Acta Hort. 927 pp23-37, ISHS 2012
- Graves Chris J.: The nutrient film technique. Horticultural Reviews Volume 5 1-44, 1983.
- Jansen G., Nazli Cila, Marije Kanis, Yanti Slaats (2016): Attitudes Towards Vertical Farming at Home: A User Study. CHI'16 Extended Abstracts. <http://dx.doi.org/10.1145/285181.2892474>
- Kalantari Fatemeh, et al.: A Review of Vertical Farming Technology: A Guide for Implementation of Building Integrated Agriculture in Cities.
- Kozai Toyoki et al.: LED Lighting for Urban Agriculture. Springer 309-315, Singapore 2016.
- Libelium and Beecham Research: Enabling the Smart Agriculture Revolution: The Future of Farming through the Internet of Things Perspective. Whitepaper, 2016.
- Liu Xiang: Design of a Modified Shipping Container as Modular Unit for the Minimally Structured & Modular Vertical Farm (MSM-VF). University of Arizona, 2014.
- Marcelis L. F. M., et al.: The adaptive greenhouse-an integrated systems approach to developing protected cultivation systems. III International Symposium on Models for Plant Growth, Environmental Control and Farm Management in Protected Cultivation 718, 2006.
- Nichols M.: High value vegetable production using soilless culture. SEAVEG2012 Regional Symposium, 24-26 January 2012
- Nichols M. A.: Plant factories. SEAVEG2012 Regional Symposium, 24-26 January 2012
- Orsini F., M. Dubbeling and G. Gianquinto (2015): Multifunctional rooftop horticulture: a promising strategy for intensifying horticulture production in cities. Chronica Horticulturae Vol. 55 No 4 pp 13-17, 2011
- Pekkeriet E.J., E.J. van Henten: Current Developments of High-Tech Robotic and Mechatronic Systems in Horticulture and Challenges for the Future. Proc. IS on High Technology for Greenhouse Systems – GreenSys2009. Pp85-94. Ed. M. Dorais Acta Hort. 893, ISHS 2011
- Podmirseg D.: Contribution of Vertical Farms to increase the overall Energy Efficiency of Cities, Cuviller Verlag. 2016
- Podmirseg D.: Mythos Marchfeld und Vertical Farming. Online-Publication, researchgate.net. 2013
- Singh Devesh, et al.: LEDs for energy efficient greenhouse lighting. Renewable and Sustainable Energy Reviews 49 139-147, Hannover 2015.
- Schnitzler W.H.: Urban Hydroponics for Green and Clean Cities and for Food Security. Proc. IS on Soilless Cultivation pp13-26, Eds.: Weimin Zhu and Qianheng Li, Acta Hort. 1004, ISHS 2013
- SMIL, V. 2008. Energy in Nature and Society, Cambridge, Mass., MIT Press.
- Tantau J., J. Meyer, U. Schmidt, B. Bessler: Low Energy Greenhouse – a System Approach. Proc. IS on High Technology for Greenhouse Systems – GreenSys2009. Pp75-84. Ed. M. Dorais Acta Hort. 893, ISHS 2011
- Toyoki Kozai: Plant Factory in Japan – Current Situation and Perspectives. Chronica Horticulturae Vol. 53 No 2 pp8-11. ISHS 2013
- Vasisht Deepak, et al.: FarmBeats: An IoT Platform for Data-Driven Agriculture. NSDI'17 Proceedings of the 14th USENIX Conference on Networked Systems Design and Implementation, Boston MA 2017.

- Vermeulen Kristof, et al.: Simultaneous response of stem diameter, sap flow rate and leaf temperature of tomato plants to drought stress. International Symposium on High Technology for Greenhouse System Management Greensys2007 801, 2007.
- WATKISS, P., SMITH, A., TWEEDLE, G., MCKINNON, A., BROWNE, M., HUNT, A., TRELEVEN, C., NASH, C. & CROSS, S. 2005. The Validity of Food Miles as an Indicator of Sustainable Development: Final report produced for DEFRA. AEA Technology.
- Wolf L. K.: Metro nature for mental health and wellness: horticulture secondary benefits. *Chronica Horticulturae* Vol. 55 No 4 pp 5-11
- Zeidler Conrad, Schubert Daniel, Vrakking Vincent: Vertical Farm 2.0: Designing an Economically Feasible Vertical Farm-A combined European Endeavor for Sustainable Urban Agriculture. Diss. Association for Vertical Farming, 2017.

9 Anhang

9.1. Ertragsermittlung

Product	Product Location	cultivation area [m²]	yield/a [kg/m²]	yield/a [kg]	weight/head [kg]	plant density/m²	cultivation period [week]	crop rotations/a	weeks/a	sales price [€/kg]	annual yield [€]	yield conv.agr. [kg/m²]	land use [m²]
Red Lettuce	GH1 GH2 GH3 GH4 GH5 GH6	183,16	51,19	8352,10	0,20	16,00	4,00	12,50	50,00	7,00	58.464,68	2,60	3.212,34
Tomatoes	GH1 GH2 GH3 GH4 GH5 GH6	0,00	0,00	n/a	n/a	n/a	6,00	8,33	50,00	10,00	0,00	4,60	0,00
Strawberries	GH1 GH2 GH3 GH4 GH5 GH6	0,00	0,00	0,00	n/a	12,00	12,00	4,17	50,00	19,00	0,00	4,64	0,00
Chillis	GH1 GH2 GH3 GH4 GH5 GH6	0,00	0,00	0,00	n/a	25,00	4,00	12,50	50,00	30,00	0,00	2,96	0,00
Mint	GH1 GH2 GH3 GH4 GH5 GH6	57,01	20,56	1.172,13	n/a	25,00	4,00	12,50	50,00	70,00	82.049,03	7,40	158,40
Sweet Basil	GH1 GH2 GH3 GH4 GH5 GH6	155,39	21,68	3.368,75	n/a	25,00	4,00	12,50	50,00	80,00	269.999,74	9,00	374,31
Oyster Mushrooms	GH1 GH2 GH3 GH4 GH5 GH6	0,00	0,00	0,00	n/a	40,00	6,00	8,33	50,00	25,00	0,00	8,96	0,00
Perch	GH1 GH2 GH3 GH4 GH5 GH6	0,00	0,00	0,00	n/a	0,30	16,00	3,13	50,00	40,00	0,00	TBA	TBA
Insects	GH1 GH2 GH3 GH4 GH5 GH6	0,00	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
TOTAL yield of VF										TOTAL INCOME (€)		TOTAL [m²]:	
										410.013,45		3.745,05	

TOTAL yield of VF	kg	12.892,97
AVG Yield / FP GH	kg/m²	85,20
AVG Yield / CA	kg/m²	34,34
AVG Yield / VOL GH	kg/m³	14,54
AVG Yield / VOL VF	kg/m³	5,47

Product	Product Location	cultivation area [m²]	yield/a [kg/m²]	yield/a [kg]	weight/head [kg]	plant density/m²	cultivation period [week]	crop rotations/a	weeks/a	sales price [€/kg]	annual yield [€]	yield conv.agr. [kg/m²]	land use [m²]
Red Lettuce	GH1 GH2 GH3 GH4 GH5 GH6	253,80	51,19	12.992,02	0,20	16,00	4,00	12,50	50,00	7,00	90.944,15	2,60	4.996,93
Tomatoes	GH1 GH2 GH3 GH4 GH5 GH6	0,00	0,00	0,00	n/a	n/a	6,00	8,33	50,00	10,00	0,00	4,60	0,00
Strawberries	GH1 GH2 GH3 GH4 GH5 GH6	0,00	0,00	0,00	n/a	12,00	12,00	4,17	50,00	19,00	0,00	4,64	0,00
Chillis	GH1 GH2 GH3 GH4 GH5 GH6	0,00	0,00	0,00	n/a	25,00	4,00	12,50	50,00	30,00	0,00	2,96	0,00
Mint	GH1 GH2 GH3 GH4 GH5 GH6	165,83	20,56	3.403,47	n/a	25,00	4,00	12,50	50,00	70,00	238.662,98	7,40	460,74
Sweet Basil	GH1 GH2 GH3 GH4 GH5 GH6	165,83	21,68	3.995,20	n/a	25,00	4,00	12,50	50,00	80,00	287.616,08	9,00	399,47
Oyster Mushrooms	GH1 GH2 GH3 GH4 GH5 GH6	0,00	0,00	0,00	n/a	40,00	6,00	8,33	50,00	25,00	0,00	8,96	0,00
Perch	GH1 GH2 GH3 GH4 GH5 GH6	0,00	0,00	0,00	0,75	8,33	16,00	n/a	50,00	40,00	0,00	TBA	TBA
Insects	GH1 GH2 GH3 GH4 GH5 GH6	0,00	0,00	0,00	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
TOTAL yield of VF										TOTAL INCOME (€)		TOTAL [m²]:	
										617.223,21		5.857,44	

TOTAL yield of VF	kg	19.996,69
AVG Yield / FP GH	kg/m²	72,91
AVG Yield / ABF	kg/m²	34,16
AVG Yield / VOL GH	kg/m³	12,16
AVG Yield / VOL VF	kg/m³	5,40

Product	Product Location	cultivation area [m²]	yield/a [kg/m²]	yield/a [kg]	weight/head [kg]	plant density/m²	cultivation period [week]	crop rotations/a	weeks/a	sales price [€/kg]	annual yield [€]	yield conv.agr. [kg/m²]	land use [m²]
Red Lettuce	GH1 GH2 GH3 GH4 GH5 GH6	182,50	51,19	9.342,23	0,20	16,00	4,00	12,50	50,00	7,00	65.395,63	2,60	3.593,17
Tomatoes	GH1 GH2 GH3 GH4 GH5 GH6	0,00	0,00	74,97	n/a	n/a	6,00	8,33	50,00	10,00	0,00	4,60	0,00
Strawberries	GH1 GH2 GH3 GH4 GH5 GH6	0,00	0,00	51,19	n/a	12,00	12,00	4,17	50,00	19,00	0,00	4,64	0,00
Chillis	GH1 GH2 GH3 GH4 GH5 GH6	0,00	0,00	3,15	n/a	25,00	4,00	12,50	50,00	30,00	0,00	2,96	0,00
Mint	GH1 GH2 GH3 GH4 GH5 GH6	322,56	20,56	6.631,83	n/a	25,00	4,00	12,50	50,00	70,00	464.228,35	7,40	896,19
Sweet Basil	GH1 GH2 GH3 GH4 GH5 GH6	334,53	21,68	7.252,61	n/a	25,00	4,00	12,50	50,00	80,00	580.208,83	9,00	805,85
Oyster Mushrooms	GH1 GH2 GH3 GH4 GH5 GH6	0,00	0,00	0,00	n/a	40,00	6,00	8,33	50,00	25,00	0,00	8,96	0,00
Perch	GH1 GH2 GH3 GH4 GH5 GH6	0,00	0,00	0,00	0,75	8,33	16,00	n/a	50,00	40,00	0,00	TBA	TBA
Insects	GH1 GH2 GH3 GH4 GH5 GH6	0,00	0,00	0,00	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
TOTAL yield of VF										TOTAL INCOME (€)		TOTAL [m²]:	
										1.109.832,81		5.295,21	

TOTAL yield of VF	kg	23.226,68
AVG Yield / FP GH	kg/m²	44,99
AVG Yield / ABF	kg/m²	27,66
AVG Yield / VOL GH	kg/m³	7,62
AVG Yield / VOL VF	kg/m³	5,17

Abbildung 40. Ertragsermittlung Grundlagenermittlung Brunn- und Schulgasse sowie Schickelgruberstraße

Product	Product Location			cultivation area [m²]	yield/a [kg/m²]	yield/a [kg]	weight/head [kg]	plant density/m²	crop rotations [weeks]	crop rotations/a	weeks/a	sales price [€/kg]	annual yield [€]	yield conv.agr. [kg/m²]	land use [m²]
Red Lettuce	GH1	GH2	GH3	GH4	GH5	GH6									
Tomatoes	GH1	GH2	GH3	GH4	GH5	GH6									
Strawberries	GH1	GH2	GH3	GH4	GH5	GH6									
Chillis	GH1	GH2	GH3	GH4	GH5	GH6									
Mint	GH1	GH2	GH3	GH4	GH5	GH6									
Sweet Basil	GH1	GH2	GH3	GH4	GH5	GH6									
Oyster Mushrooms	GH1	GH2	GH3	GH4	GH5	GH6									
Perch	GH1	GH2	GH3	GH4	GH5	GH6									
Insects	GH1	GH2	GH3	GH4	GH5	GH6									
TOTAL Yield of VF					[kg]	48 230,17									
AVG Yield / FP GH					kg/m²	111,86									
AVG Yield / VOL GH					kg/m³	21,93									
AVG Yield / VOL VF					kg/m³	12,00									
TOTAL INCOME [€]													1 401 603,33	TOTAL [m²]:	142 213,04
TOTAL INCOME [€/m² before VF]													1 550,85		

Abbildung 41: Ertragsermittlung Wolkenfarm - Finales Modell

Erläuterung zu den Positionen der Exceltabellen:

Production Location: Produktionseinheit bzw. -volumen (GH#1 – GH#6)

Cultivation area: Tatsächliche Anbaufläche

Yield/m²/a: Ertragsabschätzung in Kilogramm pro Quadratmeter und Jahr (Referenzzahl zur Ermittlung des Landverbrauchs konventioneller Landwirtschaft)

Yield/a: Gesamtjahresertrag

Weight/head: Annahme des Durchschnittsgewichts pro Produkteinheit (Bei Salaten gibt es Schwankungen zwischen ca. 100 – 700 g/Einheit)

Plant density: Angabe der Besatzstückung pro Quadratmeter Anbaufläche

Cultivation period: Kulturfolge (Bestückung bis Ernte)

Crop rotations/a: Ernten pro Jahr

Weeks/a: Tatsächliche Anbaulänge pro Jahr (2 Wochen wurden für Desinfektion, Reinigung und Wartung angenommen)

Sales Price: Verkaufspreis an Endkunden in €/kg

Annual yields: Umsatz

Yield conv.agr.: Ertragsabschätzung pro Produkt in konventioneller Produktionsweise

Land use: Landverbrauchs-äquivalent, benötigt, um denselben Ertrag zu erzielen

AVG Yield/FP GH: Ernte in Kilogramm pro Quadratmeter Bruttogeschoßfläche (GFA / BGF) des Produktionsvolumens (KPI1)

AVG Yield/VOL GH: Ernte in Kilogramm pro Kubikmeter des Bruttorauminhalts (BRI) des Produktionsvolumens (KPI2)

AVG Yield/VOL VF: Ernte in Kilogramm pro Kubikmeter des Bruttorauminhalts (BRI) des Aufbaus, also Produktionsvolumen + produktionsbezogenes Volumen + (Halb-)öffentliches Volumen (KPI3)

9.2. Betriebswirtschaftliche Kennzahlen

Nr.	Bezeichnung	Nutzungsdauer [Jahre]
110	Patent- und Lizenzrechte	3,00
120	Datenverarbeitungsprogramme	3,00
140	Pacht- und Mietrechte (müssen sie erworben werden?)	
320	Bauliche Einrichtungen / Freiraumgestaltung	
	Bauliche Einrichtungen / Fremdgrund	
400	Maschinelle Einrichtung	
	Bewässerung / Fertigation	10,00
	Sprinkleranlage	10,00
	Steuerungs- und Regelungstechnik	5,00
	Pumpen / elektrische Einrichtungen	10,00
	Hydroponic-Regalsysteme	10,00
420	Energieversorgungsanlagen (PV-Anlage/Thermie)	25,00
430	Transportanlagen	
	Aufzug	20,00
	Europaletten	5,00
	Sonstiges	10,00
450	Geringw. Vermögensgegenstände Maschinen	
	Gartenwerkzeuge	10,00
	Töpfe	5,00
	Sonstiges	5,00
600	Beheizungs- und Beleuchtungsanlagen	
	Beleuchtungsanlagen Vertical Farm	25,00
	Beleuchtungsanlagen	20,00
	Heiztechnik	20,00
	Kühltechnik	20,00
610	Steuerung und Regelung / Monitoring	10,00
620	Büromaschinen, EDV-Anlagen	
	Computer, Laptops	3,00
	Drucker	3,00
630	Fahrzeuge - PKW - Tesla Model 3	15,00
640	Fahrzeuge - LKW - Iveco Transporter	15,00
650	Andere Beförderungsmittel - Lastenräder	10,00
670	Gebinde	8,00

Abbildung 42: Nutzungsdauer der Abschreibungspositionen

ANNUAL	Jahr 1												Jahr 2				Jahr 3		Jahr 4		Jahr 5	
	Jänner	Februar	März	April	Mai	Juni	Juli	August	September	Oktober	November	Dezember	Q 01	Q 02	Q 03	Q 04						
Lollo Rosso																						
Menge (kg)	7 000,00	583,33	583,33	583,33	583,33	583,33	583,33	583,33	583,33	583,33	583,33	583,33	1 750,00	1 750,00	1 750,00	1 750,00	7 000,00	7 000,00	7 000,00	7 000,00	7 000,00	7 000,00
VK-Preis	9,00	9,00	9,00	9,00	9,00	9,00	9,00	9,00	9,00	9,00	9,00	9,00	9,00	9,00	9,00	9,00	9,00	9,00	9,00	9,00	9,00	9,00
Umsatzerlös	63 000,00	5 250,00	5 250,00	5 250,00	5 250,00	5 250,00	5 250,00	5 250,00	5 250,00	5 250,00	5 250,00	5 250,00	15 750,00	15 750,00	15 750,00	15 750,00	63 000,00	63 000,00	63 000,00	63 000,00	63 000,00	63 000,00
Vogerlsalat																						
Menge (kg)	7 000,00	583,33	583,33	583,33	583,33	583,33	583,33	583,33	583,33	583,33	583,33	583,33	1 750,00	1 750,00	1 750,00	1 750,00	7 000,00	7 000,00	7 000,00	7 000,00	7 000,00	7 000,00
VK-Preis	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00
Umsatzerlös	56 000,00	4 666,67	4 666,67	4 666,67	4 666,67	4 666,67	4 666,67	4 666,67	4 666,67	4 666,67	4 666,67	4 666,67	14 000,00	14 000,00	14 000,00	14 000,00	56 000,00	56 000,00	56 000,00	56 000,00	56 000,00	56 000,00
Tomaten																						
Menge (kg)	10 242,00	853,50	853,50	853,50	853,50	853,50	853,50	853,50	853,50	853,50	853,50	853,50	2 560,50	2 560,50	2 560,50	2 560,50	10 242,00	10 242,00	10 242,00	10 242,00	10 242,00	10 242,00
VK-Preis	8,50	8,50	8,50	8,50	8,50	8,50	8,50	8,50	8,50	8,50	8,50	8,50	8,50	8,50	8,50	8,50	8,50	8,50	8,50	8,50	8,50	8,50
Umsatzerlös	87 057,00	7 254,75	7 254,75	7 254,75	7 254,75	7 254,75	7 254,75	7 254,75	7 254,75	7 254,75	7 254,75	7 254,75	21 764,25	21 764,25	21 764,25	21 764,25	87 057,00	87 057,00	87 057,00	87 057,00	87 057,00	87 057,00
Erdbeeren																						
Menge (kg)	2 557,00	213,08	213,08	213,08	213,08	213,08	213,08	213,08	213,08	213,08	213,08	213,08	639,25	639,25	639,25	639,25	2 557,00	2 557,00	2 557,00	2 557,00	2 557,00	2 557,00
VK-Preis	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00
Umsatzerlös	25 570,00	2 130,83	2 130,83	2 130,83	2 130,83	2 130,83	2 130,83	2 130,83	2 130,83	2 130,83	2 130,83	2 130,83	6 392,50	6 392,50	6 392,50	6 392,50	25 570,00	25 570,00	25 570,00	25 570,00	25 570,00	25 570,00
Chilis																						
Menge (kg)	350,00	29,17	29,17	29,17	29,17	29,17	29,17	29,17	29,17	29,17	29,17	29,17	87,50	87,50	87,50	87,50	350,00	350,00	350,00	350,00	350,00	350,00
VK-Preis	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00
Umsatzerlös	5 250,00	437,50	437,50	437,50	437,50	437,50	437,50	437,50	437,50	437,50	437,50	437,50	1 312,50	1 312,50	1 312,50	1 312,50	5 250,00	5 250,00	5 250,00	5 250,00	5 250,00	5 250,00
Minze																						
Menge (kg)	6 735,00	561,25	561,25	561,25	561,25	561,25	561,25	561,25	561,25	561,25	561,25	561,25	1 683,75	1 683,75	1 683,75	1 683,75	6 735,00	6 735,00	6 735,00	6 735,00	6 735,00	6 735,00
VK-Preis	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00
Umsatzerlös	471 450,00	39 287,50	39 287,50	39 287,50	39 287,50	39 287,50	39 287,50	39 287,50	39 287,50	39 287,50	39 287,50	39 287,50	117 862,50	117 862,50	117 862,50	117 862,50	471 450,00	471 450,00	471 450,00	471 450,00	471 450,00	471 450,00
Basillikum																						
Menge (kg)	4 735,00	394,58	394,58	394,58	394,58	394,58	394,58	394,58	394,58	394,58	394,58	394,58	1 183,75	1 183,75	1 183,75	1 183,75	4 735,00	4 735,00	4 735,00	4 735,00	4 735,00	4 735,00
VK-Preis	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00
Umsatzerlös	331 450,00	27 620,83	27 620,83	27 620,83	27 620,83	27 620,83	27 620,83	27 620,83	27 620,83	27 620,83	27 620,83	27 620,83	82 862,50	82 862,50	82 862,50	82 862,50	331 450,00	331 450,00	331 450,00	331 450,00	331 450,00	331 450,00
Austernpilze																						
Menge (kg)	31 617,00	2 634,75	2 634,75	2 634,75	2 634,75	2 634,75	2 634,75	2 634,75	2 634,75	2 634,75	2 634,75	2 634,75	7 904,25	7 904,25	7 904,25	7 904,25	31 617,00	31 617,00	31 617,00	31 617,00	31 617,00	31 617,00
VK-Preis	20,00	20,00	20,00	20,00	20,00	20,00	20,00	20,00	20,00	20,00	20,00	20,00	20,00	20,00	20,00	20,00	20,00	20,00	20,00	20,00	20,00	20,00
Umsatzerlös	632 340,00	52 695,00	52 695,00	52 695,00	52 695,00	52 695,00	52 695,00	52 695,00	52 695,00	52 695,00	52 695,00	52 695,00	158 085,00	158 085,00	158 085,00	158 085,00	632 340,00	632 340,00	632 340,00	632 340,00	632 340,00	632 340,00
Buntbarsch																						
Menge (kg)	4 000,00	333,33	333,33	333,33	333,33	333,33	333,33	333,33	333,33	333,33	333,33	333,33	1 000,00	1 000,00	1 000,00	1 000,00	4 000,00	4 000,00	4 000,00	4 000,00	4 000,00	4 000,00
VK-Preis	20,00	20,00	20,00	20,00	20,00	20,00	20,00	20,00	20,00	20,00	20,00	20,00	20,00	20,00	20,00	20,00	20,00	20,00	20,00	20,00	20,00	20,00
Umsatzerlös	80 000,00	6 666,67	6 666,67	6 666,67	6 666,67	6 666,67	6 666,67	6 666,67	6 666,67	6 666,67	6 666,67	6 666,67	20 000,00	20 000,00	20 000,00	20 000,00	80 000,00	80 000,00	80 000,00	80 000,00	80 000,00	80 000,00
Insekten																						
Menge (kg)	350,00	29,17	29,17	29,17	29,17	29,17	29,17	29,17	29,17	29,17	29,17	29,17	87,50	87,50	87,50	87,50	350,00	350,00	350,00	350,00	350,00	350,00
VK-Preis	690,00	690,00	690,00	690,00	690,00	690,00	690,00	690,00	690,00	690,00	690,00	690,00	690,00	690,00	690,00	690,00	690,00	690,00	690,00	690,00	690,00	690,00
Umsatzerlös	241 500,00	20 125,00	20 125,00	20 125,00	20 125,00	20 125,00	20 125,00	20 125,00	20 125,00	20 125,00	20 125,00	20 125,00	60 375,00	60 375,00	60 375,00	60 375,00	241 500,00	241 500,00	241 500,00	241 500,00	241 500,00	241 500,00
Erlös gesamt	1 993 617,00	166 134,75	166 134,75	166 134,75	166 134,75	166 134,75	166 134,75	166 134,75	166 134,75	166 134,75	166 134,75	166 134,75	498 404,25	498 404,25	498 404,25	498 404,25	1 993 617,00	1 993 617,00	1 993 617,00	1 993 617,00	1 993 617,00	1 993 617,00

Abbildung 43: Umsatzerlöse der ersten fünf Jahre

	ANNUAL												Jahr 3	Jahr 4	Jahr 5	
	Jänner	Februar	März	April	Mai	Juni	Juli	August	September	Oktober	November	Dezember				
	Jahr 1												Jahr 2	Jahr 3	Jahr 4	Jahr 5
	Q 01	Q 02	Q 03	Q 04	Q 01	Q 02	Q 03	Q 04	Q 01	Q 02	Q 03	Q 04				
Lollo Rosso	4 001,73	333,48	333,48	333,48	333,48	333,48	333,48	333,48	333,48	333,48	333,48	333,48	1 000,43	1 000,43	1 000,43	4 001,73
Samen/Jungpflanzen	148,09	12,34	12,34	12,34	12,34	12,34	12,34	12,34	12,34	12,34	12,34	12,34	37,02	37,02	37,02	148,09
Erde/Substrat	3 716,01	309,67	309,67	309,67	309,67	309,67	309,67	309,67	309,67	309,67	309,67	309,67	929,00	929,00	929,00	3 716,01
Dünger	137,63	11,47	11,47	11,47	11,47	11,47	11,47	11,47	11,47	11,47	11,47	11,47	34,41	34,41	34,41	137,63
Nutzlinge	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Summe	4 001,73	333,48	333,48	333,48	333,48	333,48	333,48	333,48	333,48	333,48	333,48	333,48	1 000,43	1 000,43	1 000,43	4 001,73
Vegetisalat	3 880,44	323,37	323,37	323,37	323,37	323,37	323,37	323,37	323,37	323,37	323,37	323,37	970,11	970,11	970,11	3 880,44
Samen/Jungpflanzen	26,80	2,23	2,23	2,23	2,23	2,23	2,23	2,23	2,23	2,23	2,23	2,23	6,70	6,70	6,70	26,80
Erde/Substrat	3 716,01	309,67	309,67	309,67	309,67	309,67	309,67	309,67	309,67	309,67	309,67	309,67	929,00	929,00	929,00	3 716,01
Dünger	137,63	11,47	11,47	11,47	11,47	11,47	11,47	11,47	11,47	11,47	11,47	11,47	34,41	34,41	34,41	137,63
Nutzlinge	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Summe	3 880,44	323,37	323,37	323,37	323,37	323,37	323,37	323,37	323,37	323,37	323,37	323,37	970,11	970,11	970,11	3 880,44
Tomaten	11 242,84	936,90	936,90	936,90	936,90	936,90	936,90	936,90	936,90	936,90	936,90	936,90	2 810,71	2 810,71	2 810,71	11 242,84
Samen/Jungpflanzen	3 688,74	307,40	307,40	307,40	307,40	307,40	307,40	307,40	307,40	307,40	307,40	307,40	922,19	922,19	922,19	3 688,74
Erde/Substrat	7 377,48	614,79	614,79	614,79	614,79	614,79	614,79	614,79	614,79	614,79	614,79	614,79	1 844,37	1 844,37	1 844,37	7 377,48
Dünger	136,62	11,39	11,39	11,39	11,39	11,39	11,39	11,39	11,39	11,39	11,39	11,39	34,16	34,16	34,16	136,62
Nutzlinge	40,00	3,33	3,33	3,33	3,33	3,33	3,33	3,33	3,33	3,33	3,33	3,33	10,00	10,00	10,00	40,00
Summe	11 242,84	936,90	936,90	936,90	936,90	936,90	936,90	936,90	936,90	936,90	936,90	936,90	2 810,71	2 810,71	2 810,71	11 242,84
Erdbeeren	2 082,72	173,56	173,56	173,56	173,56	173,56	173,56	173,56	173,56	173,56	173,56	173,56	520,68	520,68	520,68	2 082,72
Samen/Jungpflanzen	149,91	12,49	12,49	12,49	12,49	12,49	12,49	12,49	12,49	12,49	12,49	12,49	37,48	37,48	37,48	149,91
Erde/Substrat	1 842,84	153,57	153,57	153,57	153,57	153,57	153,57	153,57	153,57	153,57	153,57	153,57	460,71	460,71	460,71	1 842,84
Dünger	49,97	4,16	4,16	4,16	4,16	4,16	4,16	4,16	4,16	4,16	4,16	4,16	12,49	12,49	12,49	49,97
Nutzlinge	40,00	3,33	3,33	3,33	3,33	3,33	3,33	3,33	3,33	3,33	3,33	3,33	10,00	10,00	10,00	40,00
Summe	2 082,72	173,56	173,56	173,56	173,56	173,56	173,56	173,56	173,56	173,56	173,56	173,56	520,68	520,68	520,68	2 082,72
Chilis	3 316,00	276,33	276,33	276,33	276,33	276,33	276,33	276,33	276,33	276,33	276,33	276,33	829,00	829,00	829,00	3 316,00
Samen/Jungpflanzen	218,40	18,20	18,20	18,20	18,20	18,20	18,20	18,20	18,20	18,20	18,20	18,20	54,60	54,60	54,60	218,40
Erde/Substrat	2 948,40	245,70	245,70	245,70	245,70	245,70	245,70	245,70	245,70	245,70	245,70	245,70	737,10	737,10	737,10	2 948,40
Dünger	109,20	9,10	9,10	9,10	9,10	9,10	9,10	9,10	9,10	9,10	9,10	9,10	27,30	27,30	27,30	109,20
Nutzlinge	40,00	3,33	3,33	3,33	3,33	3,33	3,33	3,33	3,33	3,33	3,33	3,33	10,00	10,00	10,00	40,00
Summe	3 316,00	276,33	276,33	276,33	276,33	276,33	276,33	276,33	276,33	276,33	276,33	276,33	829,00	829,00	829,00	3 316,00
Minze	9 221,78	768,48	768,48	768,48	768,48	768,48	768,48	768,48	768,48	768,48	768,48	768,48	2 305,44	2 305,44	2 305,44	9 221,78
Samen/Jungpflanzen	48,98	4,08	4,08	4,08	4,08	4,08	4,08	4,08	4,08	4,08	4,08	4,08	12,24	12,24	12,24	48,98
Erde/Substrat	8 845,20	737,10	737,10	737,10	737,10	737,10	737,10	737,10	737,10	737,10	737,10	737,10	2 211,30	2 211,30	2 211,30	8 845,20
Dünger	327,60	27,30	27,30	27,30	27,30	27,30	27,30	27,30	27,30	27,30	27,30	27,30	81,90	81,90	81,90	327,60
Nutzlinge	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Summe	9 221,78	768,48	768,48	768,48	768,48	768,48	768,48	768,48	768,48	768,48	768,48	768,48	2 305,44	2 305,44	2 305,44	9 221,78
Basillikum	6 142,50	511,88	511,88	511,88	511,88	511,88	511,88	511,88	511,88	511,88	511,88	511,88	1 535,63	1 535,63	1 535,63	6 142,50
Samen/Jungpflanzen	27,30	2,28	2,28	2,28	2,28	2,28	2,28	2,28	2,28	2,28	2,28	2,28	6,83	6,83	6,83	27,30
Erde/Substrat	5 896,80	491,40	491,40	491,40	491,40	491,40	491,40	491,40	491,40	491,40	491,40	491,40	1 474,20	1 474,20	1 474,20	5 896,80
Dünger	218,40	18,20	18,20	18,20	18,20	18,20	18,20	18,20	18,20	18,20	18,20	18,20	54,60	54,60	54,60	218,40
Nutzlinge	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Summe	6 142,50	511,88	511,88	511,88	511,88	511,88	511,88	511,88	511,88	511,88	511,88	511,88	1 535,63	1 535,63	1 535,63	6 142,50
Austernpilze	7 498,92	624,91	624,91	624,91	624,91	624,91	624,91	624,91	624,91	624,91	624,91	624,91	1 874,73	1 874,73	1 874,73	7 498,92
Samen/Jungpflanzen	246,08	20,51	20,51	20,51	20,51	20,51	20,51	20,51	20,51	20,51	20,51	20,51	61,52	61,52	61,52	246,08
Erde/Substrat	6 993,81	582,82	582,82	582,82	582,82	582,82	582,82	582,82	582,82	582,82	582,82	582,82	1 748,45	1 748,45	1 748,45	6 993,81
Dünger	259,03	21,59	21,59	21,59	21,59	21,59	21,59	21,59	21,59	21,59	21,59	21,59	64,76	64,76	64,76	259,03
Nutzlinge	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Summe	7 498,92	624,91	624,91	624,91	624,91	624,91	624,91	624,91	624,91	624,91	624,91	624,91	1 874,73	1 874,73	1 874,73	7 498,92
Buntbarsch	9 787,20	815,60	815,60	815,60	815,60	815,60	815,60	815,60	815,60	815,60	815,60	815,60	2 446,80	2 446,80	2 446,80	9 787,20
No. of pos price	1 585,00	132,13	132,13	132,13	132,13	132,13	132,13	132,13	132,13	132,13	132,13	132,13	396,40	396,40	396,40	1 585,00
Aquaponic tank	1 777,60	148,13	148,13	148,13	148,13	148,13	148,13	148,13	148,13	148,13	148,13	148,13	444,40	444,40	444,40	1 777,60
Dünger	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Fish feed	6 424,00	535,33	535,33	535,33	535,33	535,33	535,33	535,33	535,33	535,33	535,33	535,33	1 615,38	1 615,38	1 615,38	6 424,00
Summe	9 787,20	815,60	815,60	815,60	815,60	815,60	815,60	815,60	815,60	815,60	815,60	815,60	2 446,80	2 446,80	2 446,80	9 787,20
Insekten (kg)	1 540,00	128,33	128,33	128,33	128,33	128,33	128,33	128,33	128,33	128,33	128,33	128,33	385,00	385,00	385,00	1 540,00
Insekten (no)	1 400,00	116,67	116,67	116,67	116,67	116,67	116,67	116,67	116,67	116,67	116,67	116,67	350,00	350,00	350,00	1 400,00
Erde/Substrat	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Dünger	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Insect feed	140,00	11,67	11,67	11,67	11,67											

Abbildung 44: Direktaufwendungen

	ANNUAL	VF (%)	Jahr 1												Jahr 2				Jahr 3	Jahr 4	Jahr 5
			Januar	Februar	März	April	Mai	Juni	Juli	August	September	Oktober	November	Dezember	Q 01	Q 02	Q 03	Q 04			
Geschäftsführung	80.000,00	0,50	3.333,33	3.333,33	3.333,33	3.333,33	3.333,33	3.333,33	3.333,33	3.333,33	3.333,33	3.333,33	3.333,33	3.333,33	10.000,00	10.000,00	10.000,00	10.000,00	80.000,00	80.000,00	80.000,00
MA1 Techn. HK	38.000,00	1,00	3.166,67	3.166,67	3.166,67	3.166,67	3.166,67	3.166,67	3.166,67	3.166,67	3.166,67	3.166,67	3.166,67	3.166,67	9.500,00	9.500,00	9.500,00	9.500,00	38.000,00	38.000,00	38.000,00
MA2 Techn. HK	38.000,00	1,00	3.166,67	3.166,67	3.166,67	3.166,67	3.166,67	3.166,67	3.166,67	3.166,67	3.166,67	3.166,67	3.166,67	3.166,67	9.500,00	9.500,00	9.500,00	9.500,00	38.000,00	38.000,00	38.000,00
Reinigung	16.000,00	0,50	666,67	666,67	666,67	666,67	666,67	666,67	666,67	666,67	666,67	666,67	666,67	666,67	2.000,00	2.000,00	2.000,00	2.000,00	16.000,00	16.000,00	16.000,00
Sekretariat / BH	16.000,00	0,50	666,67	666,67	666,67	666,67	666,67	666,67	666,67	666,67	666,67	666,67	666,67	666,67	2.000,00	2.000,00	2.000,00	2.000,00	16.000,00	16.000,00	16.000,00
Shop / Organisation	40.000,00	0,50	1.666,67	1.666,67	1.666,67	1.666,67	1.666,67	1.666,67	1.666,67	1.666,67	1.666,67	1.666,67	1.666,67	1.666,67	5.000,00	5.000,00	5.000,00	5.000,00	40.000,00	40.000,00	40.000,00
Arbeit / Gehälter	228.000,00		152.000,00	12.666,67	12.666,67	12.666,67	12.666,67	12.666,67	12.666,67	12.666,67	12.666,67	12.666,67	12.666,67	12.666,67	38.000,00	38.000,00	38.000,00	38.000,00	228.000,00	228.000,00	228.000,00

F P = Zusatzfunktionen und Programme
 Monate : 12

Abbildung 45: Personalkosten

Abbildung 46: Planwerte Übersicht

9.3. Visualisierung der implementierten Produktionsmethoden

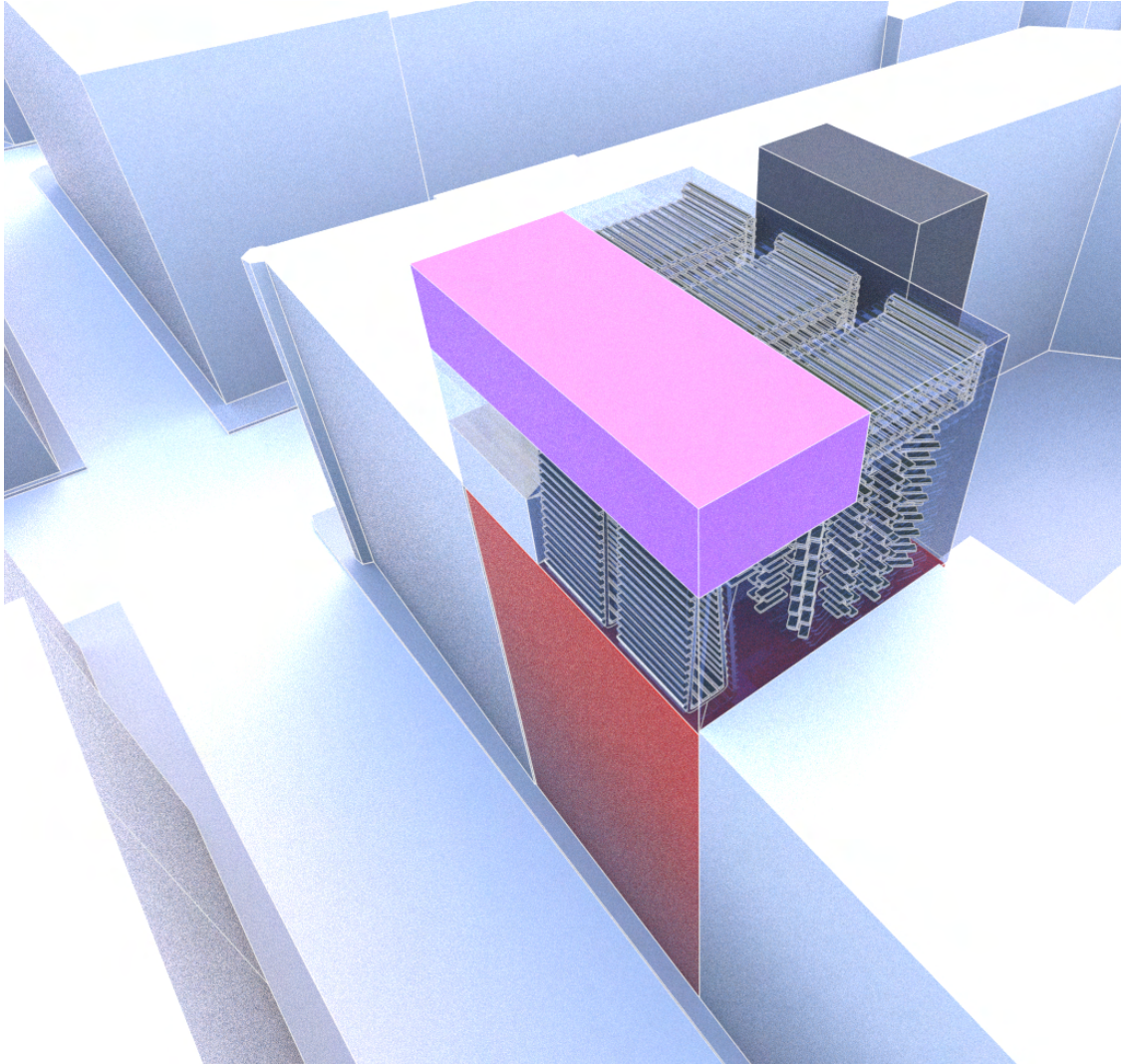


Abbildung 47: Visualisierung der Produktionsmethoden in der Brunngasse

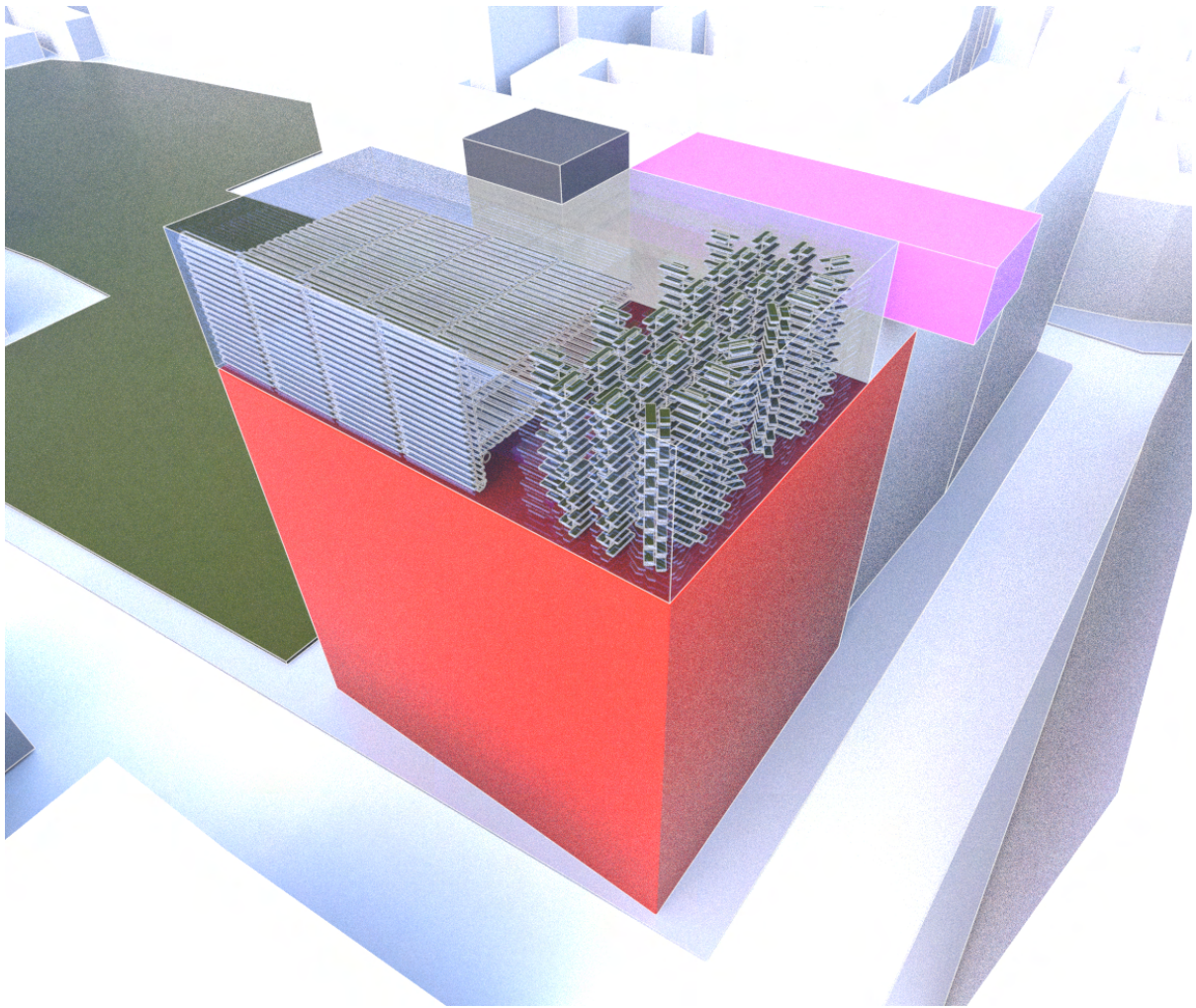


Abbildung 48: Visualisierung der Produktionsmethoden in der Schulgasse

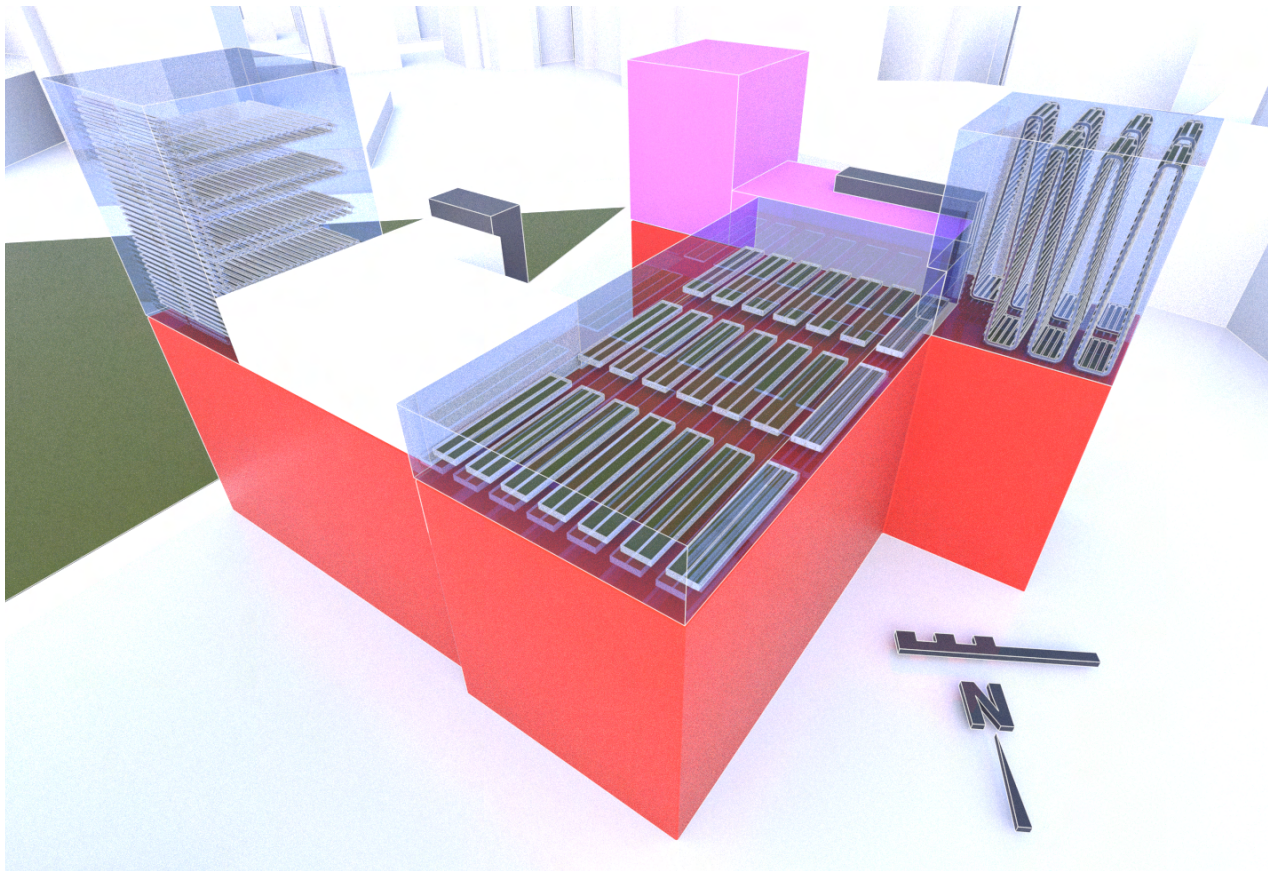


Abbildung 49: Visualisierung der Produktionsmethoden in der Schickelgruberstraße

9.4. Living Lab und Workshop Polytechnische Schule

9.4.1. Workshop-output Living Lab

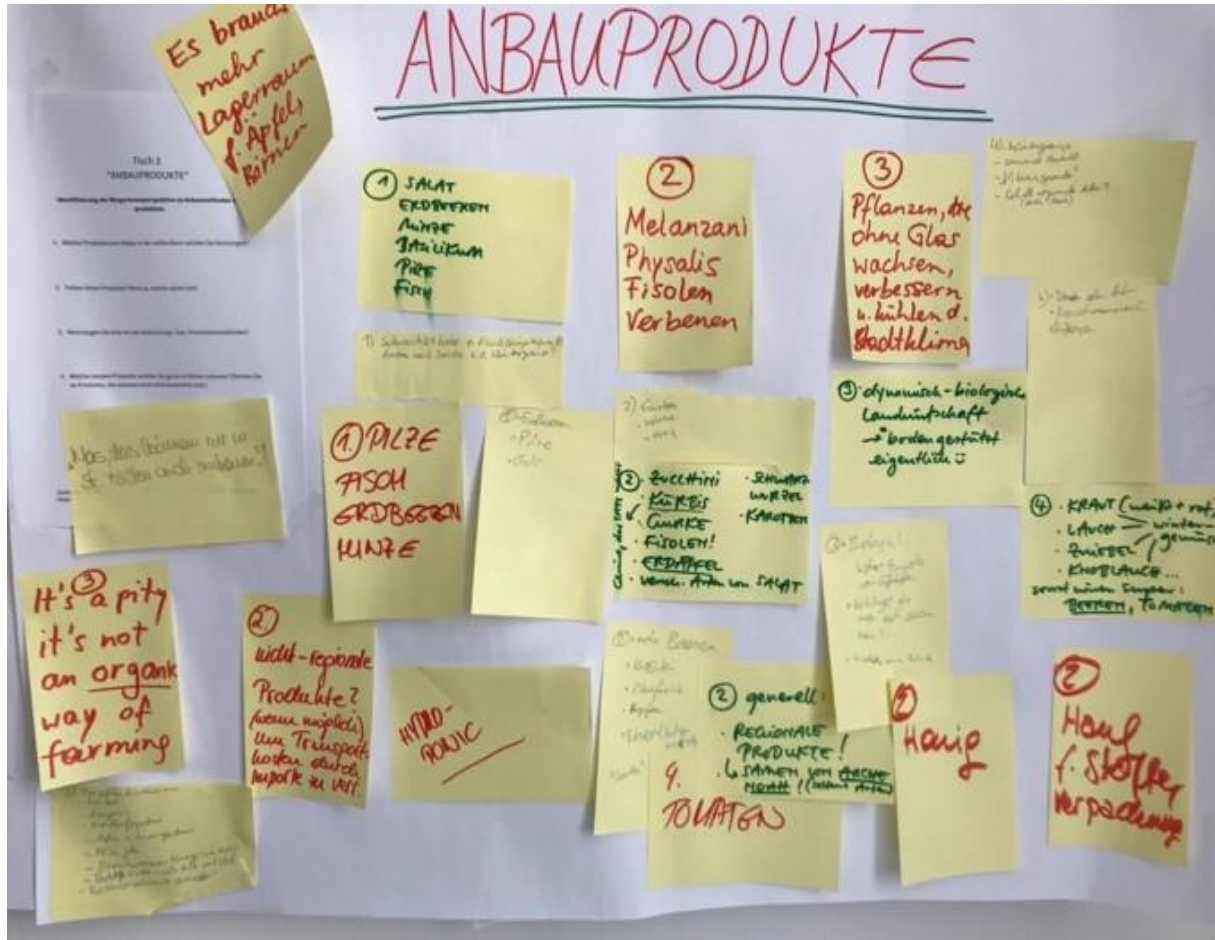


Abbildung 50: Living Lab - Ergebnis der Workshop-Gruppe für mögliche Anbauprodukte



Abbildung 51: Living Lab - Ergebnis der Workshop-Gruppe für integrative Prozesse für die Bevölkerung



Abbildung 52: Living Lab - Ergebnis der Workshop-Gruppe für Kooperationsmöglichkeiten

9.4.2. Workshop-output Polytechnische Schule

Anlehnend an das Living Lab wurden vier Gruppen gebildet mit spezifischen Themenschwerpunkten, an welchen sämtliche Schüler:innen rotierend arbeiteten.

Gruppe 1: Lernen mit der vertikalen Farm und Nutzung

- Wo, Wann & Wie kann die VF in Unterricht und Praxis integriert werden?
- Welche Schulfächer wären passend, um die VF miteinzubeziehen?
- Welche Vorteile können sich für das Lernen durch die VF ergeben?
- Welche Berufe können mit Lebensmittel in Verbindung gebracht werden?

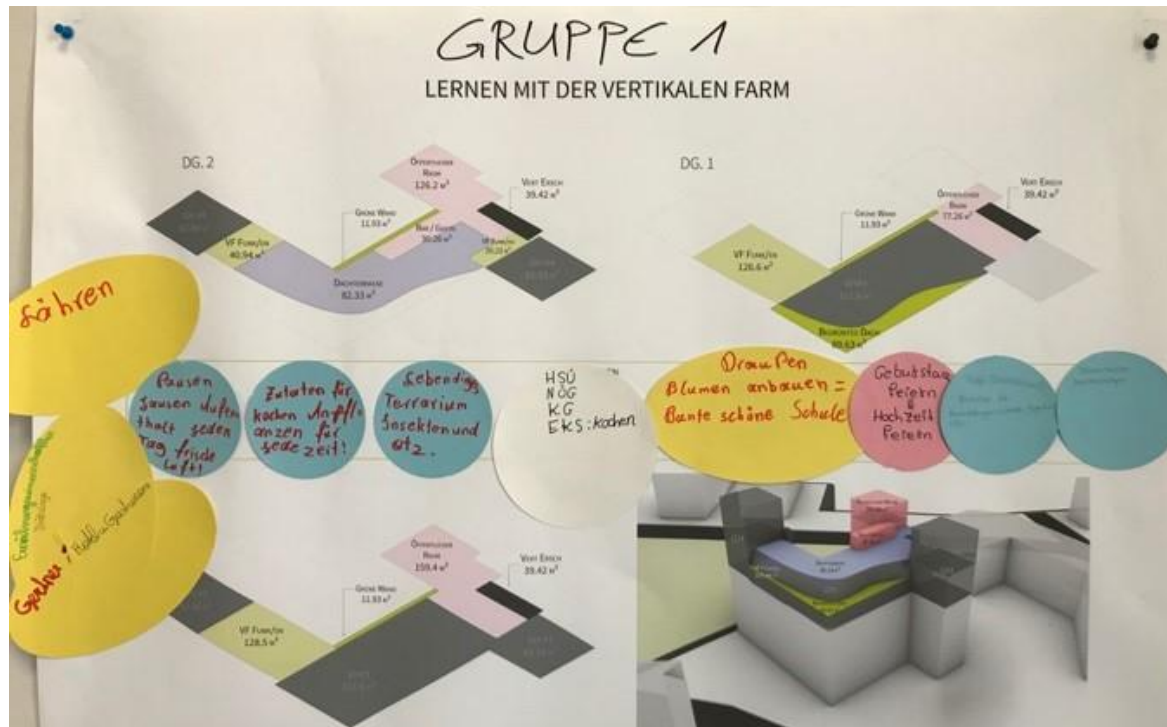


Abbildung 54: Schüler:innen-Workshop Gruppe 1 - Lernen mit der vertikalen Farm

Gruppe 2: Die Nutzung des öffentlichen Bereichs der vertikalen Farm

- Der öffentliche (pinke) Bereich der vertikalen Farm steht für die Öffentlichkeit zur Verfügung. Wie könnte dieser verwendet werden?
- Wie könnte der Außenbereich der vertikalen Farm optimal genutzt werden?
- Welche Freizeitaktivitäten sind sinnvoll?
- Sollen Kunst, Kultur, Ausstellung, Gastronomie etc. auch miteinbezogen werden?



Abbildung 55: Schüler:innen-Workshop Gruppe 2: Nutzung öffentlicher Bereiche

Gruppe 3: Zusammenarbeit

- Wir betrachten die PTS und ihre Umgebung. Wer sind die Nachbarn?
- Mit welchen Unternehmen/ Institutionen könnte es sinnvoll sein, zusammenzuarbeiten?
- Wäre eine Zusammenarbeit mit den Nachbarn sinnvoll?
- Wieso ist Zusammenarbeit wichtig?

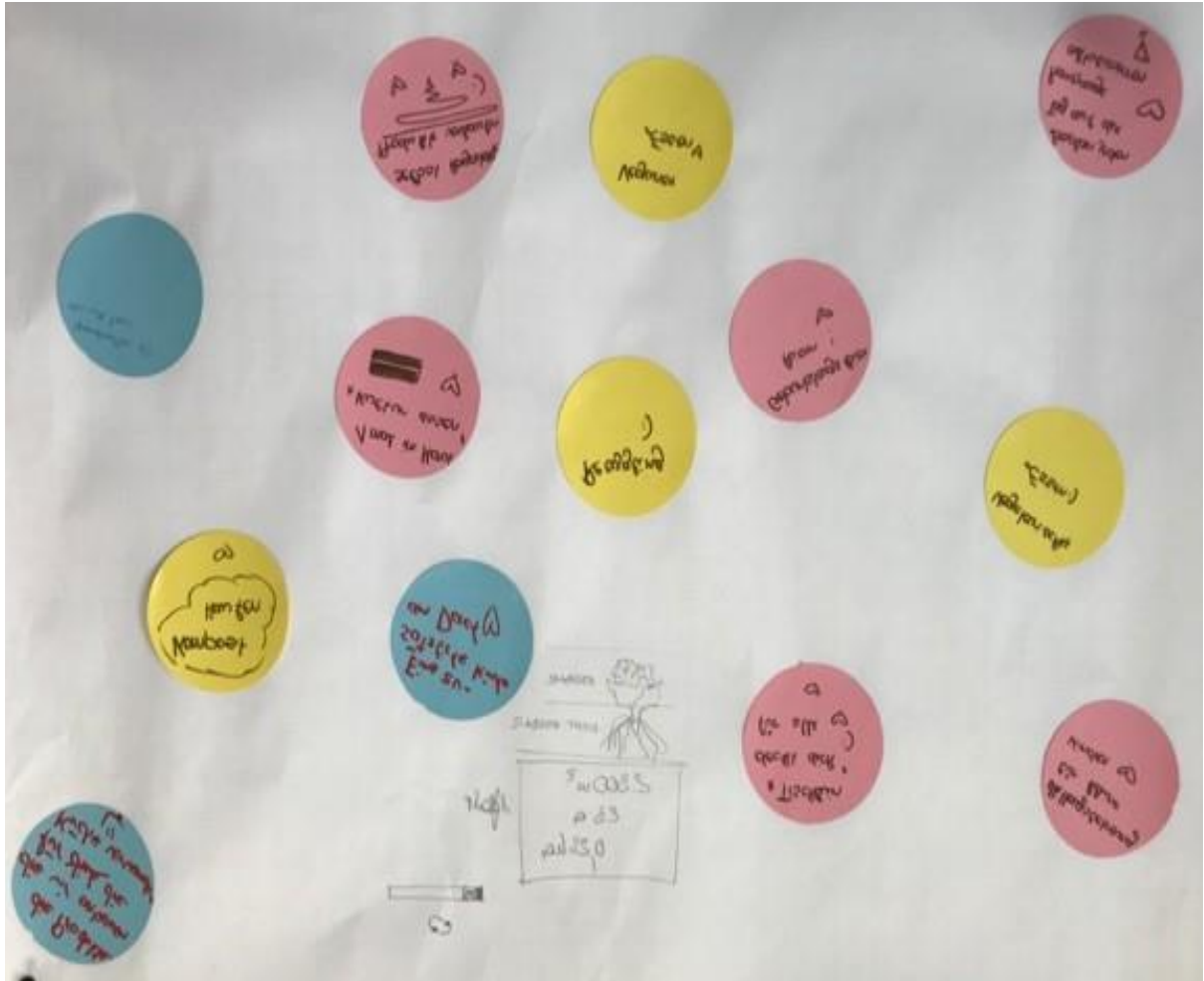


Abbildung 56: Schüler:innen-Workshop Gruppe 3: Zusammenarbeit mit Personen außerhalb des Schulbetriebs

Gruppe 4: Anbauprodukte

- Ein bestehender Katalog zeigt, welche Produkte in der vertikalen Farm angebaut werden könnten. Gibt es weitere Ideen?
- Welche Produkte würden Sie gerne in der "Wolkenfarm" anbauen?
- Fehlen Ihnen Produkte? Wenn ja, welche wären das?
- Gibt es Produkte, die zu bestimmten Jahreszeiten in Österreich nicht zur Verfügung stehen?

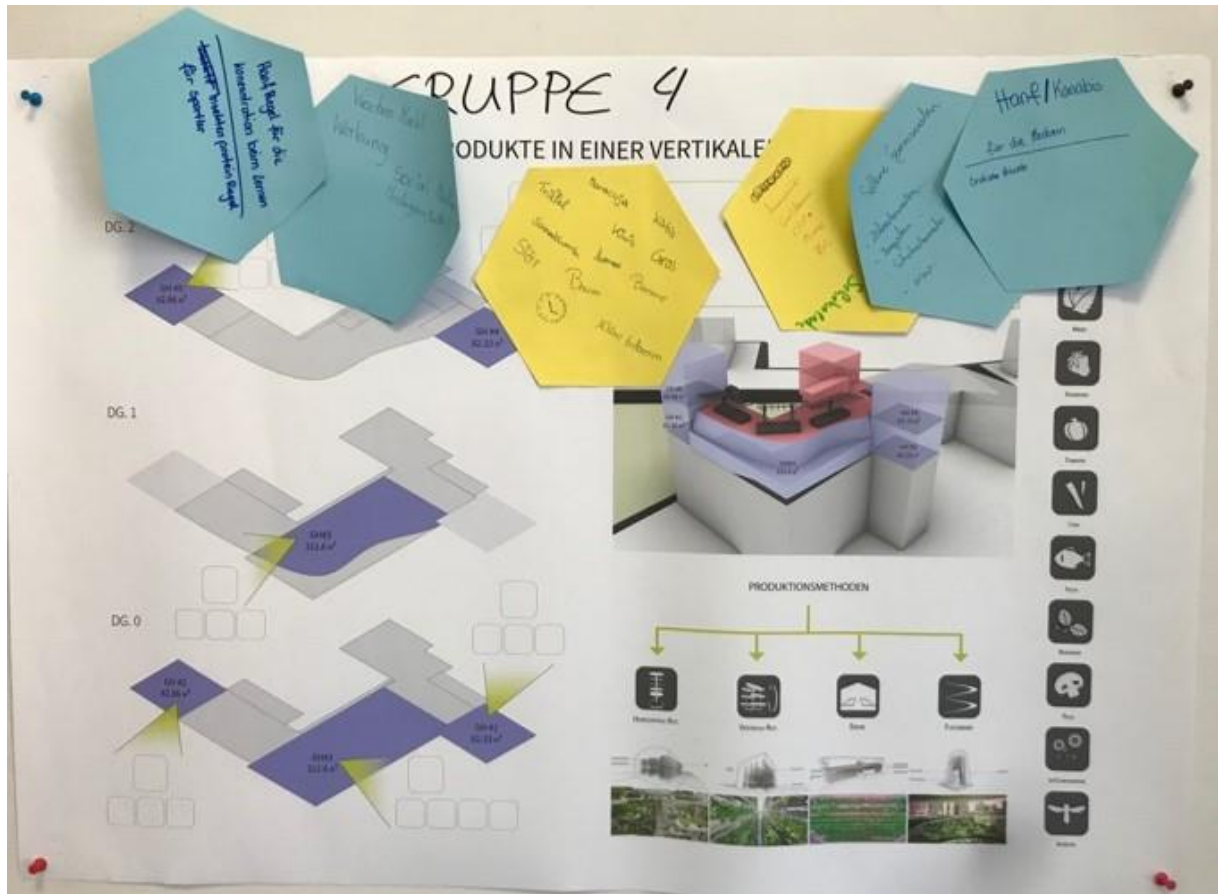


Abbildung 57: Schüler:innen-Workshop Gruppe 4: Anbauprodukte

Am Ende des Workshops wurden die Plakate im Klassenraum aufgehängt und von den Schüler:innen selbständig präsentiert.

9.4.3. Fragebogen der Stakeholder-Befragung

Zielgruppen Befragung

zum Projekt *Wolkenfarm* - auf dem Weg nach Smart Pölten

Das vertical farm institute führt im Rahmen eines Forschungsprojekts der Österreichischen Forschungsförderungsgesellschaft (FFG) in Zusammenarbeit mit der WPU GmbH, Marketing St. Pölten GmbH, Mag. Schneller-Scharau und dem Verband für Bauwerksbegrünung eine schriftliche Befragung in einer dafür ausgewählten Zielgruppe durch.

Ziele des Forschungsprojekts:

- die solide Vorbereitung für die Errichtung einer vertikalen Farm in St. Pölten.
- Die Sondierung drei von der Stadt zur Verfügung gestellten Gebäude auf ihre Adaptierbarkeit als vertikale Farm.
- Energetische Simulationen, Berechnung des Energiebedarfs im Betrieb, Festlegung der Anbau- und Produktionsmethode, die Darstellung der Investitions- und Betriebskosten über den gesamten Lebenszyklus sowie die Entwicklung eines sozioökonomischen Geschäftsmodells.
- Die Ermittlung der Bürger:innen Perspektive.
- Eine Geschäftsplanentwicklung und Effektabschätzung hinsichtlich des Resilienzverhaltens.
- Eine Entscheidung für die Umsetzung einer vertikalen Farm als FFG-Demonstrationsprojekt.

Testobjekt: Polytechnische Schule, Hans-Schickelgruber-Straße 7, St. Pölten

Erkenntnisse: Durch folgende Befragung soll der Standpunkt sowie die Perspektive relevanter Stakeholder und Akteure für das *Wolkenfarm* Projekt ermittelt werden. Diese Befragung ist für das Forschungsprojekt sehr wichtig, da die Integration der Bürger:innen von St. Pölten einen bedeutenden Teil des Projekts einnimmt und dadurch ein allgemeines Stimmungsbild erzeugt werden kann.

Die Auswertung der Befragung wird im Rahmen einer Pressekonferenz und einer Abschlusspräsentation vorgestellt werden. Sollten Sie Interesse an dem Projekt haben, sind Sie auch herzlich eingeladen an der Präsentation der Ergebnisse am 30.10.2018 teilzunehmen. Mehr Informationen dazu, folgen per Mail.

Die folgende Befragung umfasst insgesamt 35 geschlossene und offene Fragen und wird in etwa 10 Minuten Ihrer Zeit beanspruchen. Wir bitten Sie freundlich alle Fragen vollständig und ehrlich zu beantworten.

Datenschutz-Hinweis: Die im Fragebogen gewonnenen Daten werden nach den gesetzlichen Datenschutzbestimmungen erfasst und absolut vertraulich behandelt. Einzeldaten werden nur in statistisch zusammengefasster Form dargestellt. Die Befragung ist anonym!

Vielen herzlichen Dank für Ihren wertvollen Beitrag und Ihre Unterstützung!

Ort, Datum:

Bitte wählen Sie eine Antwort aus.

1.	sehr niedrig	niedrig	durchschnittlich	hoch	sehr hoch
Wie empfinden Sie die Lebensqualität in St. Pölten?					

2.	negativ	eher negativ	stagnierend	eher positiv	positiv
Die Stadt St. Pölten entwickelt sich Ihres Erachtens nach...					

3. Haben Sie Ihren Wohnsitz in St. Pölten?	
☐ ja	☐ nein

4. Sie sind tätig im Bereich...
☐ Landwirtschaft ☐ Verkauf & Handel ☐ Bildung ☐ Gastronomie ☐ Politik ☐ Gesundheit ☐ Wissenschaft ☐ Baugewerbe ☐ Elektronik ☐ Informationstechnologie ☐ Büro, Wirtschaft, Recht, Finanzen ☐ Lebensmittel ☐ Maschinen, KFZ, Metall ☐ Medien, Kunst, Kultur ☐ Umwelt ☐ Verkehr ☐ anderes: _____

Bitte teilen Sie uns Ihre Einschätzungen mit. *Pro Frage ist nur eine Antwortauswahl möglich!*

5. Wieviel Fläche benötigen Sie, als in Österreich lebende Person pro Jahr, um sich mit Lebensmittel zu versorgen?
--

- ☐ 500 m²
- ☐ 1.600 m²
- ☐ 2.300 m²
- ☐ 7.000 m²

6. Wie viel Prozent der Anbaufläche, die Österreich für die Lebensmittelversorgung benötigt, liegt im Ausland?

- ☐ 7%
- ☐ 15%
- ☐ 40%
- ☐ 65%

7. Wie viel Erdöl konsumieren Sie indirekt pro Kopf und pro Tag für die Lebensmittelproduktion?

- ☐ 0,1 Liter Erdöl
- ☐ 0,5 Liter Erdöl
- ☐ 1,5 Liter Erdöl
- ☐ 5,7 Liter Erdöl

8. Wie viele Erdenbewohner sind wir voraussichtlich 2075?

- ☐ 6,5 Mrd.
- ☐ 7,6 Mrd.
- ☐ 9,2 Mrd.
- ☐ 12,4 Mrd.

9. Wieviel zusätzliche Fläche benötigen wir bis dahin in etwa, um die Gesamtbevölkerung auf gleichem Niveau wie heute ernähren zu können?

- ☐ die Fläche Burgenlands (3.961,8 km²)
- ☐ die Fläche Frankreichs (643.801 km²)
- ☐ die Fläche Australiens (7.692.024 km²)
- ☐ die Fläche Nordamerikas (24.930.000 km²)

Innovation in der Lebensmittelproduktion

Vertical Farming beschreibt ein Konzept, welches die landwirtschaftliche Produktion in Ballungsgebieten in Gebäuden ermöglicht. Nachhaltige Landwirtschaft und Ressourcenschonung sowie ganzjähriger Anbau sind die Hauptziele von Vertical Farming. Lebensmittelanbau wird lokal und innerhalb der Gebäude ermöglicht, damit in den urbanen Alltag reintegriert.

Lebensmittel im urbanen Raum anzubauen, ist nicht erst ein Konzept des letzten Jahrzehnts, die ersten vertikalen Anbausysteme wurden bereits in den 1960er Jahren u.a. in Wien und Niederösterreich (Ruthner Türme) errichtet. Einen großen Aufschwung erlangte die *Vertical Farm* jedoch zu Beginn der Jahrtausendwende. Insbesondere Länder, in denen Ackerflächen rar sind wie in Japan, Südkorea und Singapur sind führend auf diesem Gebiet. In Deutschland, Niederlande, USA, China, Schweden und auch in Österreich findet das Konzept Vertical Farming Anklang und ist Gegenstand der Forschung, um Chancen und Herausforderungen zu ermitteln. Unterhalb finden Sie Bilder von diversen Vertikalen Farmen, die weltweit in Betrieb sind:



Abbildung 58: Rendering Vertical Harvest, Wyoming. Courtesy of Vertical Harvest



Abbildung 59: Indoor farm, Berlin. Courtesy of Infarm Berlin

Auch in Österreich gibt es bereits Pläne und Konzepte, vertikale Farmen zu entwickeln, wie in der Tabakfabrik in Linz, Oberösterreich:



Abbildung 60: Städtebauliches Konzept Tabakfabrik Linz. Rendering vfi



Abbildung 61: Pixel, Tabakfabrik Linz. Rendering vfi

Anschließend beantworten Sie uns bitte folgende Fragen.

10. Kannten Sie das Konzept von Vertical Farming bereits davor?

☐ ja

☐ nein

11. Könnten Sie uns das Konzept von Vertical Farming kurz in eigenen Worten beschreiben?

.....

.....

.....

.....

.....

12.	kein Interesse	geringes Interesse	mittleres Interesse	großes Interesse	sehr großes Interesse
Wie stark ist Ihr					

Interesse an urbaner Lebensmittelproduktion?					
--	--	--	--	--	--

13. Welche Möglichkeiten und Potenziale bringt urbane Lebensmittelproduktion und Vertical Farming Ihres Erachtens mit sich?

.....

.....

.....

.....

.....

14. Welche Herausforderungen bringt urbane Lebensmittelproduktion und Vertical Farming Ihres Erachtens mit sich?

.....

.....

.....

Folgende Fragen beziehen sich auf Ihre individuelle Alltagsperspektive und Ihr Konsumverhalten. Die Auswahl mehrere Antworten ist möglich!

15. Wo kaufen Sie hauptsächlich Ihr Gemüse, Ihren Salat oder Ihre frischen Kräuter?

- ☐ Ich kaufe nicht ein
- ☐ Billa
- ☐ Merkur
- ☐ Spar - Interspar - Eurospar
- ☐ Hofer, Lidl
- ☐ Wochenmarkt
- ☐ Penny
- ☐ ADEG
- ☐ Nah & Frisch
- ☐ Ab-Hof Verkauf

- ☐ Online
- ☐ anderes: _____

16. Welche Faktoren beeinflussen Sie bei der Kaufentscheidung?

- ☐ regionale Produkte
- ☐ biologisch mit Zertifikat
- ☐ Preis
- ☐ Verhältnis Preis / Qualität
- ☐ im Angebot
- ☐ saisonale Produkte
- ☐ aus der Werbung
- ☐ Frische
- ☐ Geruch
- ☐ Aussehen
- ☐ Inhaltsstoffe
- ☐ Zertifikate
- ☐ anderes: _____

17. Wie viel Geld geben Sie durchschnittlich pro Monat für Lebensmittel aus?

- ☐ ich kaufe keine Lebensmittel
- ☐ weniger als 100€
- ☐ 100€ - 150€
- ☐ 150€ - 200€
- ☐ 200€ - 250€
- ☐ 250€ - 300€
- ☐ 300€ - 350€
- ☐ mehr als 350€

18. Sind Sie...?

- ☐ VegetarierIn
- ☐ VeganerIn
- ☐ OmnivorIn
- ☐ FrutarierIn
- ☐ FlexitarierIn
- ☐ anderes: _____

19. Welche/s Produkt/e würden Sie zum Anbau in einer Vertikalen Farm wählen?

- ☐ Lollo Rosso (rotblättriger Salat)
- ☐ Tomaten
- ☐ Erdbeeren
- ☐ Chilis
- ☐ Minze
- ☐ Basilikum
- ☐ Austernpilze
- ☐ Fisch
- ☐ Insekten
- ☐ Vogelsalat
- ☐ Babyleaf
- ☐ Speisechrysantheme (essbare Blüten)
- ☐ Pak Choi (Chinesischer Blätterkohl)
- ☐ Endivie
- ☐ Insekten
- ☐ Pharmazeutische Pflanzen
- ☐ keines der angeführten Produkte.

20. Ihr Interesse am Projekt Wolkenfarm ist am ehesten ...?

- ☐ geschäftlich
- ☐ privat
- ☐ politisch
- ☐ zivilgesellschaftlich
- ☐ zur Weiterbildung
- ☐ gesundheitlich
- ☐ ökologisch
- ☐ kein Interesse
- ☐ anderes Interesse: _____

Die vertikale Farm bedeutet auch Dreh- und Angelpunkt für verschiedenste Berufsgruppen. Könnten Sie sich eine Art von Interaktion vorstellen?

21. Hinsichtlich der Realisierung, welche Anknüpfungspunkte finde Sie zu dem Projekt Wolkenfarm?

- ☐ private
- ☐ geschäftliche
- ☐ berufliche
- ☐ politische
- ☐ nachhaltigkeitsrelevante
- ☐ Ich finde keine Anknüpfungspunkte.
- ☐ andere Anknüpfungspunkte: _____

22. Eine aktive Beteiligung bei der Wolkenfarm könnte ich mir vorstellen?

- ☐ geschäftliche Kooperation
- ☐ private Partizipation
- ☐ als Betreiber
- ☐ Mithilfe im laufenden Betrieb (z.B. Führungen, PR-Arbeit etc.)
- ☐ Mitbenutzung des öffentlichen Bereichs
- ☐ andere Art der Zusammenarbeit
- ☐ Ich kann mir keine Beteiligung vorstellen
- ☐ andere Art der Beteiligung: _____

Bitte geben Sie an, in welchem Ausmaß Sie folgenden Aussagen zustimmen.

23.	ich stimme gar nicht zu				ich stimme völlig zu
	1	2	3	4	5
<i>“Vertical Farming ist ein zukunftsfähiges Geschäftsfeld.”</i>					

24.	ich stimme gar nicht zu				ich stimme völlig zu
	1	2	3	4	5
<i>“Produkte der vertikalen Farm in St. Pölten würde ich käufllich erwerben.”</i>					

25. Fehlen Ihnen Informationen zu dem Projekt? Wenn ja, welche wären das?

- ☐ nein
- ☐ ja.....
-

Ein Teil der vertikalen Farm wird der Öffentlichkeit zur Verfügung gestellt und kann im Planungsprozess von den Bürger:innen mitgestaltet werden. **Bitte teilen Sie uns Ihre Vorstellungen zu den öffentlichen Räumlichkeiten mit!**

26. Bitte wählen Sie für welche/n Zweck/e Sie diesen öffentlichen Raum nutzen würden.

- Besprechungen, Meetings
- Workshop, Living Lab Space
- Freizeit, Entspannung, Afterwork Drinks
- Mittagspause & Gastronomie
- Ausstellungsraum
- sozialer Treffpunkt
- anderes: _____

	Kann ich mir gar nicht vorstellen				Kann ich mir sehr gut vorstellen
27.	1	2	3	4	5
Könnten Sie sich vorstellen den öffentlichen Raum der vertikalen Farm zu nutzen?					

Bitte geben Sie an in welchem Ausmaß Sie folgender Aussage zustimmen?

	ich stimme gar nicht zu				ich stimme völlig zu
28.	1	2	3	4	5
<i>“Die vertikale Farm würde einen gesellschaftlichen Mehrwert für die Bevölkerung in St. Pölten darstellen?”</i>					

29. Fehlt es an speziellen Angeboten oder Infrastrukturen in direkter Umgebung?

- nein
- ja, welche?
-
-

Zuletzt möchten wir Ihnen noch ein paar Fragen zu Ihrer Person stellen.

30. Sie sind ... ?

- ☐ männlich
- ☐ weiblich
- ☐ Andere

31. Wie alt sind Sie?

_____ Jahre alt.

32. Welchen Bildungsabschluss haben Sie?

- ☐ Pflichtschule
- ☐ Fachschule, Lehre
- ☐ Matura
- ☐ Meisterprüfung
- ☐ Kolleg
- ☐ Magister, Diplomprüfung
- ☐ Bachelor
- ☐ Master
- ☐ Doktorat, PhD

33. Ihre Tätigkeiten in St. Pölten sind ?

- ☐ beruflich
- ☐ privat
- ☐ beides (beruflich & privat)
- ☐ ich bin in Pension
- ☐ ich bin in Karenz
- ☐ in Ausbildung
- ☐ keine Beschäftigung

34. Sie sind beruflich tätig...?

- ☐ innerhalb eines Einzelunternehmens
- ☐ innerhalb eines Klein- oder Mittelunternehmens
- ☐ innerhalb eines Großunternehmens
- ☐ Selbstständig
- ☐ SchülerIn
- ☐ StudentIn
- ☐ im Moment nicht beruflich tätig
- ☐ nicht beruflich tätig

35. Möchten Sie die Resultate dieser Befragung zugesendet bekommen?

☐ nein

☐ ja, E-Mail Adresse: _____

36. Zur Präsentation der Resultate zur Wolkenfarm, laden wir Sie gerne zu einer Konferenz am 30. Oktober 2018 ab 17:30 Uhr ein. Möchten Sie mehr Informationen dazu erhalten?

☐ nein

☐ ja, E-Mail Adresse: _____

9.5. Auswertungen Kommunikation

9.5.1. Webseite

Die standardisierte Befragung diente als Mittel zur Identifikation der Bürger:innen-Perspektive. Jeweils ein gesonderter Befragungstermin wurde mit den aktivierten Stakeholdern vereinbart und in St. Pölten vor Ort durchgeführt. Eingangs wurde den Befragten das Projekt vorgestellt und individuelle Fragen zum Projekt beantwortet. Der Fragebogen mit insgesamt 35 Fragen wurde im Anschluss von den Stakeholdern eigenständig befüllt. Der allgemeine Teil des Fragebogens diente zur Wissensvermittlung zur Bedeutung von *Vertical Farming* und skizzierte die historische Entwicklung sowie einige internationale Beispiele vertikaler Farmen bzw. High-Tech-Gewächshäusern sowie *Plant-Factories*. Der individuelle Teil des Fragebogens zielte darauf ab, Antworten der Befragten zu deren persönlicher Perspektive auf *Vertical Farming* zur Umsetzung der Wolkenfarm in St. Pölten zu erhalten.

Von den insgesamt 27 befragten Stakeholdern waren 12 Personen männlich und 15 Personen weiblich. Der größte Teil der befragten Personen (71%) geht einer beruflichen Tätigkeit in St. Pölten nach, davon sind die meisten (35%) in einem Klein- oder Mittelunternehmen beschäftigt, siehe Abbildung 62. Ein großer Teil (39%) der befragten Personen ist im Bildungssektor tätig. Das ist darauf zurückzuführen, dass Schüler:innen, Lehrer:innen sowie Elternvertreter:innen als wichtige Stakeholder identifiziert wurden, siehe Abbildung 63. Insgesamt sind die Tätigkeitsbereiche der unterschiedlichen Stakeholder sehr durchmischt und weisen auf eine heterogene Gruppe hin.

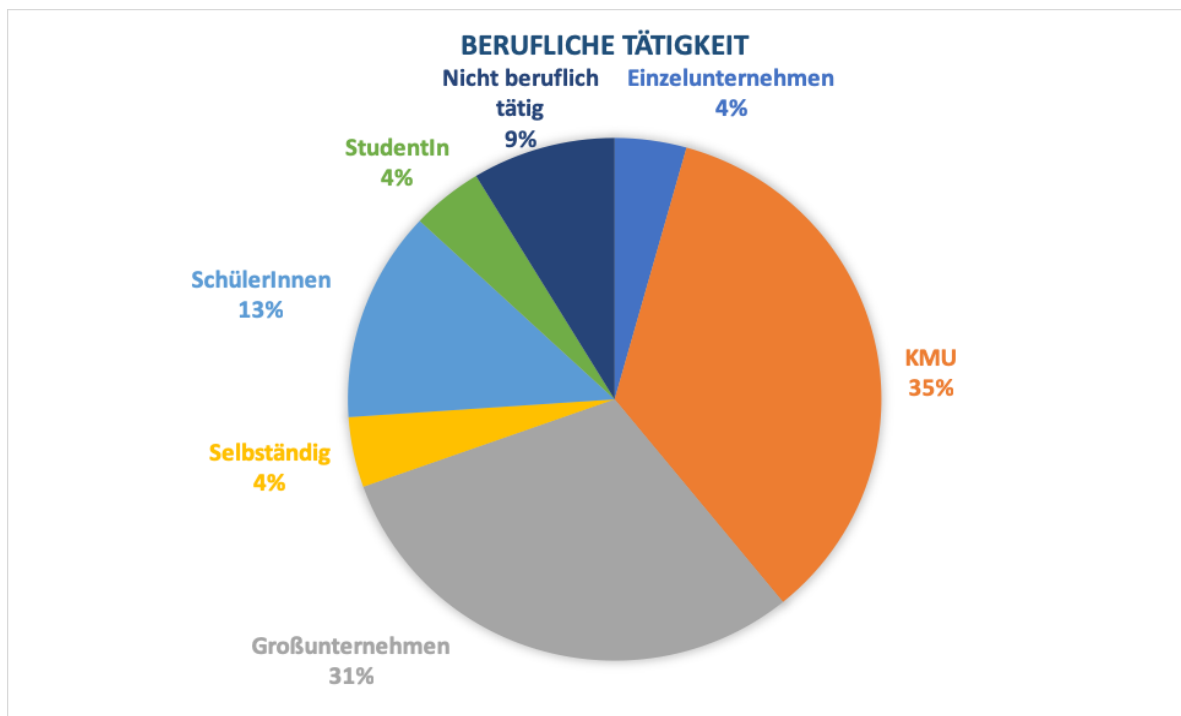


Abbildung 62: Stakeholder-Befragung - Demographische Erhebung: Berufliche Tätigkeitsbereiche

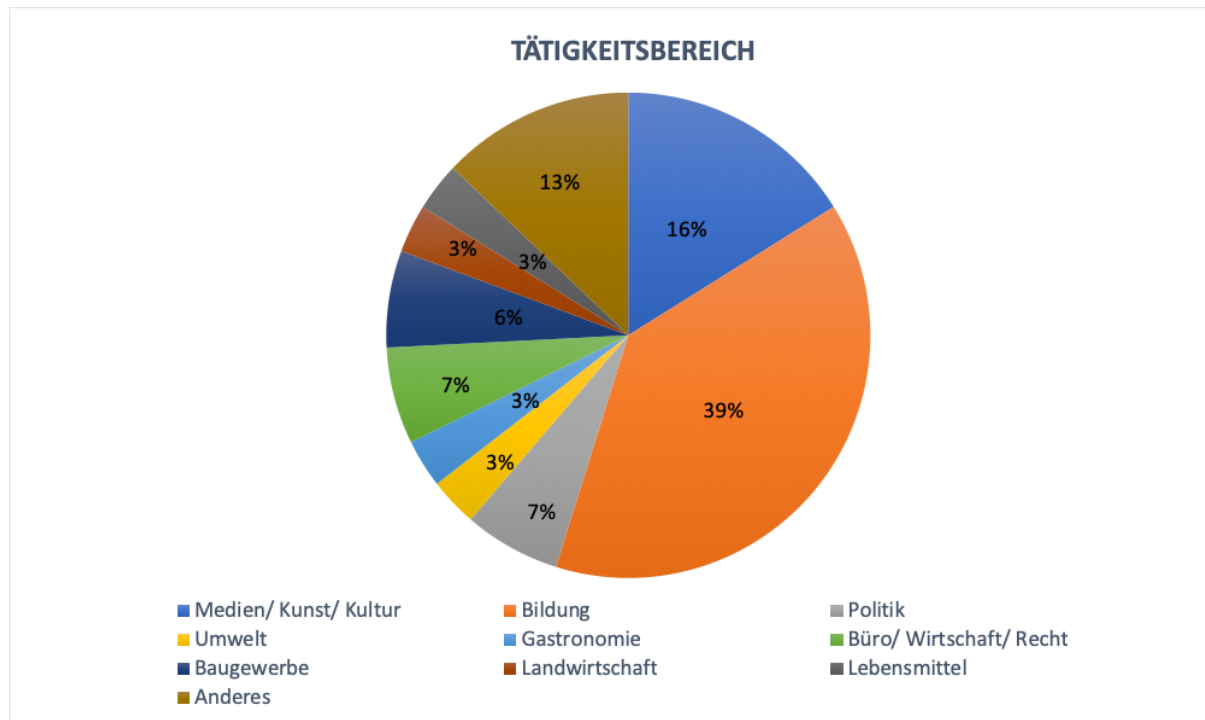


Abbildung 63: Stakeholder-Befragung - Demographische Erhebung: Berufsfelder

Die Ergebnisse der Stakeholder-Befragung zeigen, dass bezüglich der Absicht, die Produktpalette von Lebensmitteln über die Befragung zu erweitern, folgende Tendenzen erhoben werden konnten:

- Faktoren wie Frische, Aussehen, regionale, saisonale und biologisch zertifizierte Produkte bestimmen die Kaufentscheidung. Das Interesse am Projekt Wolkenfarm hat bei 32% der befragten Personen einen ökologischen Hintergrund. Mit den vorliegenden Ergebnissen kann darauf geschlossen werden, dass das Einkaufsbewusstsein der Befragten relativ ausgeprägt ist und das Wolkenfarm-Gemüse weitgehend Anklang findet.
- Kulturell bedingt herrscht die Abneigung von essbaren Insekten vor.⁶²
- Prinzipiell ist hervorzuheben, dass die Bereitschaft, Lebensmittel aus der Wolkenfarm zu erwerben, hoch ist. Die Zustimmung zu den Produkten liegt bei fast allen entweder im mittleren oder oberen Bereich.
- Geschäftsperspektive: Es wurde zudem erhoben, inwiefern eine aktive Beteiligung bei der Umsetzung bzw. den Betrieb der Wolkenfarm vorstellbar wäre. Die befragten Personen sehen vor allem private als auch nachhaltigkeitsrelevante Anknüpfungspunkte zum Projekt. Damit wird deutlich, dass sich ein Großteil der Stakeholder selbst als wesentliche Akteure für die Wolkenfarm vorstellen kann.

Bei den Fragen bezüglich des Interesses zur aktiven Nutzung der öffentlichen bzw. halböffentlichen Bereiche der Wolkenfarm kam die Befragung zu folgendem Schluss:

⁶² Nach einer Repräsentativbefragung des deutschen Bundesinstituts für Risikobewertung akzeptieren die meisten Deutschen Insekten zwar als Futtermittel, sind beim eigenen Verzehr aber noch eher zögerlich (BfR 2016).

- Es zeigt sich deutlich, dass bei einem Großteil der befragten Stakeholder große Bereitschaft für die Nutzung dieser Räume abzuzeichnen ist. Von fast einem Drittel wurde die Kategorie „Freizeit/ Entspannung/ After-Work“ als Nutzungsmöglichkeit gewählt.
- 22% würden diesen Bereich für ihre Mittagspause und ein gastronomisches Angebot nutzen.
- Die Frage, inwiefern eine vertikale Farm und die dazugehörige öffentliche bzw. halböffentlichen Räume einen gesellschaftlichen Mehrwert für die Bevölkerung von St. Pölten darstellen, zeigte die Befragung eine eindeutige Zustimmung.

Mit der Auswertung der 27 Befragungen, den direkten Gesprächen mit Bürger:innen über Workshops und dem Living Lab konnte ein erstes Stimmungsbild erzeugt werden. Im Bewusstsein, dass die Aussagekraft aufgrund der relativ geringen Anzahl von Befragten nicht repräsentativ ist, können doch Tendenzen abgeleitet werden, welche in den nächsten Entwicklungs- und Planungsschritten aufgenommen werden konnten. Als nächste Schritte, etwa im einem aufbauenden Folgeprojekt, wird empfohlen, eine größere Reichweite anzustreben, um neben der Bereitstellung von Informationen bezüglich Potentialen der Ganzjahreslebensmittelproduktion und dem möglichen Produktkatalog auch Marktforschung gemeinsam mit dem Handel durchführen zu können.

Nachfolgend werden die Ergebnisse der Befragung hinsichtlich des Einkaufsbewusstseins der befragten Personen dargestellt. Gefragt wurde, inwieweit Produkte einer vertikalen Farm attraktiv für den täglichen Konsum sind. Ein großer Teil der Befragten heben Faktoren wie Frische, Aussehen, regionale, saisonale und biologisch zertifizierte Produkte für die Kaufentscheidung hervor. Das Interesse an dem Projekt Wolkenfarm hat bei 32% der befragten Personen einen ökologischen Hintergrund.



Abbildung 64: Stakeholder-Befragung - Einflussfaktoren für die Kaufentscheidung

"IHR INTERESSE AN DER WOLKENFARM IST AM EHESTEN...?"

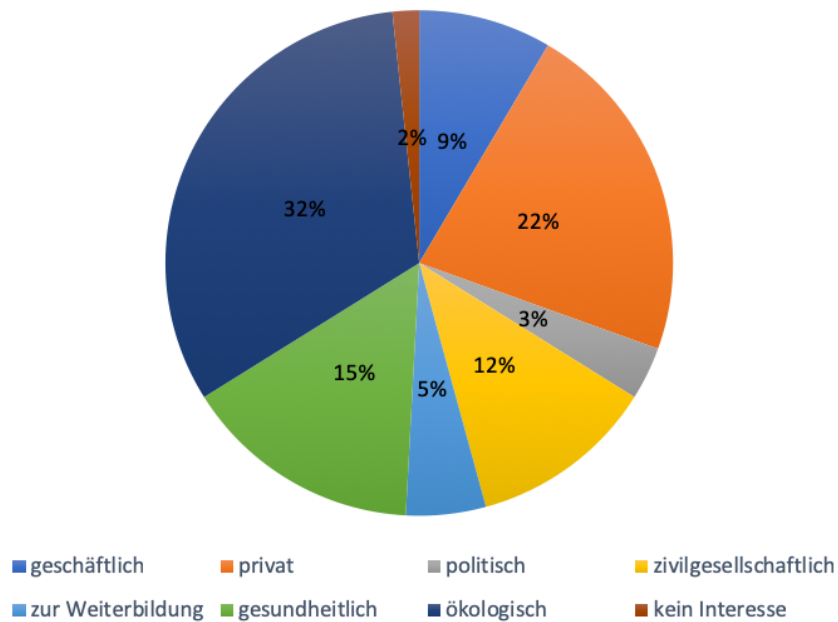


Abbildung 65: Stakeholder-Befragung - Hauptinteresse am Projekt Wolkenfarm

"WELCHE PRODUKTE WÜRDEN SIE ZUM ANBAU IN EINER VERTIKALEN FARM BEVORZUGEN?"

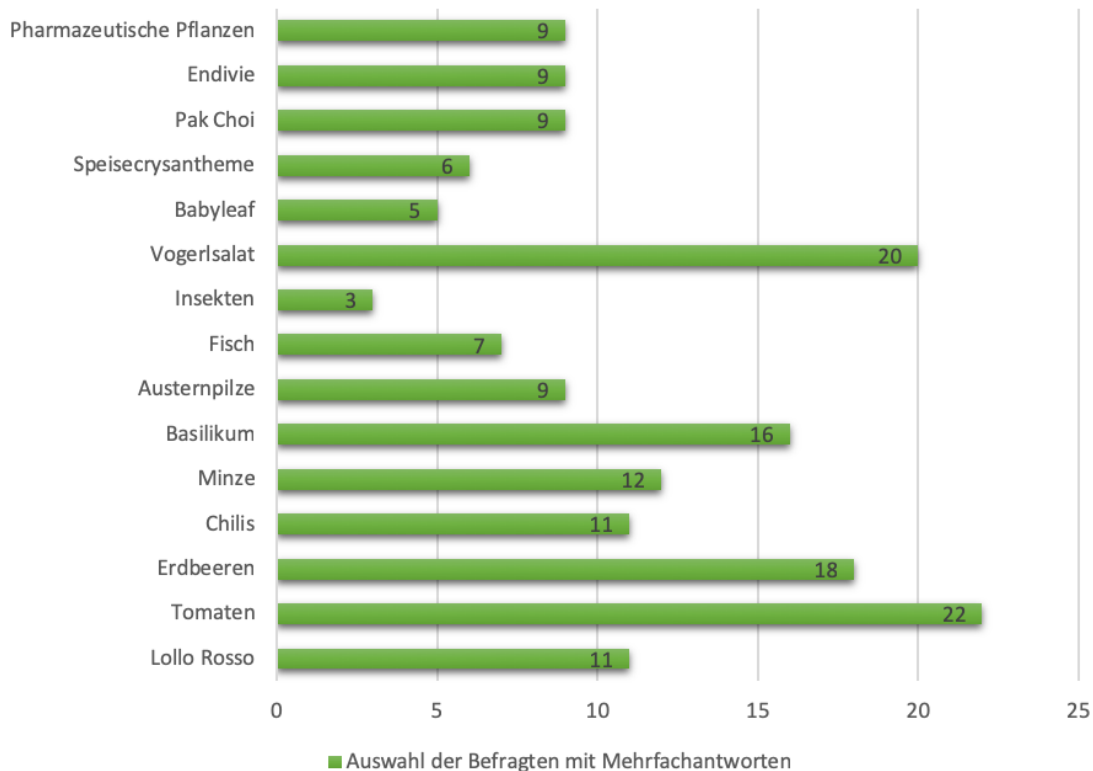


Abbildung 66: Stakeholder-Befragung – bevorzugte Produkte

Die Abbildung 66 stellt präferierte Produkte dar. Das folgende Diagramm stellt die Akzeptanz von Produkten dar, welche in geschlossenen Systemen wie einer vertikalen Farm produziert werden.

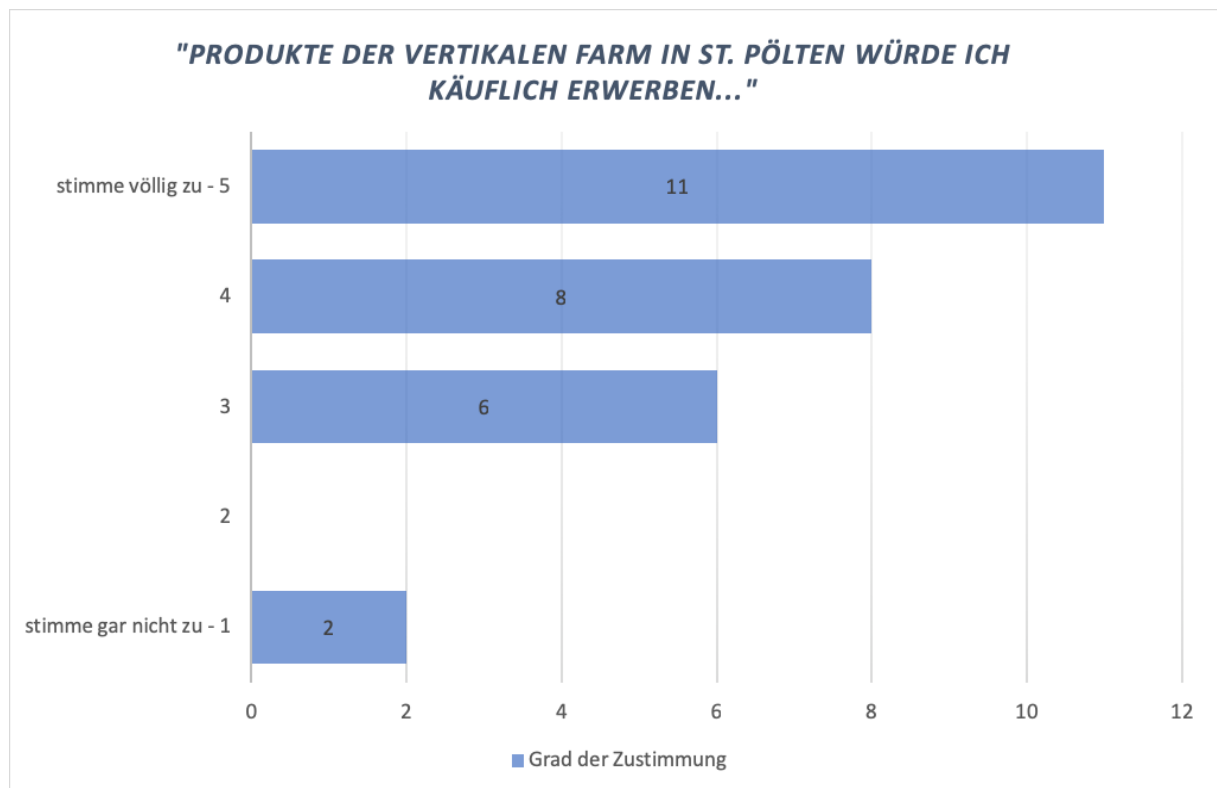


Abbildung 67: Stakeholder-Befragung - Individuelle Akzeptanz von Produkten aus geschlossenen Systemen

Im folgenden Teil werden die Ergebnisse der Befragung zu der individuellen Geschäftsperspektive präsentiert. Die Befragten wurden direkt gefragt, inwiefern eine aktive Beteiligung in der Umsetzung der Wolkenfarm vorstellbar wäre und wie die Vertical Farm als Geschäftsfeld betrachtet wird.

"WELCHE ANKNÜPFUNGSPUNKTE FINDEN SIE ZUR WOLKENFARM?"

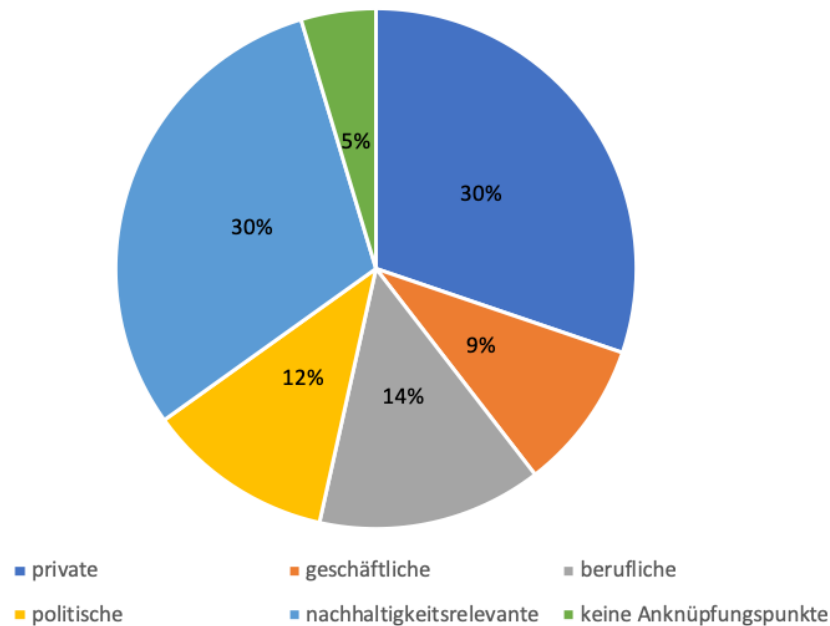


Abbildung 68: Stakeholder-Befragung - Individuelle Anknüpfungspunkte zur ‚Wolkenfarm‘

Bei der Frage nach einer potenziellen aktiven Beteiligung war die Zustimmung zurückhaltend. 40% der Befragten können sich keinerlei Beteiligung am Projekt vorstellen. Der Großteil, für den eine Beteiligung denkbar wäre, würde das in Form der Mitbenutzung des öffentlichen Bereichs tun (21%). Je 15% würden sich entweder privat oder geschäftlich an der Wolkenfarm beteiligen.

"EINE AKTIVE BETEILIGUNG KÖNNTE ICH MIR VORSTELLEN..."

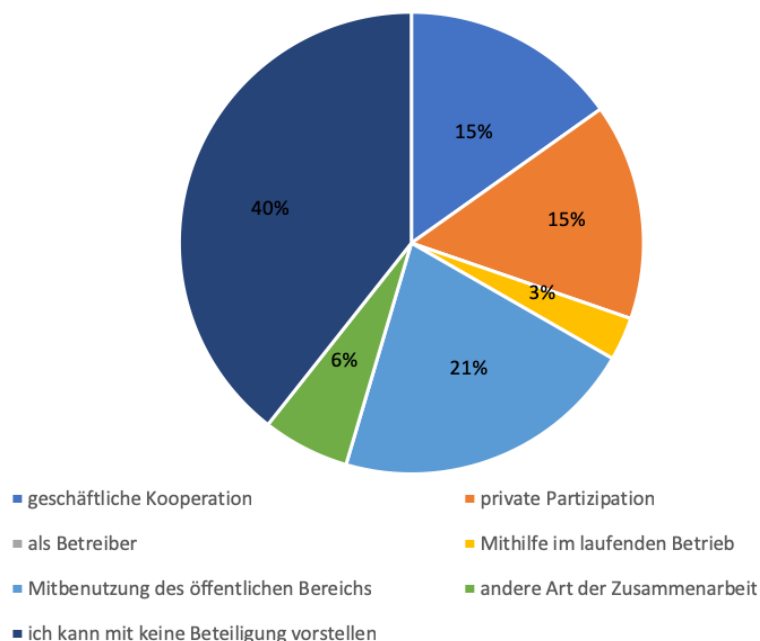


Abbildung 69: Stakeholder-Befragung - "Eine aktive Beteiligung bei der ‚Wolkenfarm‘ könnte ich mir vorstellen."

Antworten auf die Frage, inwieweit *Vertical Farming* das Potential eines zukunftsfähigen Geschäftsfelds beigemessen wird, werden im folgenden Diagramm dargestellt.

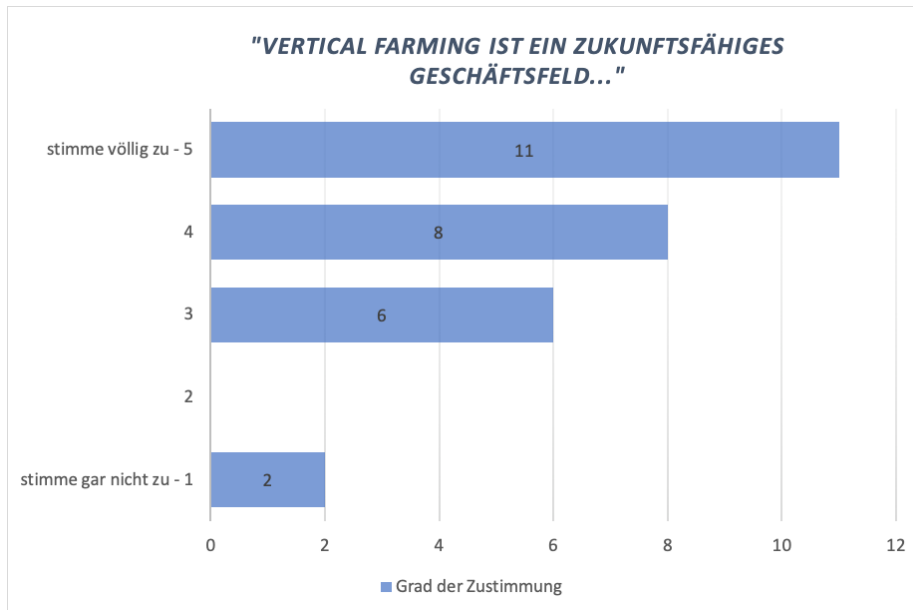


Abbildung 70: Stakeholder-Befragung - „Vertical Farming ist ein zukunftsfähiges Geschäftsfeld...“

Der letzte Teil der Befragung bezieht sich auf die Bevölkerungsperspektive zur aktiven Nutzung der Wolkenfarm. Der Fragebogen bezieht sich hierbei primär auf die in der Planung berücksichtigten, potenziellen öffentlichen Bereiche der Wolkenfarm und die damit verbundenen Perspektiven bzw. individuellen Wünsche.

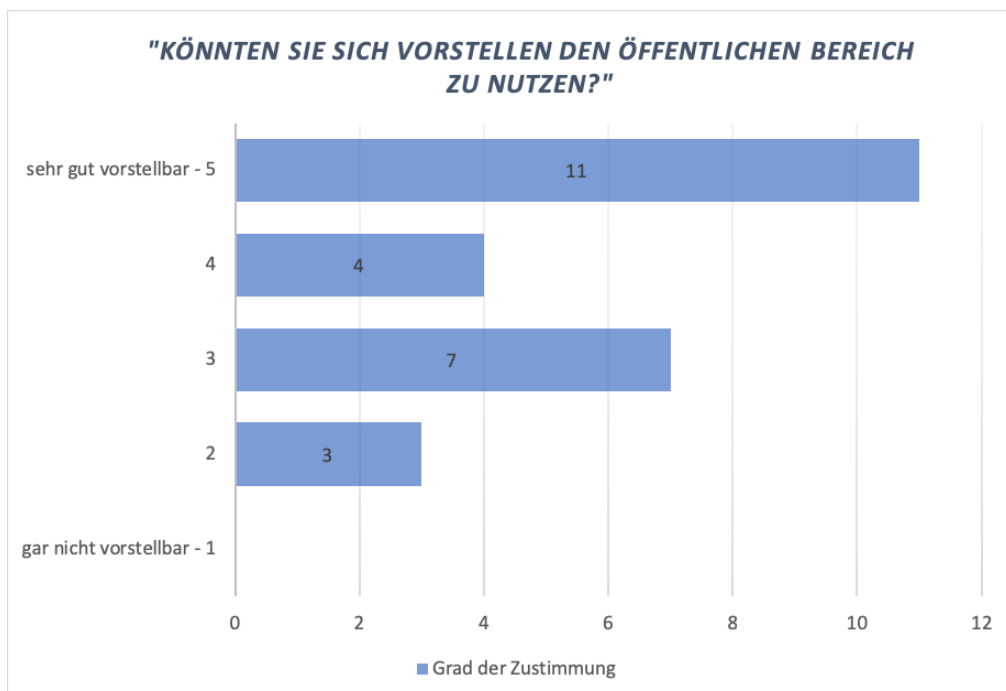


Abbildung 71: Stakeholder-Befragung - Nutzungsbereitschaft zusätzlicher öffentlicher Bereiche

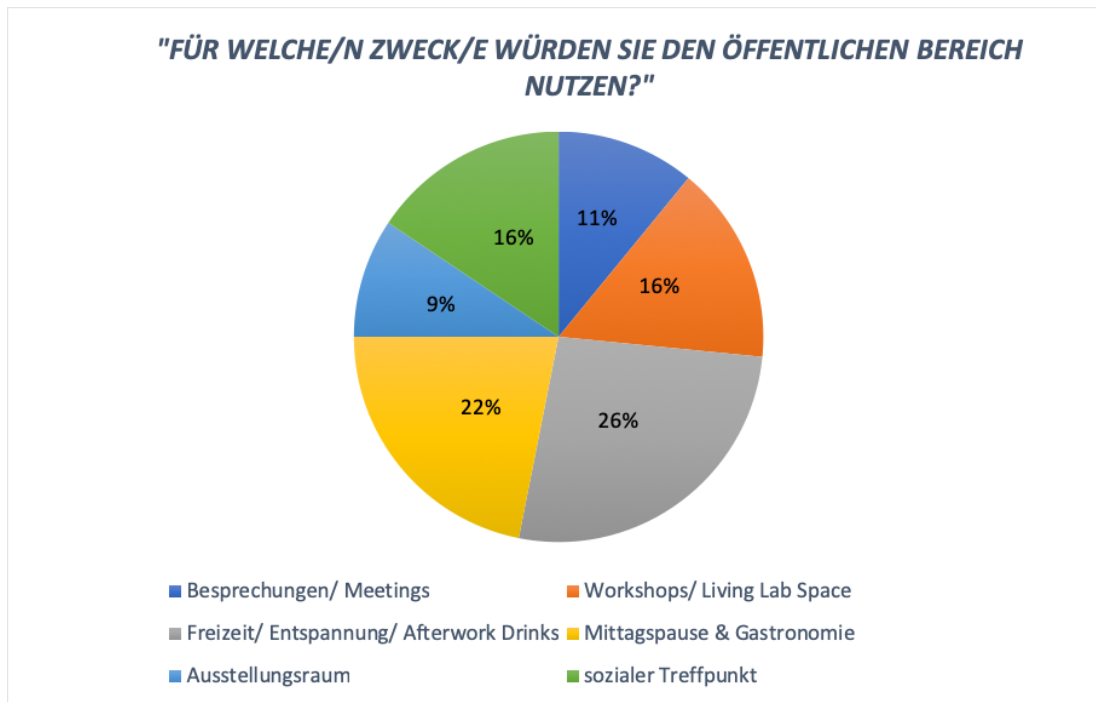


Abbildung 72: Stakeholder-Befragung - Potentielle Nutzungsanforderungen

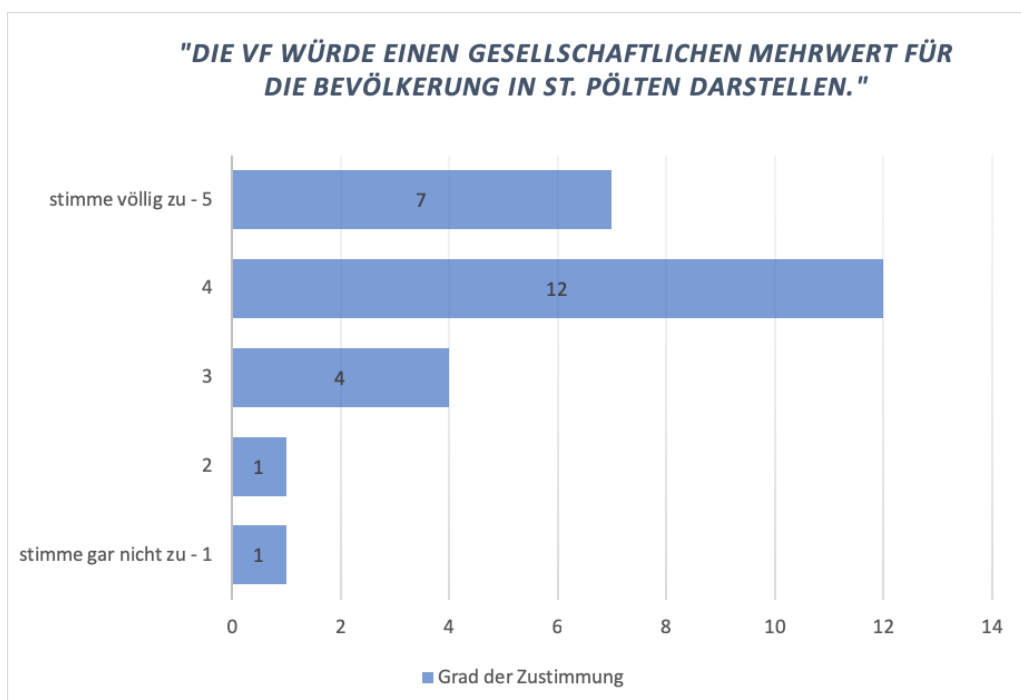


Abbildung 73: Stakeholder-Befragung - Öffentlicher Mehrwert durch Vertical Farming

Dieser Teil der Befragung zeigt deutlich, dass ein Großteil der Befragten den öffentlichen Bereich innerhalb der Wolkenfarm nutzen würden. Von fast einem Drittel wurde die Kategorie „Freizeit/ Entspannung/ After-Work Drinks“ als Nutzungsmöglichkeit gewählt. 22% würden diesen Bereich für ihre Mittagspause und Gastronomie nutzen.

9.6. Pressemitteilung

Wolkenfarm - auf dem Weg nach Smart Pölsen



Abbildung 74: Rendering © 2018 vfi - Konzeptrendering wolkenfarm

Das Sondierungsprojekt “Wolkenfarm”, von der Österreichischen Forschungsförderungsgesellschaft (FFG) unterstützt, befindet sich bereits in seinen letzten Zügen. Über ein Jahr lang wurde von mehreren Projektpartnern die Möglichkeit der Integration einer vertikalen Farm in ein Bestandsgebäude in St. Pölten untersucht. Nachhaltige Landwirtschaft und Ressourcenschonung sowie ganzjähriger Anbau sind dabei die Hauptziele. Für das konkrete Projekt wurden der Energiebedarf und Betriebs- und Investitionskosten ermittelt und Anbau- und Produktionsmethoden festgelegt. Aufbauend darauf wurde ein sozioökonomisches Geschäftsmodell für die Errichtung der vertikalen Farm erstellt. Im Rahmen einer Abschlusskonferenz mit St. Pöltens Bürgermeister Matthias Stadler werden Ende Oktober die Forschungsergebnisse des Projekts vorgestellt.

www.Wolkenfarm.org | www.facebook.com/Wolkenfarm | www.verticalfarminstitute.org

Smart City St. Pölten und die lokale Produktion von Gemüse und Kräutern

Die Stadt St. Pölten verfolgt konsequent ihr ambitioniertes Ziel bis 2020 “Fittest City of Austria” zu werden. Dabei werden Konzepte für die Bereiche der Stadtplanung und Stadtentwicklung, für Landschaft und Grünflächen und für Bildung erarbeitet und in ersten Schritten auch durchgeführt. Maximale Lebensqualität bei minimalem Ressourcenverbrauch ist das erklärte Ziel der Stadt. Die Vision “Fittest City of Austria” wird begleitet von einem Smart City Konzept und zielt auf die Entwicklung zur resilienten Stadt ab. Resilienz beschreibt in diesem Zusammenhang eine Strategie, um den zukünftigen Herausforderungen als Stadt gewachsen zu sein. Vertical Farming liefert dafür die optimale Verknüpfung von lokaler Lebensmittelproduktion, Lebensqualität für die Bürger:innen, Minimierung des Ressourcenverbrauchs sowie innovative Begrünung.

Vertical Farming: ein Konzept, das in Österreich Geschichte schrieb

Vertical Farming ist die Erzeugung von Lebensmittel im Inneren des Gebäudes, in dem Pflanzen in die Vertikale übereinander gestapelt angebaut werden können. Dank dieser Form der Kultivierung wird eine Menge Platz gespart und es müssen keine zusätzlichen Flächen für den Anbau versiegelt werden. Transparente Gebäudehüllen, welche das natürliche Tageslicht optimal nutzen, können mit weniger Energieverbrauch operieren. Neue Bewässerungssysteme und Beleuchtungsmethoden ermöglichen die Lebensmittelproduktion unabhängig der Witterung und erlauben eine ganzjährige Produktion. Zukünftigen Entwicklungen wie das Bevölkerungswachstum und der damit erhöhte Ressourcenverbrauch (Energie, Land, Wasser) mit gleichzeitig schrumpfenden Bestände fossiler Rohstoffe soll damit entgegnet werden.

Bereits in den 1960er Jahren wurden die ersten vertikalen Anbausysteme von dem Österreicher Othmar Ruthner in Wien und Niederösterreich aber auch international errichtet. Heute widmet sich Daniel Podmirseg mit dem vertical farm institute (vfi) in Wien der Erforschung dieses Konzepts und arbeitet gleichzeitig das Archiv der historischen Ruthner Türme auf.

Bilder: Planungs-/ Umsetzungsbeispiele vertikaler Farmen in Österreich



v.l.n.r.: Erster Ruthnerturm, Langenlois (1963) © Stadt Wien: MA 42 / Ruthnerturm, Kurpark Oberlaa (1974) © vertical farm institute / Prototyp "Pixel" und "urban food hub" Tabakfabrik Linz (2017) © vertical farm institute

Projektentwicklung unter Einbeziehung der Bürger:innen von St. Pölten

Mit dem Projekt Wolkenfarm hat St. Pölten die Chance, die erste österreichische Stadt mit einer modernen vertikalen Farm zu werden und fit für die Herausforderungen der Zukunft zu sein. Die Stadt St. Pölten hat für das Projekt drei Gebäude zur näheren Untersuchung zu Verfügung gestellt, diese müssten in den nächsten Jahren einer Bestandssanierung unterzogen werden. Dabei wurden die untersuchten Gebäude auf die Möglichkeiten untersucht, Synergiepotenziale mit der bestehenden Nutzung herzustellen, um deren Energieeffizienz zu erhöhen und den Bestand zu erhalten. Das größte Potenzial weist hierfür die Polytechnische Schule in St. Pölten auf.

Der Bildungsaspekt wurde in die Planung der Schule der vertikalen Farm integriert. Der Lehrplan kann demnach die Potenziale der vertikalen Farm nutzen. Die Miteinbeziehung der Bürger:innen von St. Pölten begann bereits vor dem Planungsbeginn. Im Zuge einer Stakeholderanalyse wurden relevante Akteure zu dem Untersuchungsobjekt ermittelt und einer Zielgruppenbefragung unterzogen. Innerhalb eines Living Labs wurde interaktiv mit den St. Pöltner:innen planungsrelevante Wünsche zusammengetragen.

Abschlusskonferenz und Präsentation der Ergebnisse

Am 30. Oktober ist es dann soweit: die Ergebnisse des Forschungsprojekts werden bei einer abschließenden Konferenz im Klangturm von St. Pölten präsentiert. Alle bereits befragten

Stakeholder sind herzlich eingeladen teilzunehmen. Das gesamte Projektkonsortium, Herr Bürgermeister Stadler, ein Expertengremium und Medienvertreter:Innen werden anwesend sein.

Dienstag, 30. Oktober 2018

Klangturm - Kulturbezirk 1, 3100 St. Pölten,

Doors open ab 17:30 Uhr, Programm: 18:00 - 20:00 Uhr

Welche Highlight-Projekte gibt es bereits, die die Entwicklung künftiger Vertical Farms in Österreich unterstützen?

Österreich:

Ponganic & vfi - [Schloss Hof](#)

Hut & Stiel - [die klimaschonende Pilzfarm mitten in Wien](#)

SANlight - [Die LED-Lösung aus Vorarlberg für hocheffiziente Pflanzenbelichtung](#)

Blün - Aquaponic: [Fischzucht und Vertical Farming in Wien](#)

Herbeus Greens - [vitaminreiche Microgreens, aus lokalem vertical Indoor Farming](#)

International:

Plantagon - [Vertical Farming im urbanen Raum \(Schweden\)](#)

Vertical Harvest - [Vertical Farming und inklusives Community Building \(USA\)](#)

Sky Greens - [weltweit erste hydraulisch betriebene Vertical Farm \(Singapur\)](#)

Aerofarms - [390x produktiver als konventionelle Landwirtschaft \(USA\)](#)

NeoFarms - [frisches Gemüse direkt aus der Küche geerntet \(Deutschland\)](#)

Paignton Zoo - [VertiCrops - vertikaler Garten in London \(UK\)](#)

Welchen wirtschaftlichen Impact hat Vertical Farming

In den nächsten Jahren werden diese Agrartechnologien die Lebensmittelbranche neu definieren.

Der Markt für Vertical Farming wird für 2022 auf 5,8 Mrd. USD geschätzt, bei einer jährlichen

Wachstumsrate von 24,8% (2016-2022), so [marketandmarkets.com](#).

Pressekontakt & Rückfragehinweis

vertical farm institute

Lara Arth

M: +43 660 112 85 44

E: arth@verticalfarminstitute.org

Projektkonsortium



Dieses Projekt wird von der Österreichischen Forschungsförderungsgesellschaft unterstützt.



Hinweis:

Das vertical farm institute hat seit Erstellen des vorliegenden Berichts seine Rechtsform geändert und hat den Verein in eine GmbH überführt.

Ansprechperson:

Daniel Podmirseg

podmirseg@verticalfarminstitute.com

Website: <https://www.verticalfarminstitute.com>

Bundesministerium für Klimaschutz, Umwelt, Energie, Mobilität, Innovation und Technologie

Radetzkystraße 2, 1030 Wien

+43 800 21 53 59

servicebuero@bmk.gv.at

bmk.gv.at