





Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar.
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.



TECHNISCHE
UNIVERSITÄT
WIEN

DIPLOMARBEIT

Die architektonische Auswirkung von Drohnen-Hubs in innerstädtischen Lagen

**ausgeführt zum Zwecke der Erlangung des akademischen Grades einer Diplom-Ingenieurin
unter der Leitung von**

Senior Lecturer Dipl.-Arch. Dr.techn. Lorenzo De Chiffre

Institut für Architektur und Entwerfen E253-4
Abteilung für Hochbau und Entwerfen

eingereicht an der Technischen Universität Wien
Fakultät für Architektur und Raumplanung

von

Anne Wunderlich, BSc

0851070

Wien, 06.11.2019

Abstract

DE

Im weiteren Sinn beschäftigt sich diese Arbeit mit dem Thema Drohnen in einer Stadt. Im engeren Sinn liegt der Fokus auf Paketlieferdrohnen. Zur Implementierung dieser Technologie bedarf es eines Drohnen-Hubs. Kernstück der vorliegenden Arbeit ist das Entwerfen eines solchen Drohnen-Hubs für den innerstädtischen Bereich. Was für Aufgaben soll ein Hub erfüllen, welchen Anforderungen muss er entsprechen und wie lässt er sich in das Stadtbild integrieren?

Nach der Beantwortung dieser Fragen setzt sich die Arbeit mit Visionen für die Stadt Wien auseinander. Das Thema Paketlogistik spielt eine große Rolle, außerdem die Technologien für ein besseres Stadtklima im Einklang mit den Bedürfnissen der Stadtbewohner_innen am Beispiel begrünter Fassaden und Vertical Farming. Die Behandlung dieser Themen ist bei wachsender Bevölkerungszahl und damit einhergehender Verdichtung des urbanen Raums notwendiger als je zuvor.

Abstract

EN

In a broader sense this work deals with the use of drones in a city. More specifically, it deals with package delivery drones. Implementing this technology requires an inner-city drone hub. The key part of this thesis will describe the design of such an inner-city hub in detail. What are the tasks that should be fulfilled by the hub, what requirements must be met and how will it be integrated into the cityspace?

After addressing these issues the thesis deals with specific visions for the city of Vienna. It discusses parcel logistics and technologies for improving the urban climate taking into account the needs of city dwellers (in particular green facades and vertical farming). Growing population size leading to an increased density of urban space makes the topic more urgent than ever.



Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar.
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.

Vorwort

Bis 2050 werden zwei Drittel der Weltbevölkerung in Städten leben. Für Wien bedeutet das ein Wachstum im Ausmaß der heutigen Stadt Graz. Nicht nur benötigen wir bis dahin mehr Wohnraum, auch der urbane Raum muss expandieren und mehr bieten, als betonierten Flächen. Mit der Einführung des Automobils im 20. Jahrhundert minimierte sich der öffentlich nutzbare Raum immer mehr zu Gunsten der Motorisierung. Ein Trend, dem es aus heutiger Sicht entgegen zu wirken gilt. Neben der Einführung von autonom fahrenden Autos, car- und ridesharing, sowie elektrisch betriebenen Fahrzeugen darf auch ein Schritt weiter gedacht werden. Die Einführung von (Liefer-)Drohnen kann einen wertvollen Beitrag zur Rückeroberung des öffentlichen Raums zu Gunsten des Menschen leisten.

Drohnen- für die einen die zentrale Infrastruktur des 22. Jahrhunderts, für die anderen maximal ein amüsantes Spielzeug, wenn nicht sogar der Anlass zu Besorgnis. Trotz aller Ambivalenz gegenüber dieser bereits lange existierenden, aber heute neu eingesetzten Technologie, sind Drohnen keinesfalls bloß Science-Fiction. Bereits vielseitig erprobt weisen sie einen entscheidenden Vorteil auf- sie agieren in der Luft. Wie bringt man Drohnen nun aber in Städten unter? Welche Infrastruktur benötigen sie und welche Auswirkungen haben sie auf das Straßenbild? Wo platziert man einen Drohnen-Hub und was kann man sich darunter überhaupt vorstellen?

Im Entwurfsprozess treffen die Fragen des Städtebaus auf eine konkrete Umsetzung in gebauter Architektur. Mindestanforderungen an einen Hub sind: ein Logistikbereich, ein Lager, sowie eine Drohnenstation zu bieten. Einen Ort, an dem die unmanned aerial vehicles (UAV) als Ausgangsort starten, landen und aufgeladen werden können. Aus technischen Gründen liegt dieser in einer gewissen Höhe. Vor allem jedoch müssen Konzepte dieser Art, den Bewohner_innen zugänglich gemacht werden sowie ihnen einen Mehrwert bieten. Multifunktionalität ist das Schlüsselwort. Eine Vertical Farm im Inneren des Gebäudes zeigt neue Möglichkeiten der Versorgung in Städten auf. Dort Angebautes kann direkt in der ebenerdigen Markthalle erworben werden. In den beiden öffentlichen Workshop- Stockwerken können z. B. Florist_innen Seminare geben und die Schüler_innen des benachbarten Gymnasiums die Photosynthese erforschen. Die begrünte Nordfassade trägt zu einer Verbesserung des Stadtklimas bei. Die Außentreppe bietet eine wundervolle Aufstiegsmöglichkeit mit Ausblick. Oben angelangt befindet sich ein Restaurant und Café mit 360 Grad Dachterrasse und Blick auf Wien. Den Abschluss des Gebäudes bildet die darüber liegende Drohnenstation, von der aus die UAVs unsere Pakete sicher und zuverlässig ausfliegen.

Theorie

- 11
- 15
- 19
- 20
- 20
- 25
- 26
- 28
- 31
- 32
- 34
- 34
- 35
- 37
- 42
- 43
- 44
- 44
- 45
- 47
- 48
- 53
- 57
- 58
- 58
- 59
- 60
- 62
- 65
- 66
- 66
- 68
- 71
- 72
- 73
- 74
- 75

Einstimmung

Vorstudien

Stadtvisionen für Wien

Wien der Zukunft | Die Gruppe 4
Stadtentwicklungsplan 2025 | Schwerpunkte

Paketlogistik in Österreich

Daten & Fakten
City Hubs

Drohnen

Definition & Luftraummanagement
Geschäftsmodelle & Einsatzgebiete
Taxidrohnen
Taxidrohnen heute
Lieferdrohnen
Drohnen für Unterstützungsmissionen
Drohnen für den humanitären Einsatz
Militärdrohnen
Gesetzeslage in Österreich
Sicherheits- & Datenschutzbedenken
Safety issues
Drohnenprojekte

Ergänzungsseite | Neufert Drohnen

Vertical Farming

Einführung
Funktionsweise
Vorteile
Projekte
Herausforderungen & Gedanken

Begrünte Fassaden

Funktionsweise
Vorteile & Herausforderungen
Projekte

Zukunftsvisionen

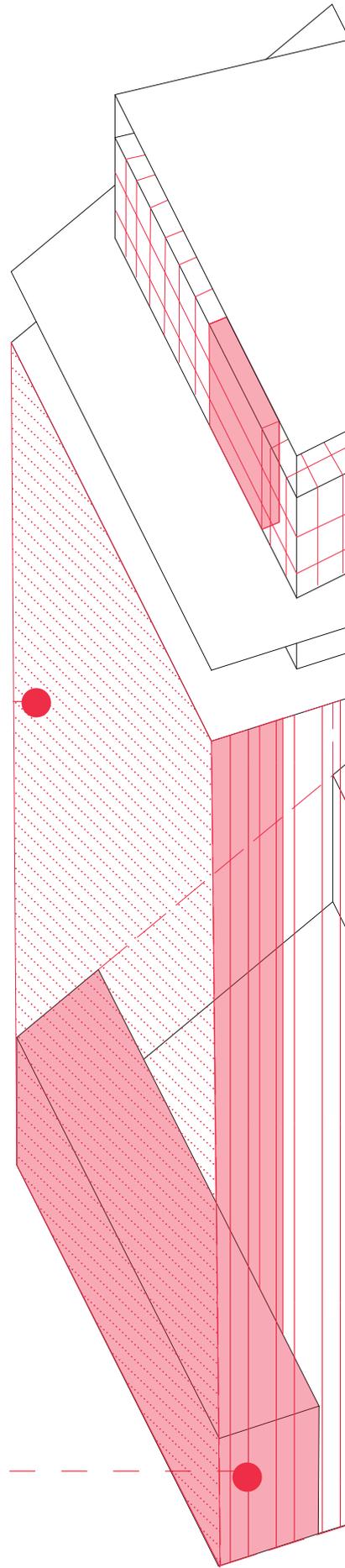
Autonom fahrende Autos
Car- & ridesharing
Elektrisch betriebene Fahrzeuge
Voraussetzungen

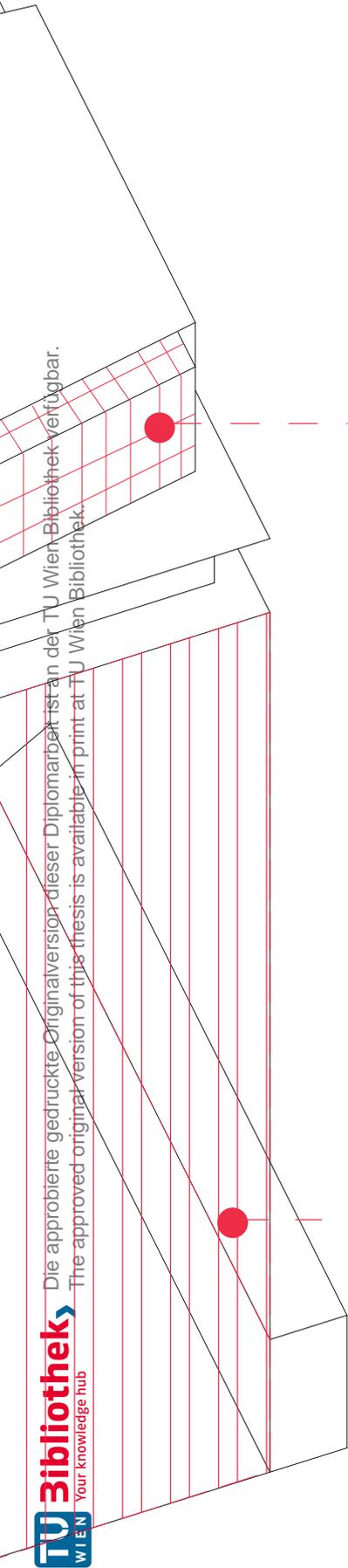
Lage	80
Verortung	81
Schwarzplan	82
Umgebung	84
Gebäudehöhen	86
Vorplatzgestaltung	88
Grundrisse Schnitte Ansichten	89
Funktionale Gliederung	90
Grundrisse	93
Schnitte	110
Fassadenschnitte	114
Schnittperspektive	120
Ansichten	122
Schlusswort	127
Meine Haltung als Architektin	128
Dank	129
Anhang	131
Literaturverzeichnis	132
Abbildungsverzeichnis	139

Einstimmung

Begrünte
Fassade

Paketlogistik

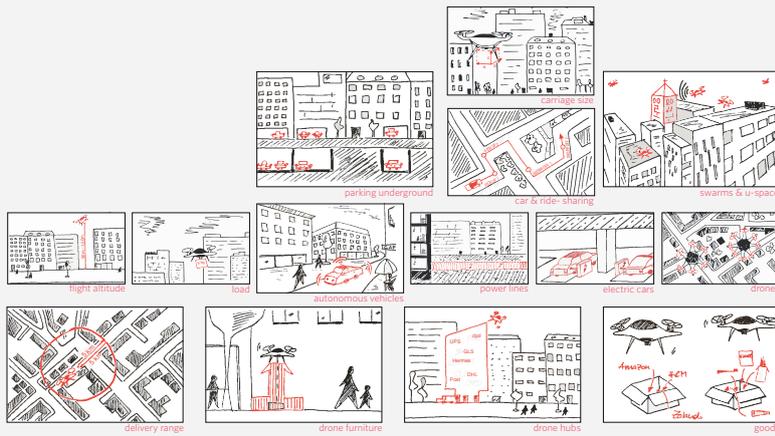




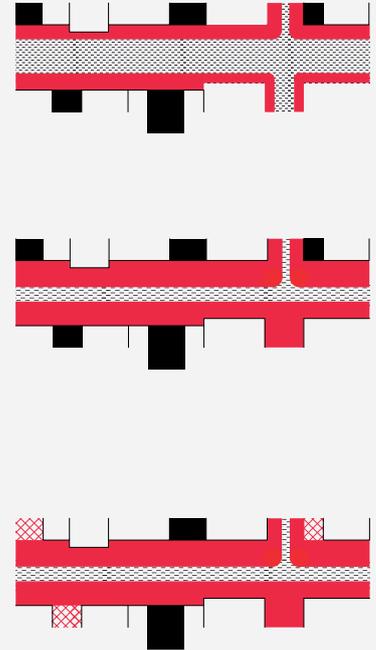
Drohnen-
station

Vertical
Farming

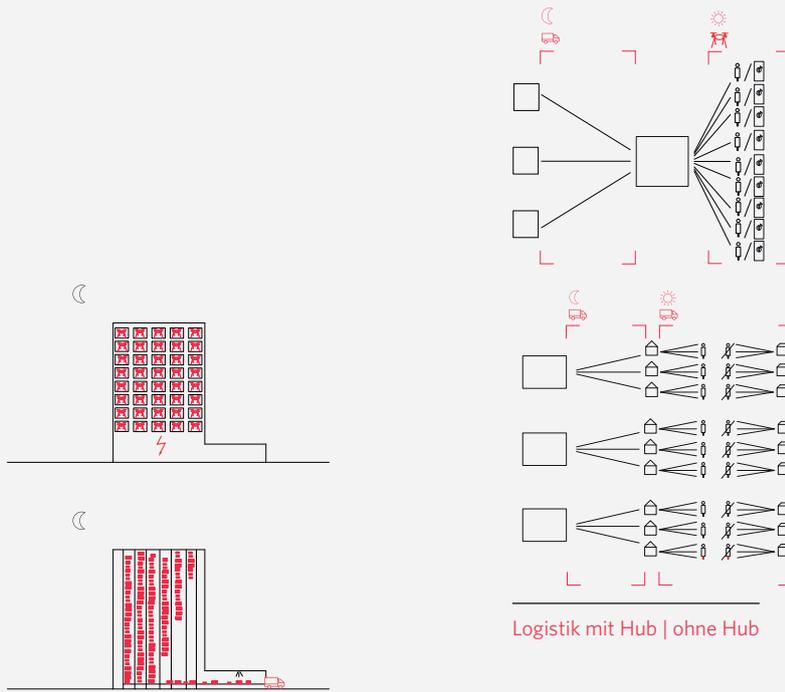
Vorstudien



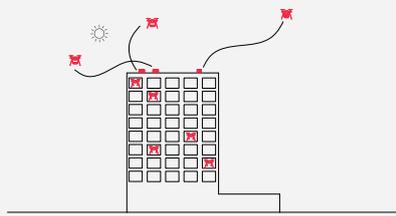
Voraussetzungen für die Implementierung von Drohnen



Rückgewinnung des Straßenraums durch Reduzierung der PKWs | Draufsicht



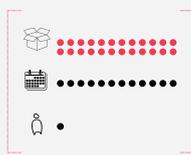
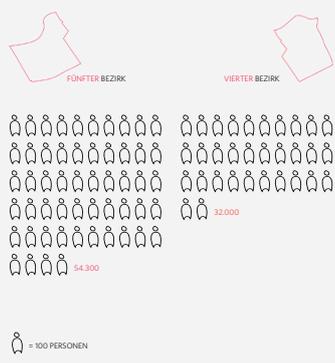
Logistik mit Hub | ohne Hub



Drohnen-Hub | Logistik



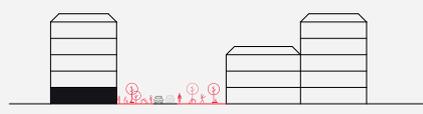
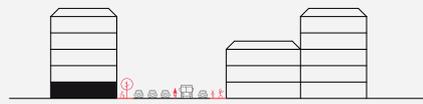
Eine Vision



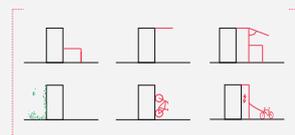
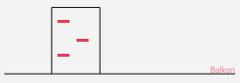
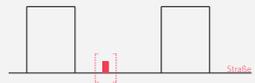
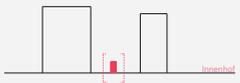
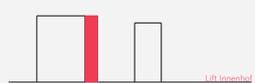
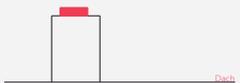
Pakete pro Person pro Jahr in Wien



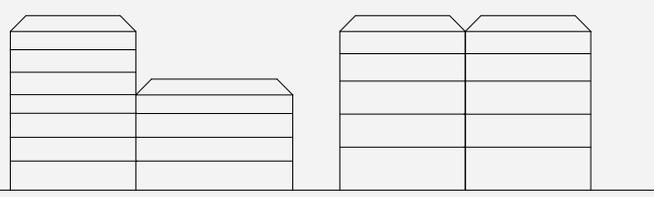
Eine Vision



Rückgewinnung des Straßenraums durch Reduzierung der PKWs | Querschnitt



Landemöglichkeiten Drogen | Stadtmöbelgestaltung



Neue Ebene | Drogen

Stadtvisionen für Wien

Wien der Zukunft | Die Arbeitsgruppe 4

Als innovative Architekturschaffende präsentierte sich in den 1950er bis 1970er Jahren die Arbeitsgruppe 4. Die Arbeiten der Mitglieder Wilhelm Holzbauer, Friedrich Kurrent, Johannes Spalt und Otto Leitner (Mitglied bis 1953) gelten als Meilensteine der österreichischen Architekturgeschichte. (ORF 2010: online)

Die Architekten begannen sich früh mit Stadtplanung auseinanderzusetzen. So dachten sie auch für Wien voraus. Wichtig war für sie- die Vision einer Stadt. Ihre lange und wandlungsreiche Geschichte setzte Wien städtebaulich einige Denkmäler. So steht die Ringstraße für das bürgerliche Wien. Was Wien zur Jahrhundertwende fehlte, waren Zukunftsvisionen. (Kurrent: S. 1) In der von der Arbeitsgruppe 4 1964 kuratierten Ausstellung „Wien der Zukunft“ zeigt die Gruppe neben Architekturschriften anderer Architekten der Zeit und früheren Stadterweiterungsplänen ihre eigene Vision für eine zukünftige Weltstadt.

„Die Neue Stadt“ soll links der Donau entstehen. Auf Grund der Lage Wiens proklamiert die Arbeitsgruppe eine radiale Ausdehnung, die jedoch bis auf die Ost- und Nordostseite, durch natürliche Begrenzungen, bereits ausgeschöpft ist. (Kurrent: S. 24) Einhergehend mit der Vision eines neuen Stadtzentrums, entwerfen die Architekten Pläne für die Erweiterung der Schnellbahnen und Schnellstraßen.

„Die neue Stadt“ enthält neben einem neuen Zentrum mit Kultur-, Geschäfts-, und Sportanlagen, eine Hochschulstadt für 20.000 Studierende, sowie im Grünen gelegene, terrassenförmige „Wohnberge“ für bis zu 10.000 Bewohner_innen. (Kurrent: S. 24)

Stadtentwicklungsplan 2025 | Schwerpunkte

Als die lebenswerteste Stadt der Welt hat Wien einiges zu bieten und einiges zu bewahren. Der Stadtentwicklungsplan (STEP) 2025, unter der Leitung der MA 18 zusammen mit Expert_innen entwickelt, gibt klare Planungsziele für eine effiziente Stadtentwicklung vor. (STEP 2025: Vorwort) Im STEP 2025 planen Menschen von heute die Stadt für Menschen von morgen. Unterteilt in drei übergeordnete Kapitel



Abb. 1

"Die Neue Stadt" der Gruppe 4 | Schnellstraßen

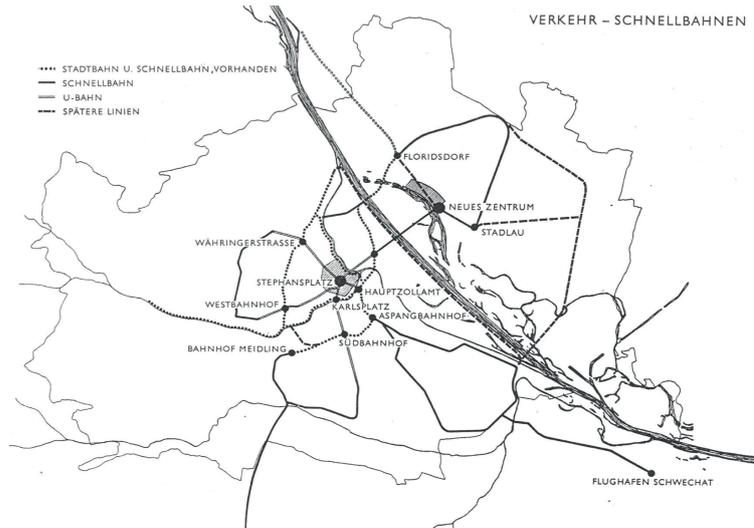


Abb. 2

"Die Neue Stadt" der Gruppe 4 | Schnellbahnen



Abb. 3

"Die Neue Stadt" der Gruppe 4 | Flächenwidmung

behandelt der Entwicklungsplan 2025 acht Schwerpunktthemen.

I WIEN BAUT AUF

- Wien erneuert – die gebaute Stadt
- Wien mobilisiert – Flächen für das Stadtwachstum
- Wien transformiert – Zentren und Zwischenräume

II WIEN WÄCHST ÜBER SICH HINAUS

- Wien schafft Wohlstand – der Wirtschafts-, Wissenschafts- und Forschungsstandort
- Wien ist mehr – die Metropolregion

III WIEN IST VERNETZT

- Wien lebt auf – Freiräume: grün & urban
- Wien bewegt sich – Mobilitätsvielfalt 2025
- Wien sorgt vor – soziale Infrastruktur (STEP 2025: S. 9)

Im Punkt I widmet sich der STEP 2025 sowohl der bereits gebauten Stadt, als auch der Zukünftigen. Unter den Schlagwörtern „erneuern“, „mobilisieren“ und „transformieren“ finden sich Maßnahmen die alte Stadtstruktur zu schützen und auf smarte Weise neuen Platz zu schaffen. Mit Hilfe gezielter Nachverdichtung werden sowohl in der Gründerzeitbebauung (Aktionsplan Gründerzeit), als auch in jener der 50er bis 70er Jahre (Aktionsplan 50/60/70), bauliche Möglichkeiten ausgeschöpft. (STEP 2025: S. 10) Das dynamische Wachstum Wiens verlangt nach neuen Stadtvierteln. Hierfür muss nicht am Rande der Stadtgrenzen gesucht werden. Brach liegende Flächen, so wie nicht mehr genutzte Industrie- und Bahnhofsareale eignen sich hervorragend für eine solche urbane Entwicklung. (STEP 2025: S. 11) „Vitale Zentren“ (STEP 2025: S. 12) gelten als wichtige Bausteine für eine lebenswerte und vielfältige Stadt. Der Erhalt und Ausbau dieser schafft das Image einer Metropole und bildet deren Identität. Besonderes Augenmerk wird hier von STEP 2025 auf die urbanen „Zwischenräume“ gelegt. Neue Nutzungen in potenzielle Standorte zu integrieren und somit nachhaltig und effizient zu agieren macht eine ressourcenschonende Stadtplanung aus. (STEP 2025: S. 12)

Punkt II im Stadtentwicklungsplan 2025 widmet sich dem Wachstum der Stadt als Wirtschafts- und Forschungsstandort. Hierbei geht es vor allem um die Festlegung von Betriebsflächen für Forschung, Innovation und Entwicklung, sei es für Großprojekte, oder Kleinunternehmer_innen. (STEP 2025: S. 14) Auf Grund unserer heutigen Denk- und Lebensweisen spielen verwaltungsmäßige Grenzen weder für Bürger_innen, noch für Unternehmen keine große Rolle mehr. Der Entwicklungsplan widmet sich den daraus entstehenden, regionalen Kooperationen.

Die damit einhergehende Vielfalt und Expertise möchte die Stadt Wien nutzen. Hierfür werden Regulatorien aufgestellt, sowie Strategien und Konzepte entwickelt. (STEP 2025: S. 14) Wien zählt mit seinen unzähligen Parks und Erholungsflächen als grüne Stadtoase. Diese Rückzugsorte gilt es im gründerzeitlichen Wien zu erhalten und auszubauen. Ihnen gleichzeitig, in der Funktion eines öffentlichen Raums, neue Nutzungsstrukturen zu geben ist ein Anliegen der Stadt Wien im drittem Schwerpunkt des STEP 2025. (STEP 2025: S. 16)

In neu zu erschließenden Gebieten gilt es der Freifläche genügend Raum zu geben. Mit dem Wachstum Wiens und der damit einhergehenden Verdichtung werden öffentliche Orte zu Orten des sozialen Austauschs, der Begegnung und der Ruhe. Nicht weniger wichtig ist der Aspekt der natürlichen Kühlungsfunktion, also eine ausreichend eingesetzte Stadtbegrünung. (STEP 2025: S. 16) Hier nachhaltig smarte Lösungen zu integrieren zählt ebenfalls zu den Zielen des Entwicklungsplans. Öffentlichen Verkehr für alle finanzierbar zu machen ist eine von Wiens herausragenden Leistungen im Mobilitätssektor. Mit neuen Arbeitsmöglichkeiten (z. B.: Homeoffice) und sich wandelnden Strukturen im Denken (z.B.: das Auto als Statussymbol) der heutigen Generationen müssen auch Strukturen für den öffentlichen Verkehr neu gedacht werden. (STEP 2025: S. 18)

„Die zentrale Zielorientierung der Mobilitätspolitik lautet „80:20“ - 2025 sollen die Wienerinnen und Wiener 80% der Wege mit dem ÖV, auf dem Rad oder zu Fuß (2012: 73%) zurücklegen und nur noch 20% mit dem PKW (2012: 27%).“ (STEP 2025: S. 18)

Neben dem Ausbau von öffentlichen Freiräumen, sowie einer angestrebten Wende in der Mobilitätspolitik gilt es auch die Qualität von sozialer Infrastruktur hochwertig zu halten. Kindergärten, Schulen, Krankenhäuser, etc. sind einem gesellschaftlichen Wandel ausgesetzt und müssen dementsprechend adaptiert werden. „Platz für Bildung“ zu sichern und „Bildungsinfrastruktur für soziale Aufstiegsprozesse“ zu gewährleisten sind die Keypoints des STEP 2025. (STEP 2025: S. 19)

Paketlogistik in Österreich

Daten und Fakten Wien

Der online Handel boomt. Eine Tatsache, die sich in Österreich in den rasant wachsenden Paketlieferungen manifestiert. In den letzten Jahren wurden immer wieder neue Rekorde aufgestellt. Waren es 2017 noch 209 Millionen Pakete, so stieg diese Zahl 2018 auf 228 Millionen. (Neuer Rekord bei Zustellung: Handelsverband online)

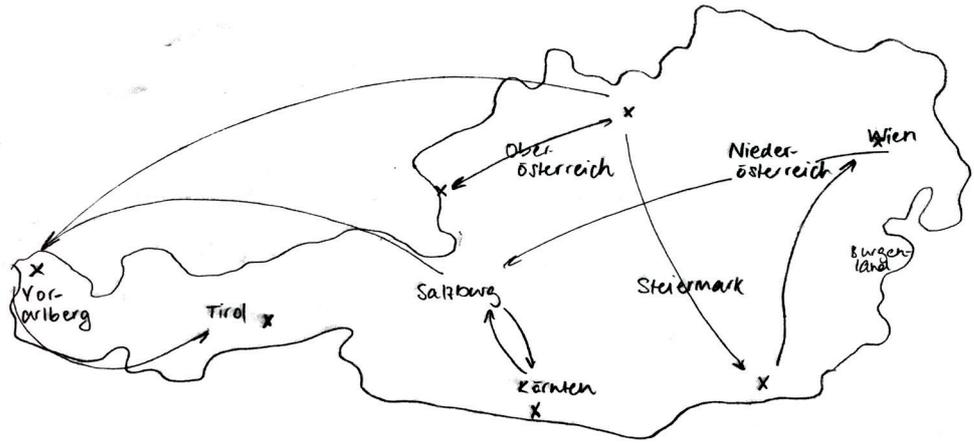
Pro Einwohner_in macht das 26,2 Pakete pro Jahr. Allein für Wien, mit ihren 1,8 Millionen Einwohner_innen bedeutet das eine Auslieferung von 41,2 Millionen Paketen pro Jahr. Höchstwahrscheinlich liegt diese Zahl noch höher, da sich laut einer Studie von McKinsey & Company der Onlinewettbewerb auf die Ballungszentren konzentrieren wird. Dort lebt rund ein Drittel der Bevölkerung und Markforschungsergebnisse legen nahe, dass in diesen Gebieten mittelfristig geschätzte 30-40 Prozent der Haushalte regelmäßig auch online kaufen werden. (McKinsey 2016: S. 12)

Mehr Pakete führen zu mehr Verkehr in den Städten. Da der Lieferverkehr meist durch Kleintransporter ausgeführt wird, führt dies zu einer stärkeren Belastung der Umwelt, sowie zu mehr Stau. Durch die vermehrte Bestellung online verlagert sich die Einkaufsmobilität zum Wirtschaftsverkehr. Es könnte angenommen werden, dass die privaten Einkaufsfahrten weniger und mit kommerziellen Lieferfahrten ersetzt werden- eine umweltfreundliche Wandlung. Die Realität sieht leider anders aus. Meistens kommen die Lieferfahrten zu den Privatfahrten hinzu. Des Weiteren sind die Lieferfahrten nur bei der Erstzustellung umweltfreundlicher. Einer Umfrage des VCÖ zufolge gelang eine erfolgreiche Erstzustellung 2014 nur bei 22 Prozent der Befragten. (Onlinehandel boomt: VCÖ Factsheet 2014 online)

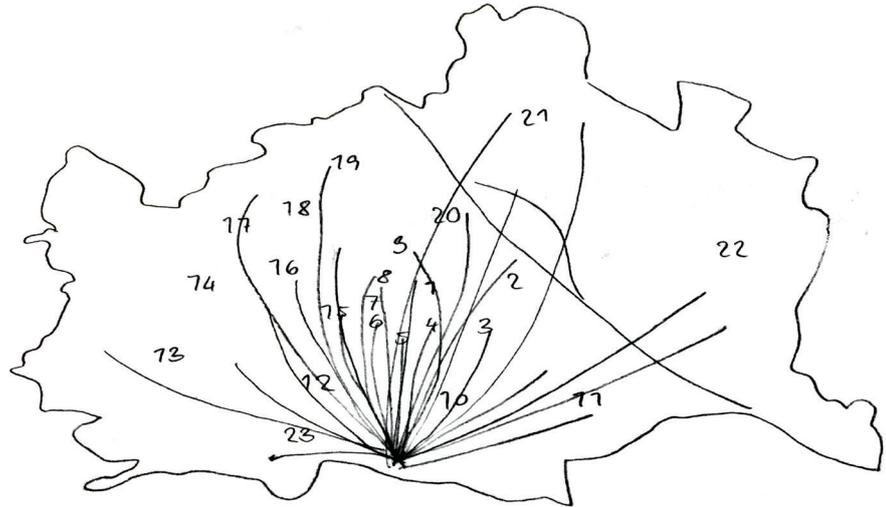
Um einen kurzen Einblick in die logistischen Abläufe von Paketlieferungen zu bekommen, folgt eine Beschreibung durch die österreichische Post.

„Pakete und Briefe werden in Österreich in 6 bzw 7 Verteilzentren konsolidiert (Einlieferung von Kunden und Abholung bei Kunden sowie in den Filialen). In den VZ werden diese Sendungen dann auf die jeweils anderen Destinationen verteilt und dort auch über Nacht hingbracht.

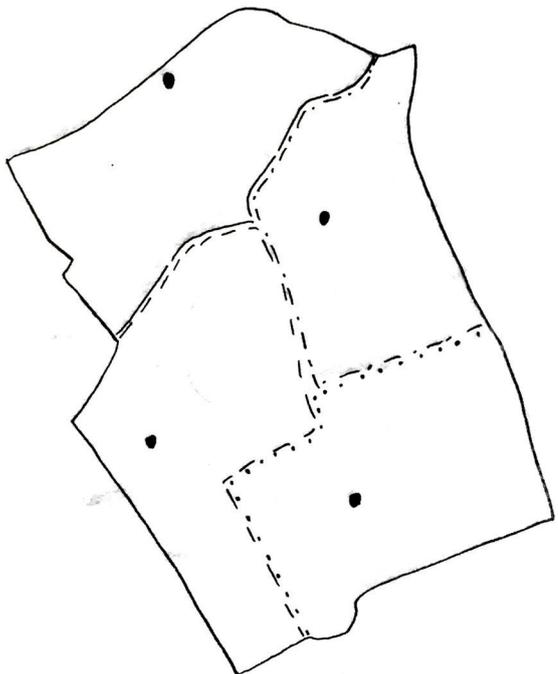
Konsolidierung und Verteilung zu anderen Destinationen über Nacht.



Verteilung auf Zustellbezirke über Nacht.



Zustellungen der Sendung in den einzelnen Bezirken am Morgen.
Hier exemplarisch der 4. und 5. Wiener Gemeindebezirk.



In der Nacht beginnt dann die Verteilung auf die Zustellbezirke und am Morgen beginnen die Zusteller die Sendungen zuzustellen.“ (Gruber 2018: Email)

Klar ersichtlich wird, dass die Logistik mit einem erheblichen, motorisierten Aufwand verbunden ist. Nun ist die Post nicht das einzige Dienstleistungsunternehmen in diesem Sektor. UPS, DHL, dpd und Hermes agieren ebenfalls in Österreich.

Ein Weg die Logistik in den Ballungszentren effizienter und sauberer zu gestalten, liegt in der Einführung von City Hubs.

City Hubs

In einem Statement der dpd wird ersichtlich worum es sich bei City Hubs handelt.

„Ziel des ersten City Hubs in Wien ist es, die Pakete der Seestadt vor Ort kurzfristig zwischen zu lagern, um sie in weiterer Folge mit einem Elektrolastenrad und einem Elektrotransporter umweltfreundlich, lärm- und CO2-arm in Aspern zuzustellen.“ (dpd: Archiv 2016 online)

Im Bereich des Onlinehandels ist Amazon ein Vorreiter. In zentralen, innerstädtischen Lagern werden die Bestellungen hier, im Gegensatz zu Paketverteilerzentren, kommissioniert und gelangen dann per Boten oder Botin schneller an den Endverbraucher die Endverbraucherin.

Der große Unterschied zwischen diesen City Hubs und dem Entwurf dieser Arbeit ist jedoch der, dass das Gebäude des Warenlagers den Menschen nicht zugänglich gemacht wird. Mein Entwurf verfolgt den Ansatz, nicht das Paketlager an sich, jedoch den Stadtkörper den Bewohner_innen als eine Erweiterung des öffentlichen Raumes zu bieten.

Im Abschnitt „Zukunftsvisionen“ wird detaillierter dargelegt unter welchen Bedingungen die City Hubs der Zukunft funktionieren.

Drohnen

Definition & Luftraummanagement

Eine Drohne ist ein unbemanntes Luftfahrzeug (Unmanned Aerial Vehicle, UAV), das keinen menschlichen Bediener hat, aus der Ferne oder autonom fliegt und eine tödliche oder nicht tödliche Nutzlast tragen kann. (Jensen 2016: S. 68) Die unbemannten Luftobjekte existieren in verschiedenen Größen, Ausführungen und sind ausgestattet mit unterschiedlichen Start- und Landesystemen. Die Bandbreite reicht vom Quadcopter, der Pizza in Neuseeland liefert, bis zum schweren Oktocopter, der für Dreharbeiten in Hollywood eingesetzt wird. In der Veröffentlichung von Hassanalian und Abdelkefi erhalten wir einen Überblick über die große Anzahl von Drohnenkonstruktionen, die es heute gibt. Die gebräuchlichsten Klassifizierungen basieren auf der Flugreichweite, der Nutzlast, dem Gewicht sowie der Konstruktion der Propeller, Flügel oder Rotoren. Eine wesentliche Klassifizierung für diese Arbeit ist, ob das UAV in der Lage ist, vertikal zu starten und zu landen (VTOL, Vertical Take-Off and Landing) oder ob es eine Landebahn für horizontales Starten und Landen (HTOL, Horizontal Take-Off and Landing) benötigt. (Hassanalian 2017: S. 2) Eine weitere Klassifizierung beruht auf der Anwendung der Drohne. Hier wird zwischen Passagier- versus Zivildrohne, sowie Fracht- versus Zivildrohne unterschieden. Die in der Ausführung dieser Arbeit zum Einsatz kommende Drohne wird korrekter Weise als RUAV (Rotorcraft Unmanned Aerial Vehicle) bezeichnet. (Kendoul 2012: S. 315)

Der große Vorteil einer Drohne liegt in der Tatsache, dass sich kein/e menschliche/r Bediene_in an Bord befindet. Dies bedeutet jedoch auch, dass das unbemannte Luftfahrzeug ein Betriebs- und Leitsystem (GNC, Guidance,- Navigation- and Control system) benötigt, um seine Mission zu erfüllen. Diese Systeme bestehen aus einem Bordsystem sowie einem bodengestützten Steuerungssystem. Ob es sich bei dem System am Boden um einen Piloten oder eine Pilotin in Sichtweite (VLOS, Visual Line Of Sight) handelt oder ob er/sie sich in einem vollständig autonomen Luftverkehrszentrum befindet, hängt von den Anwendungen, Bedürfnissen und Vorschriften ab. (OECD 2018: S: 13) Heutzutage gibt es drei Unterscheidungen zwischen UAV-Flugbereichen, die zum Verständnis hilfreich sind. VLOS (Visual Line Of Sight), EVLOS (Extended Visual Line Of Sight) und BVLOS (Beyond Visual Line Of Sight). (Guoqing Zhou 2017: S. 14)

Aufgrund des rasanten Wachstums der technologischen Entwicklung von Drohnen im Vergleich zur Entwicklung von bemannten Luftfahrzeugen besteht die Notwendigkeit, die UAVs sicher in unseren Luftraum einzuführen. Die Drohnenindustrie eröffnet neue Geschäftsmöglichkeiten, für die es einen Rahmen geben muss, in dem sie operieren kann. Die Vorschriften für den Betrieb auf sehr niedriger Ebene (Very Low Level Operations, VLL), die beispielsweise in Gebieten mit hoher Dichte oder über dicht besiedelten Gebieten gelten, müssen angepasst werden. Damit die Drohnen vollständig in das Flugverkehrssystem integriert werden können, arbeitet SESAR JU an einem europäischen ATM-Masterplan (Air Traffic Management), der den sogenannten „U-Space“ umfasst.

„U-space is a set of new services relying on a high level of digitalization and automation of functions and specific procedures designed to support safe, efficient and secure access to airspace for large numbers of drones. As such, U-space is an enabling framework designed to facilitate any kind of routine mission, in all classes of airspace and all types of environment – even the most congested- while addressing an appropriate interface with manned aviation and air traffic control/ ATC.“ (SESAR JU 2017: S. 2)

Zum genaueren Verständnis kann man sich den U-space als definierten Bereich in der Luft vorstellen, in dem es Drohnen möglich ist, autonom zu operieren. Ihr Bordcomputer wird mit Informationen über diesen Luftraum, wie Höhenprofilen, Flugverbotszonen, etc., gespeist. Zusätzliche Informationen können bei Bedarf hochgeladen werden. Dies kann zum Beispiel der Fall sein, wenn ein Kran für einen Dachbodenausbau aufgestellt werden muss. Durch Eingabe in das System erkennt die Drohne das Fahrzeug als Hindernis und umfliegt es. Des Weiteren sind die Drohnen mit DAA (Detect and Avoid Technology) ausgestattet und können so einem anderen Flugobjekt, welches in derselben Höhe fliegt (sei es ein Vogel oder ein nicht registriertes, strukturelles Hindernis), erkennen und ihren Kurs ändern, um so eine Kollision zu vermeiden. (SESAR JU 2017: S. 1 ff.)

Geschäftsmodelle & Einsatzgebiete

Mit dem Aufkommen neuer Technologien eröffnen sich auch immer neue Geschäftsmodelle. Nun stellt sich die berechtigte Frage, warum wir Drohnen für Operationen verwenden sollen, für die wir bereits eine Infrastruktur eingerichtet haben? Die Antwort ist simpel; nur weil es bereits Systeme gibt, heißt das nicht, dass sie nicht verbessert werden können. Beispielsweise kann die Überwachung von Bauplätzen schwierig sein und für eine/n menschliche/n Bediener_in nicht so einfach zu erfüllen, wie für ein kleines UAV. Darüber hinaus gibt es den Aspekt der Sicherheit. Eine Drohne kann durch enge oder schwer zugängliche oder sogar gefährliche Räume fliegen. Ein Mensch muss für diese Art von Arbeit angemessen gesichert und geschult sein. Zusätzlich zu den bereits erwähnten Vorteilen birgt der Einsatz von Drohnen einen weiteren: sie sind kostengünstiger. Ein möglicher Nachteil dieser neuen Technologie liegt darin, dass es zur Verlagerung der Fachkenntnisse kommen wird. Diejenige, die jetzt die Konstruktionsseiten überprüft, ist später diejenige, die die Drohne bedient oder für die Überprüfung und Auswertung des Videomaterials verantwortlich ist.

Auch im Bereich der Sicherheit gibt es Potenzial für den Einsatz von UAVs. Laut der Tageszeitung Die Presse verzeichnet der private Sicherheitssektor in Österreich ein rasantes Wachstum. (Die Presse 2017: online) Die Ausrüstung von Drohnen mit Bewegungsmuster-, Fahrzeug-, Gesichts- oder Audioerkennung sowie Überwachungssystemen kann somit in Zukunft auch von Strafverfolgungs- und Kommunalbehörden eingesetzt werden.

Der Einsatz von Drohnen ist bereits in vielen der genannten und weiteren Sektoren in Erprobung und nicht mehr nur reine Zukunftsmusik. Im Folgenden werden die Einsatzgebiete beschrieben und eine Zusammenfassung bereitgestellt.

Taxidrohnen

Stellen wir uns vor, nach einem intensiven Arbeitstag das Dach des Bürogebäudes zu betreten und von dort aus mit einer Drohne zum Familien-Abendessen außerhalb des Stadtzentrums geflogen zu werden. Anstatt gefühlte Stunden im Feierabendverkehr festzustecken, ist der Drohnenflug eine Angelegenheit von Minuten. Noch dazu würde er uns erlauben, die letzten liegen gebliebenen Emails zu beantworten, oder mit der Nase in einem Buch den Beginn des Feierabends zu zelebrieren. Ein anderes Szenario: Wir fliegen von Frankfurt nach Ho-Chi-Minh City. Das ganze ohne Pilot oder Pilotin an Bord, aber mit demselben Komfort. Wenn von Drohnen gesprochen wird, dürfen wir nicht dem Trugschluss erliegen es handle sich hierbei nur um kleine Flugkörper. Auch ein Airbus A380 kann ein unbemanntes Flugobjekt sein.

Die Vorstellung mag zunächst nach einem Science-Fiction Film à la Luc Besson klingen. Jedoch sprechen bereits einige Gründe für ein solches Szenario. Drei der ausschlaggebendsten sind erstens Verkehrsbelastung auf den Straßen, zweitens die steigenden Kosten der Instandhaltung von Infrastrukturen und drittens, die Knappheit an Pilot_innen.

„[...] our urban and inter-urban transport today relies on an extensive road network in combination with cars or bus services and is often subject to significant congestion at peak periods.“ (OECD 2018: S. 21)

Eine Studie der Agentur INRIX zeigt, dass die Bewohner_innen der Stadt Los Angeles im Jahr rund 120 Stunden im Stau stehen. In Wien sind es 40 Stunden pro Jahr. Tendenz steigend. (INRIX 2017: online)

„In Germany, the worst traffic hotspots in 27 cities were identified and the cost to drivers of time wasted in congestion could amount to 47.6 billion over the next ten years.“ (Babish 2016: INRIX online)

Mit diesen Zahlen im Hinterkopf erscheinen Investitionen in Taxidrohnen nicht nur vernünftig, sondern auch dringend notwendig. Zum einen ist es gesundheitsschädigend so viel Zeit im Stau zu verbringen, zum anderen kostet es Zeit. Ein Gut, dessen Verschwendung wir uns heute nicht mehr leisten können und wollen.

Der ständige Wachstum unserer Städte- geografisch und demografisch- verlangt auch den dauernden Ausbau und die Instandhaltung gegebener Straßennetze. Vor allem in Asien wird dies zu einer immer größeren Herausforderung. Einer Studie der Asian Development Bank nach, bräuchte es zwischen 2013 und 2030 rund 8,3 Billionen US Dollar, um Verkehrsinfrastruktur zu erhalten und Wachstum zu ermöglichen. (ADB 2018: online) Mit der Öffnung des Luftraums für den Drohnen-Passagierverkehr können diese enormen Kosten und der Stau auf unseren Straßen reduziert werden. Ein weiterer Vorteil liegt in der damit verbundenen Möglichkeit, rurale Gebiete besser erschließen zu können. (OECD 2018: S. 22)

Als letzten Punkt möchte ich auf die momentane Situation der Piloten und Pilotinnen eingehen. Jeder Flug wird momentan von einem Piloten, einer Pilotin und einem Kopiloten oder einer Kopilotin durchgeführt. Jedoch werden die meisten Abläufe bereits vollautomatisch vom Flugzeug durchgeführt. Ein guter Ausgangspunkt für fern gesteuerte und vollautomatische Reisen. Unterstützt wird dieser Ansatz von der 2018 von Boeing veröffentlichten Studie zur Pilot_innen-Knappheit. Bis 2037 werden 790.000 mehr Pilot_innen benötigt. Um das zu ermöglichen, müssten 114 Personen täglich die Ausbildung abschließen. Eine Zahl die nicht erfüllt wird. (Boing 2018: online)

Taxidrohnen heute

Im Moment befinden sich Passagierdrohnen noch in der Erprobungsphase. Zwar wurden schon einige Testläufe durchgeführt, zu einem kommerziellen Einsatz ist es bis dato jedoch noch nicht gekommen. Taxidrohnen ähneln in ihrem Design Helikoptern. Ebenso wie ihr bemanntes Vorbild sind sie des vertikalen Startens und Landens fähig. (VTOL / Vertical TakeOff and Landing). Eine Landebahn, wie für Flugzeuge, wird somit nicht benötigt. Wie oben erwähnt wurden Prototypen bereits in Aktion getestet. Zwei der Bekanntesten werden im Folgenden näher beschrieben.



Abb. 4

EHang 184 - PRC China

Die elektrisch betriebene EHang 184 absolvierte im Februar 2018 ihren Jungfernflug in China. Das mit acht Rotoren ausgestattete Modell fliegt in einer Höhe von 100 Metern, mit einer Geschwindigkeit von 60 km/h für 23 Minuten. (EHang, 2018) Für den Flugversuch wurde von der CAAC (Civil Aviation Administration of China) eine spezielle Erlaubnis erteilt. Auch weiterhin arbeitet die Firma EHang eng mit der Flugaufsichtsbehörde zusammen, um Standards für den Einsatz von Drohne in öffentlicher Umgebung zu erstellen. (OECD 2018: S. 23)



Abb. 5

Volocopter - Dubai

Um bis 2030 25 Prozent an autonomen Fahrten anbieten zu können, lädt die „smart Dubai strategy“ Firmen ein, ihre Drohnen in der Wüstenstadt zu erproben. Der erste Drohnenflug der Geschichte wurde dort im September von „Volocopter“ durchgeführt. Einer von Daimler finanzierten, gleichnamigen, deutschen Firma. (Volocopter, 2017) Das mit 18 Rotoren ausgestattete Lufttaxi blieb bei einer Geschwindigkeit zwischen 50 - 100 km/h und einer Flughöhe von 200 Metern, für 30 Minuten in der Luft. Ebenso wie die EHang 184 wird der „Volocopter“ ausschließlich elektrisch betrieben. (Ong T.2017: online)

Mit der Absicht Standards, Regelwerke und Richtlinien für einen sicheren Taxidrohnentverkehr zu erstellen, sollen Drohnenflüge weitere fünf Jahre in Dubai absolviert werden. (OECD 2018: S. 24)

Lieferdrohnen

Stellen wir uns vor, unsere Onlinebestellung wird per Drohne auf unseren Balkon geflogen. Eben diese könnte Nahrungsmittel für eine Woche zu unserer abgelegenen Berghütte liefern.

Ebenso wie Taxidrohnen haben auch Lieferdrohnen große Vorteile. Zum einen sind sie schneller als jedes andere Liefersystem, zum anderen können sie den Verkehrsstau umgehen und somit Verspätungen vermeiden. Des Weiteren können sie abgelegene Gebiete leichter erschließen und versorgen. (OECD 2018:S. 6) Wie bereits erwähnt, gilt der Begriff unbemanntes Luftfahrzeug auch für Drohnen von der Größe eines Flugzeugs. Wenn man bedenkt, dass Luftfracht, berechnet in Tonnen, derzeit ein Prozent des Welthandels ausmacht, könnte der Einsatz von Frachtdrohnen die Kosten erheblich senken. (OECD 2018:S. 26) Zum einen liegt dies daran, dass keine Crewkosten anfallen, zum anderen führen die dadurch eingesparten Kosten zu einer erhöhten Flugfrequenz zwischen Abflug- und Zielflughafen. Einhergehend damit reduzieren sich wiederum Lagerkosten am Herkunftsflughafen für noch auszuliefernde Artikel. (Hoeben 2014: online)

Um noch einen letzten Vorteil von Lieferdrohnen zu erwähnen, werfen wir einen Blick auf die 2017 durchgeführte Studie von Van Groningen. Darin analysierte er die Kosteneffizienz eines wöchentlich stattfindenden Langstreckenflugs zwischen Stuttgart und Shenzhen, mit einer Nutzlast von 5000 kg und vergleicht diesen mit anderen Verkehrsträgern wie Zügen und Schiffen. Die Studie zeigt, dass eine Frachtdrohne beim Transport von Kraftfahrzeuggütern um 17 Prozent effizienter ist als eine Boing 777 und im Vergleich zur Seeschifffahrt um 35 Prozent. Es darf allerdings nicht vergessen werden, dass der Wirkungsgrad von der Ladung und dem Zeitpunkt abhängig ist. (Van Groningen 2017: online)

Derzeit operieren Lieferdrohnen noch nicht im großen Maßstab. Und das, obwohl es weitaus mehr Versuche mit Lieferdrohnen (mit einer Fracht von bis zu 5 kg) gibt, als mit Passagierdrohnen.

Im Folgenden werden einige der bereits vorhandenen Fallstudien vorgestellt und beschrieben.



Abb. 6

Amazon prime air

Das wahrscheinlich bekannteste Unternehmen, das derzeit mit Lieferdrohnen experimentiert, ist Amazon, für das Service Amazon Prime. In der 2013 zum ersten mal publizierte Idee der Lieferung mittels Drohne verspricht das Unternehmen eine Lieferzeit von 30 Minuten. (Amazon 2018: online) UAVs haben eine begrenzte Kapazität, wenn es um die Ladung geht, die sie transportieren können. Allerdings gibt das Unternehmen an, dass 86 Prozent der bei ihnen getätigten Bestellungen unter 5 kg wiegen. (Wang 2015: online) Damit wurden Lieferdrohnen eine realistische Option für das Unternehmen. Auf Grund der strengen Vorschriften der Federal Aviation Administration (FAA) und dem vergeblichen Ansuchen Amazons diese zu lockern, verlagerte der Onlineanbieter seine Testzentren ins Ausland. Seit 2014 gibt es einen Standort in Großbritannien und seit 2015 in Kanada. Obwohl die FAA die Beschränkungen 2016 lockerte und den Betrieb von Drohnen außerhalb der Sichtweite (BVLOS / Beyond Visual Line Of Sight) ermöglichte, startete Amazon im Dezember 2016 seinen ersten Lieferflug in Cambridge, England und erweiterte seinen Service aufgrund des günstigen Drohnengesetzes in Großbritannien. (Oswald 2017: online) Erstmals 2017 führte das Unternehmen einen öffentlichen Flug auf öffentlichem Boden in den USA durch. Die Demonstration fand mit Unterstützung der FAA im Rahmen einer Konferenz in Kalifornien statt. (Glaser 2017: online)

Amazon interessiert sich nicht nur für Drohnen selbst; das Unternehmen hat auch ein Patent auf ein Multi-Level-Fulfillment-Center. Laut dem Internetriesen handelt es sich dabei um einen Drohnen-Hub, der sowohl als Lager, als auch Start- und Landeplattform für die Luftlieferanten dient. Diese, wie Bienenstöcke geformten Hubs, sollen in dichtem, städtischen Gebiet platziert werden. (Levin 2017: online)

Die Forschungsvereinigung SESAR JU erwartet, dass der von Lieferdrohnen bereit gestellte Service zunächst in Gebieten mit geringer Zugänglichkeit verfügbar sein wird. Dieser Umstand ist darauf zurückzuführen, dass die Regeln für das Überfliegen von dicht besiedelten Gebieten derzeit sehr streng reguliert sind und erst step-by-step angepasst werden müssen.



Abb. 7

DHL Drohne

Von Januar bis März 2016 lieferte das deutsche Zustellunternehmen DHL, eine Tochter der deutschen Post, Pakete an eine SkyPort-Paketstation in einem kleinen Dorf in Bayern. In diesem Zeitraum wurden 130 Lieferungen mit einer Nutzlast von bis zu 2 kg erfolgreich durchgeführt. Die meisten gelieferten Artikel waren Sportartikel sowie Medikamente. Wie DHL mitteilt, benötigte die Drohne nur 8 Minuten für die Versorgung, während die Fahrt mit dem Auto 30 Minuten gedauert hätte. (Süddeutsche Zeitung 2016: online)



Abb. 8

Flytrex in Reykjavik

Wer in Reykjavik lebt, kann sich sein Essen via Drohne liefern lassen. Das in Island ansässige E-Commerce-Unternehmen AHA liefert seit 2011 Lebensmittel aus. Da das Unternehmen den Wunsch verspürte, noch einen Schritt weiter zu gehen, tat es sich mit dem israelischen Startup Flytrex zusammen, um die Lieferungen schneller und effizienter zu gestalten. Seit Mitte 2017 sind nun Lieferdrohnen im Einsatz. Auf einer Route, die die beiden durch einen Fluss getrennten Stadtteile überspannt, fliegt die Drohne mit einer Nutzlast von bis zu 3 kg täglich etwa 20 mal. Die Flughöhe beträgt 50 Meter, die Drohne kann bis zu 35 Minuten in der Luft bleiben. Mit diesem neuen Transportsystem werden die Lieferzeiten um 20 Minuten und die Transportkosten um 60 Prozent gesenkt. (Shivali 2017: online)

In Zusammenarbeit mit der Icelandic Transport Authority (Icetra) hoffen AHA und Flytrex, die Anzahl der Routen erhöhen zu können und mit verschiedenen Luft-/Boden-Kreuzungspunkten zu experimentieren. (Banker 2017: online)



Abb. 9

Flirtey

Einen weiteren Ansatz in der aufstrebenden Drohnenbranche zeigt das ehemalige australische Start-up Flirtey, das 2013 als erster Lieferservice der Welt gegründet wurde. Flirtey beschränkt sich nicht nur auf ein Unternehmen, sondern bietet seinen Kunden auch einen Lieferservice in der Luft an. 2016 führte Flirtey den ersten von der FAA in den USA genehmigten, vollautonomen Drohnenflug in der Stadt durch. Ein weiterer Meilenstein kam für das Unternehmen im Mai 2018. Es wurde in das von der FAA zusammen mit dem Verkehrsministerium ins Leben gerufene AUS Integrationsprogramm aufgenommen. Dieses widmet sich der sicheren Integration von Drohnen in den nationalen Lufträumen. (Flirtey 2018: online)

Das Unternehmen arbeitet mit einer Hexacopter-Drohne, die ihre Waren in einer Lieferbox aus 50 Metern Höhe absenkt. Um unabhängig zu sein, hat Flirtey alles geliefert, von Pizza über Süßigkeiten bis hin zu medizinischen Artikeln. Als Director of Strategic Projects im Unternehmen führt Farshad Meshkati aus:

„The size of the delivery box is customized based on the specific goods delivered. We optimize it to our customers’ specific needs. The package is lowered via a tethered system.“ (Meshkati 2018: Email)



Abb. 10

Drohnen-Van-System von Matternet, Daimler und siroop

Die sichere Luft-Boden-Schnittstelle erweist sich als große Herausforderung bei der Entwicklung der Frachtzustellung. Der US-amerikanische Drohnenentwickler Matternet testet zusammen mit dem Schweizer Online-Marktplatz siroop und Daimler Benz ein auf Transportern und Drohnen basierendes System für die On-Demand-Auslieferung. (Rosenthal 2017: online) Während eines dreiwöchigen Pilotprojekts können Kund_innen auf siroops Online-Plattform ausgewählte Produkte bestellen, die für den Transport mit einer Matternet-Drohne geeignet sind. Darunter befinden sich zum Beispiel Unterhaltungselektronik und andere E-Commerce-Artikel mit einem Gewicht von bis zu zwei Kilogramm. Die Lieferung erfolgt noch am selben Tag. Die Drohnen werden direkt beim Händler verladen und fliegen in einen von zwei, mit Präzisionsladetechnik ausgestatteten, Mercedes-Benz Vito-Transportern. Der Van hält an einem von vier vordefinierten Punkten in der Stadt Zürich. Den so genannten „Rendezvous-Punkten“. Dort nimmt der/die Fahrer_in des Vans das Produkt in Empfang und liefert es an den Kunden, die Kundin aus. Während dessen kehrt die Drohne zum/r Einzelhändler_in zurück. (Rosenthal 2017: online) Das Bundesamt für Zivilluftfahrt der Schweiz (BAZL) hat dem Projekt im September 2017 zugestimmt.

Für das Unternehmen Matternet war die Sicherheit ein Hauptanliegen. Im Zuge dessen stattete es seine Drohnen mit der selben „sense and avoid“ Technologie aus, die auch von Hubschraubern benutzt wird. Des Weiteren wurden die Flugobjekte mit Fallschirmen ausgerüstet, die im Falle einer Störung eine sichere Landung ermöglichen. (Rosenthal 2017: online)

Trotz aller Vorteile geben Lieferdrohnen auch Anlass zur Sorge. Nicht nur die Gewährleistung der Sicherheit beim Einsatz von Drohnen spielt hier eine große Rolle, sondern auch die damit verbundenen Emissionen, sowie Auswirkungen auf die Arbeitsplätze. Darüber hinaus werden Bedenken bezüglich der visuellen Annehmlichkeit und des Lärms geäußert, wenn die Frage nach passenden Hub-Standorten aufscheint.

Drohnen für Untersützungsmissionen

Wie bereits erwähnt, haben Drohnen bereits eine lange Tradition in der Übernahme von Arbeiten, die für einen Menschen entweder nicht möglich, zu gefährlich oder nicht auf so effiziente Art und Weise auszuführen sind, wie mittels Flugkörpern. Seit den 1980er Jahren werden Drohnen kommerziell eingesetzt. In Japan sprühte man damit Pestizide auf Reisfelder und große Energieunternehmen inspizierten ihre Pipelines und Windturbinen. (Thornhill 2016: online)

Heutzutage leisten Drohnen dort Einsatz, wo das Gebiet groß und/oder schwer zu inspizieren ist. Sie werden in großer Vielfalt eingesetzt. Zum Beispiel:

- Filmbranche/Fotografische Aufnahmen aus großer Höhe
- Inspektion von Bauplätzen
- Wetter Berichterstattung (z. B.: bei Sturmwarnung)
- Risikoüberwachung (z. B.: für Versicherungen)
- Geo mapping
- Internet Dienstleistungen
- Luftverkehrs- und Sicherheitsüberwachung
- Geländesuche und Rettung
- Überwachung von Wasserstraßen und Schifffahrt (Divya 2017: online)

Darüber hinaus prognostiziert PricewaterhouseCoopers (PwC), dass Drohnen Auswirkungen auf Geschäftszweige wie Landwirtschaft, Infrastruktur, Unterhaltung, Versicherung, Telekommunikation, Bergbau und Sicherheit haben werden. Der Marktwert dieser kommerziellen Anwendungen wird voraussichtlich erheblich steigen. (PwC 2016: S. 3ff.) Zusätzlich können lebensbedrohliche Unfälle auf Baustellen um 91 Prozent reduziert werden, wenn diese durch Drohnen überwacht werden. (PwC 2017: S. 6) UAVs können aber nicht nur präventiv wirken, sondern auch im Falle eines Unfalls Erste-Hilfe-Kits zur betroffenen Person fliegen oder Rettungsgeräte bereit stellen.

Wie das Beispiel der New York Power Authority (NYPA) zeigt, können Drohnen

nicht nur schneller arbeiten, sondern auch kostengünstiger. 2017 wurde eine Drohne zur Inspektion des „ice booms“ eingesetzt. Diese zwischen dem Erie See und Niagara Fluss liegende Vorrichtung wurde errichtet, um die Menge an Eis, die in den Fluss eindringt, zu reduzieren. Eine Inspektion durch eine Besatzung oder einen Hubschrauber hätte 3.300-3.500 Dollar gekostet. Einmal gekauft, betragen die Lohnkosten für die Drohne weniger als 300 Dollar. (Smith 2017: online)

Als dritter Schlüsselfaktor für den Einsatz von Unterstützungsdrohnen kommt neben den bereits erwähnten (Sicherheit und Kosteneffizienz), die verbesserte Information hinzu. Drohnen sind mit zahlreichen Sensoren ausgestattet, die hochauflösende Bilder für Wartung und Planung sowie Live-Informationen liefern können. Während eines Konzerts, oder einer Sportveranstaltung kann in kritischen Situationen dank Echtzeitübertragung, sofort reagiert und so Unruhen oder Massenpaniken vermieden werden. (OECD 2018: S. 29)

Drohnen im humanitären Einsatz

Ist der Einsatz von Drohnen, nach einer Flutkatastrophe, einem Erdbeben oder einem Sturm sinnvoll? Können UAVs für humanitäre Hilfe eingesetzt werden? Die Antwort lautet, Ja. Sie können und sie werden bereits eingesetzt. Wie eine Umfrage der FSD unter „Drones in Humanitarian Action“ zeigt, werden Drohnen bereits in verschiedenen Ländern der Welt eingebunden. Ein Problem, das immer wieder auftritt, sind die fehlenden, rechtlichen Rahmenbedingungen. Ein zeitnahe Einsatz wird aus diesem Grund oft nicht schnell genug möglich gemacht. Regierungen arbeiten jedoch bereits zusammen um die Vorschriften entsprechend anzupassen und ein globales Regelwerk zu schaffen. (OECD 2018: S. 29) Unter den humanitären Helfern wird der Einsatz von Drohnen meist als positiv bewertet. Auffällig ist, dass die Mehrheit sich mehr Aufklärung über die Grenzen, Fähigkeiten, Vor- und Nachteile der Flugobjekte wünscht. Um die Technologie optimal nutzen zu können, muss Wissen um den richtigen Einsatz vorhanden sein. Auf der anderen Seite gibt es diejenigen, die befürchten, dass der Einsatz von Drohnen, insbesondere in Ländern mit einem Konfliktumfeld, als Straftat oder sogar als eine militärische Straftat angesehen werden könnte. Dies könnte dazu führen, dass sie als „gut“ oder „böse“ eingestuft werden und damit in weiterer Folge die Meinung der Bevölkerung im Hinblick auf humanitäre Hilfe spalten. Darüber hinaus ist die Sorge zu erwähnen, dass Drohnen keine Menschen sind und keine humanitäre Hilfe leisten können. Im Großen und Ganzen spricht sich die Mehrheit für den Einsatz von Drohnen aus. Zu den vier häufigsten Anwendungsgebieten gehören:

- Kartierung
- Überwachung
- Suche & Rettung
- Lieferdienste (FSD 2017: S. 19ff.)

Militärdrohnen

Ihren Ursprung haben Drohnen im Militär. Während des Ersten Weltkriegs wurden die ersten Drohnen gebaut und mittels Katapulten oder per Funk abgefeuert. Sie wurden hauptsächlich als Waffen eingesetzt. Die Produktion von Flugtorpedos begann 1918, wurde aber mit Kriegsende eingestellt. In der Zeit zwischen Erstem und Zweitem Weltkrieg forschten vor allem Großbritannien und die USA auf dem Gebiet der UAVs. Im Vietnamkrieg kam es dann zum erstmaligen Einsatz von Aufklärungsdrohnen. Zur selben Zeit wurde man auch auf andere Verwendungszwecke aufmerksam. Dazu zählten unter anderem der Einsatz als Lockvogel im Kampf, das Abwerfen von Flugblättern oder auch das Ausspähen gegnerischer Gebiete. (IWM 2018: online)

Bilddaten aus Ländern wie Nordvietnam oder China zu sammeln, ohne das Leben von Pilot_innen aufs Spiel zu setzen, oder einen diplomatischen Ausfall zu riskieren, war damals an der Tagesordnung. Jedoch waren Drohnen zu diesem Zeitpunkt unzuverlässig, teuer und es war ihnen nur möglich im Bereich des analogen Funksignals des/der Pilot_in zu fliegen. Oftmals mussten sie daher einem anderen Flugzeug hinter her fliegen. Der Durchbruch kam, als Edward M. Sorenson Enderson seine Erfindung patentieren ließ. Diese ermöglichte die Steuerung der Drohnen vom Boden aus. Nach dem Krieg zeigten auch andere Länder Interesse an der Technologie und begannen nach möglichen Verwendungsmöglichkeiten zu suchen. (Kashyap: 2018: online)

Als die israelischen Streitkräfte in den 80er Jahren UAVs einsetzten, um den Sieg über die syrische Luftwaffe mit minimalen Verlusten zu erzielen, hatte der Einsatz von Drohnen seinen militärischen Durchbruch. In den 1990er bis 2000er Jahren folgte der Bau vieler Überwachungsdrohnen. Entweder um Flüchtlinge zu suchen, geheime Verstecke auszumachen, oder nur der Überwachung wegen. Diese Vorkommnisse führten dazu, dass Drohnen heutzutage länger in der Luft bleiben und in größeren Höhen agieren können. (Kashyap 2018: online)

Um die Brücke nach Österreich zu schlagen- das Militär hier besitzt derzeit 18 Drohnen. Hauptsächlich zur Verwendung in Aufklärungsmissionen. Während der Flüchtlingskrise lieferten die UAVs Live-Feeds. Diese dienten der Prävention von Einbrüchen oder dem Entdecken von Grenzgänger_innen. (Weichhart 2016: online)

Gesetzeslage in Österreich

Wie bereits erwähnt, entwickelt sich die Drohnentechnologie und damit die vielseitigen Einsatzmöglichkeiten so schnell, dass es für die Regulierungsbehörden eine Herausforderung ist, bereits bestehende Systeme und Regelwerke zu adaptieren. Im Juni 2019 kam es zu einer europäischen Regelung durch die EASA (European Aviation Safety Agency) für den sicheren Betrieb unbemannter Flugzeugsysteme im EU-Raum. Im Jahr zuvor veröffentlichten OECD und ITF ein Papier, in dem die 59 Mitgliedsstaaten am Status Quo der UAV zusammengearbeitet und vereinbart hatten, welche Schritte als nächstes unternommen werden müssen. (OECD 2018: S. 2)

In Österreich bietet die Austro Control einen Rahmen für Freizeitdrohnen unter 150 kg (alles darüber fällt unter der Beschränkung der EASA), der in die Klassen 1 und 2 unterteilt ist. Klasse 1 bezieht sich auf UAVs innerhalb der Sichtlinie (VLOS), während Klasse 2 sich auf UAVs außerhalb der Sichtlinie (BLOVS) bezieht. Das Gewicht und das Gebiet, in welchem sie eingesetzt werden sind weitere Unterkategorien der Klasse 1 Drohnen.

Alle Flüge müssen zuerst von der Austro Control genehmigt werden. Es ist wichtig darauf hinzuweisen, dass es sich hier um Drohnen handelt, die nicht ausschließlich zum Zweck des Flugs selbst betrieben werden. Sie benötigen keine Erlaubnis für:

- Drohnen, die nicht schwerer als 250 Gramm sind und eine Flughöhe von 30 Metern nicht überschreiten können. Ob sie mit einer Kamera ausgestattet sind oder nicht, ist in diesem Fall irrelevant.
- Drohnen, die unter 25 kg wiegen, in einem Radius von 500 Metern betrieben und nicht für einen kommerziellen Nutzen geflogen werden, sowie über keine Kamera verfügen. (ÖAMTC 2018: online)

Allen genehmigungsbedürftigen Anforderungen ist gemeinsam, dass der Betreiber oder die Betreiberin 16 Jahre alt sein muss. Des Weiteren muss das Flugzeug bis zu 750.000 SZR (Sonderziehungsrecht) versichert sein und die Einsatzgrenzen müssen angegeben werden. (Austro Control 2015: S. 1ff.)

Für Drohnen der Klasse 2 gelten laut Austro Control die selben Bestimmungen wie für Zivilflugzeuge. Die UAVs werden auf ihre Konstruktion hin überprüft und ein Pilot_innenschein ist notwendig. Der Betrieb ist nur im Einzelfall nach Erprobungsbewilligung zulässig. (Austro Control 2019: online)

Sicherheits- & Datenschutzbedenken

Stellen wir uns eine Drohne als Computer in der Luft vor. Ein Computer kann gehackt werden, eine Drohne auch. Folglich ist sie nicht vor Cyber-Angriffen gefeit. Geeignete Maßnahmen zu treffen um diese zu verhindern, ist eine der Hauptaufgaben der aktiv am technologischen Prozess beteiligten Interessensgruppen.

McAfee Labs hat in seinem 2017 veröffentlichten „Threat Prediction Report“ erstmals den Begriff „Dronejacking“ erwähnt und die zunehmende Sicherheitsbedrohung durch diesen sichtbar gemacht. Auf der DefCon, der weltweit größten Hacking-Konferenz, wurde 2015 gezeigt, wie einfach es ist sich, in das System einer kleinen Spielzeugdrohne zu hacken und es fremd zu steuern. (Culpan 2015: online) Das Hacken eines Kinderspielzeuges mag auf den ersten Blick noch weniger gefährlich wirken. Wohingegen die Vorstellung, dass eine Frachtdrohne der Größe eines Airbus „gedronejacked“ wird ein andere Dimension eines Sicherheitsrisikos aufzeigt. Auch die Angst vor dem Missbrauch dieser Technologie durch terroristische Vereinigungen liegt hier nahe. Drohnen sind häufig so konzipiert, dass sie schnell und einfach eingerichtet werden können. Daher verwenden sie unverschlüsselte Kommunikation, die leichter zu hacken ist. Aber nicht nur das stellt eine Bedrohung

dar. Drohnen selbst tragen sensible Daten, die geschützt werden müssen. Zum Beispiel Informationen über den Benutzer/die Benutzerin der Drohne, die Flugroute, sowie die Daten, die die Drohne sammelt, sofern sie als Unterstützungsmissions-Drohne verwendet wird. McAfee gibt an, dass diese Sicherheitsrisiken bei kommerziell genutzten Drohnen leicht durch eine regelmäßige Aktualisierung der Software behoben werden können. Jedoch steht diese schnelle und sichere Lösung meist nur für High-End-Produkte von großen, global agierenden Unternehmen zur Verfügung. (McAfee 2016: online)

Sicherheitsprobleme sind jedoch nicht der einzige Grund zur Besorgnis im Umgang mit UAVs. Fragen zum Datenschutz stellen sich ebenfalls sofort. Die meisten Drohnen sind mit Sensorik und / oder Kameras ausgestattet. Das Beispiel Schweden zeigt, wie die Regierung versucht hat, mit Datenschutzproblemen umzugehen.

2016 kündigte das schwedische Gericht an, dass Kameradrohnen unter das Gesetz für Überwachungs-ausrüstung fallen sollen. Für die Verwendung ist eine Lizenz erforderlich. Die Genehmigungen können sehr teuer sein und die Bezahlung ist keine Garantie dafür, dass sie erteilt werden. Journalis_innen und Fotograf_innen machten Ausnahmen von der Regel. Eine Interessenvertretung für den Handel, die behauptete, sie würde Tausende von Arbeitsplätzen gefährden, kritisierte dieses Urteil massiv. (BBC 2016: online) Seit dem 1. August 2017 ist dieses Urteil nicht mehr gültig. Das schwedische Parlament hat ein Gesetz verabschiedet, das es Privatpersonen erlaubt, eine mit Kameras ausgestattete Drohne ohne Lizenz zu betreiben. Um die Datenschutzrechte weiterhin zu gewährleisten, verweist Schweden auf seine „missbruksregel“ im schwedischen Datenschutzgesetz.

„The missbruksregel specifically states that an action ‘may not be performed, if [the action] violates personal integrity’.” (Hofverberg 2017: online)

Es wurde ein Leitfaden veröffentlicht, der dem Betreiber/der Betreiberin hilft, zu entscheiden, ob er oder sie mit seinen oder ihren Handlungen gegen die Datenschutzrechte verstößt. Und um das Interesse des Einsatzes der Drohne gegen das Interesse jeder Person abzuwägen, gegen die verstoßen werden könnte. Weiters erlaubt das Gesetz es einer Person, die sich durch den Einsatz einer Drohne verletzt fühlt, eine Entschädigung zu fordern. (Hofverberg 2017: online)

Die Firma NoFlyZone geht einen anderen Weg. Dem Unternehmen können Adressen (No-Fly-Zones) gemeldet werden. Sobald die Software der Drohne und die Software des Unternehmens aktualisiert werden, weiß die Drohne wo sie nicht fliegen darf. (Jensen 2016: S. 71) Eine einfache Lösung, wie es scheint. Es bleiben jedoch einige Fragen offen. Muss man bei einem bestimmten Hersteller kaufen? Was ist mit Drohnen, die nicht die benötigte Software haben, etc.?

Eine andere Herausforderung ergibt sich durch die Tatsache, dass Drohnen fliegen. Es muss also nicht nur mehr zweidimensional gedacht werden (wie bei Autos), sondern auch die dritte Dimension berücksichtigt werden. Im Juni 2019 hat die EASA die „Commission Delegated Regulation (EU) 2019/945 & Commission

Implementing Regulation (EU) 2019/947“ veröffentlicht. Einen europäischen Rechtsrahmen für den sicheren Betrieb unbemannter Flugzeugsysteme. (EASA 2019: online)

Mit jeder neuen Technologie entstehen auch die Möglichkeiten, diese Technologien zu missbrauchen. Wenn wir den Schritt weiter gehen und Drohnen zu unserer neuen Zukunft machen wollen, müssen wir ein Umfeld für sie schaffen, in dem die Sicherheit der Öffentlichkeit und der Schutz unserer Privatsphäre oberste Priorität haben.

Safety issues

Zur Einführung des Automobils in Wien wurde ein Lehrfilm veröffentlicht, der den Menschen den Umgang mit der neuen Technologie erklären sollte. Allerdings nicht in Hinsicht darauf, wie man ein Auto fährt, sondern wie man sich als Passant_in zu verhalten hat. Für eine kurze Unterredung auf der Straße stehen zu bleiben, oder ohne nach rechts und links zu sehen die Straße zu überqueren waren nun keine Optionen mehr. Zumindest keine sicheren. Durch die Einführung von UAVs in unserer Umgebung sind ebenso Verhaltensweisen zu überdenken und Regeln zu berücksichtigen. Wir müssen nicht nur über die Sicherheit aus unserer persönlichen Sichtweise nachdenken, sondern auch die der Aufsichtsbehörden berücksichtigen. Mit, durch an Bord anwesende Pilot_innen, gesteuerten Flugzeugen beschäftigen wir uns in unserem täglichen Leben. Wir sind mit den Sicherheitsinformationen an Bord vertraut und wissen, dass im unwahrscheinlichen Fall einer Fehlfunktion immer der/die Pilot_in die Kontrolle übernimmt. Er/Sie und die Crew sind speziell für solche Ereignisse geschult. Um Kollisionen in der Luft zu vermeiden, ist die Sehfähigkeit des Piloten, der Pilotin, die Fähigkeit auf die wir uns verlassen.

Verlassen wir uns auf eine Drohne, müssen die Sicherheitsfunktionen durch eine Maschine ersetzt werden, die gut oder sogar noch besser funktionieren muss als ein/e menschliche/r Bediener_in. Zum Beispiel könnte „Sense and Avoid-Technologie“ verwendet werden, um das Sehvermögen des Piloten, der Pilotin zu ersetzen. Um ohne Pilot_in an Bord arbeiten zu können, ist eine komplexe Technologie und ständige Softwareaktualisierung erforderlich, die für die Sicherheit unbemannter Luftfahrzeuge nach wie vor ein großes Problem darstellt. Besonders wenn die Fracht so wertvoll ist, wie ein menschliches Leben.

Es ist kein Geheimnis, dass Tragödien passieren und Flugzeuge abstürzen. Der Flugverkehr fordert Todesopfer. Dieser Umstand wird von der Bevölkerung akzeptiert, da die Technologie des Fliegens ihr erlaubt in kürzester Zeit von einem Ende der Welt zum anderen zu fliegen. UAVs werden ebenfalls abstürzen und Menschen werden dabei ums Leben kommen. Die Aufsichtsbehörden müssen hier das sogenannte „Target Level of Safety“ (TLS) festlegen, das die mittlere Anzahl von Kollisionen pro Flugstunde definiert, bei denen es zu Unfällen kommen könnte. (OECD 2018: S. 36)

Die in dieser Arbeit behandelten Lieferdrohnen müssen ebenfalls auf die Sicherheit in Bezug auf Fußgänger_innen überprüft werden. Eine Drohne, die vom Himmel fällt,

kann jemanden schwer verletzen oder sogar töten. Damit das Flugobjekt auch bei einer Störung funktionsfähig bleibt, müssen mindestens sechs Rotoren vorhanden sein. Wenn ein Motor ausfällt, können die anderen fünf Rotoren die Drohne immer noch am Himmel halten. Zwei Motorschäden an den Propellern führen dazu, dass sie nicht mehr fliegen kann, jedoch noch sicher landen kann. (Flynt 2017: online)

Darüber hinaus entwickelt das österreichische Unternehmen „Drone Rescue“ Drohnenfallschirme für Multikopter. Die Firma erklärt:

„The parachute safety solution works autonomously and independent from the drone and ejects the parachute in a fraction of a second, enabling a safe commercial and private drone usage even over crowded places. The main goal of our new product is to reduce the risk of harming people on the ground and to bring down the expensive equipment safely when it comes to a malfunction of drones up in the air.“ (Drone Rescue 2018: online)

Drohnenprojekte

Drohnen sind nicht nur ein Thema für Infrastrukturfachleute oder die Luftfahrtbranche. Auch wir als Architekt_innen und Designer_innen müssen uns bewusst sein, dass UAVs die Art und Weise verändern, wie wir Straßen, Häuser, Parks, sagen wir ganze Städte, planen. Unabhängig davon was Drohnen befördern, ob Passagiere, Pakete oder Erste Hilfe, sie benötigen Drohnen-Hubs. Standorte an denen sie gelagert und aufgeladen werden können, ihre Pakete entgegen nehmen und mit der Lieferung beginnen können. Gerade in Ballungsräumen müssen diese Hubs in die Stadtlandschaft integriert werden. Die folgenden Beispiele zeigen zwei Projekte, die sich auf unterschiedliche Art und Weise mit dieser architektonischen Aufgabe befassen.

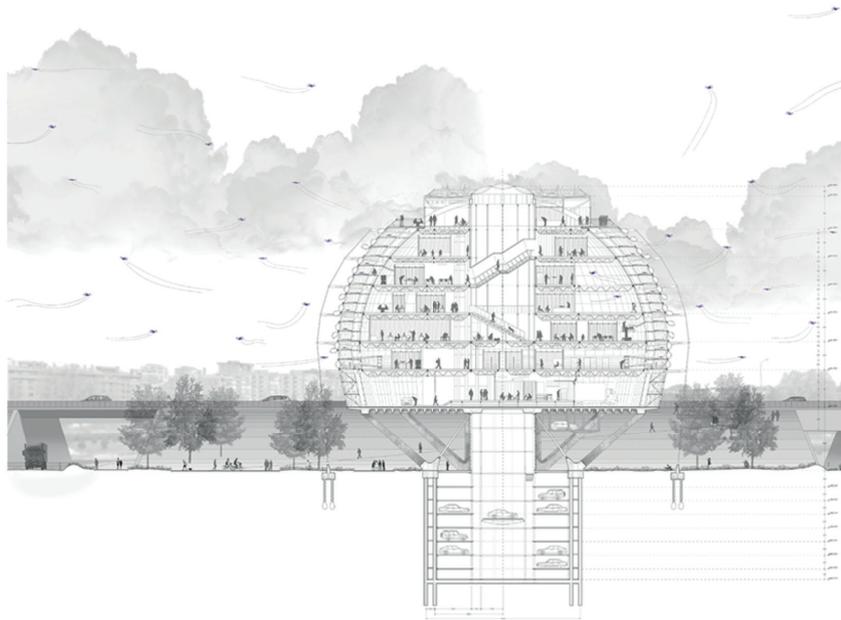


Abb. 11

Saül Ajura Fernández - Droneport

Die studentische Arbeit Saül Ajura Fernández schlägt einen Drohnen-Hub in Madrid vor. Der Hub, in der Form einer gigantischen Kugel, beinhaltet ein Logistikzentrum, sowie ein staatliches Institut für Technologieentwicklung. An der Außenhaut des Gebäudes befinden sich die Hangars für die Drohnen. Umschlossen wird der Hub von drei Parks. Um den Gehfluss der Besucher_innen dieser nicht all zu sehr zu stören, wurde die erste Etage angehoben. (Cooke 2016: online)



Abb. 12



Abb. 13

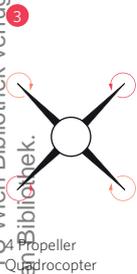
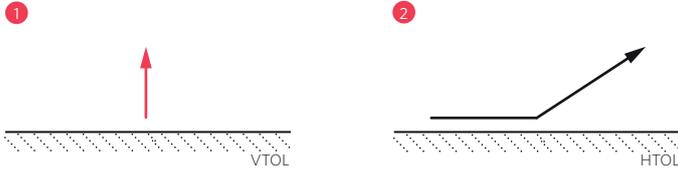
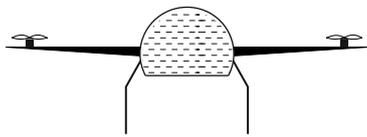
PriestmanGoode - Dragonfly

Um die wachsende Nachfrage nach Lieferlogistik zu unterstützen und die bereits überlasteten Straßen nicht noch mehr mit Lieferfahrzeugen zu verstopfen, entwickelte die Londoner Designfirma PriestmanGoode ein Konzept für ein Drohnen-Liefersystem. Benannt wurde dies, nach der Assoziation mit dem Insekt, „Dragonfly“. Autonome Binnenschiffe an den Flüssen fungieren als mobile Verteilstellen und Ladestationen. Die Drohnen, die weniger robotisch konstruiert sind, um für die Bevölkerung weniger bedrohlich zu wirken, nehmen ihre Pakete auf und liefern sie an Docking-Pads, die in die Fassade von Gebäuden integriert sind, sowie auf Dächer. PriestmanGoode geht davon aus, dass die Stadt und ihre Gebäude künftig für die Unterbringung der Drohnen-Technologie konzipiert werden. (PriestmanGoode 2018: online)

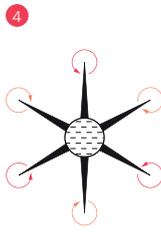


Abb. 14

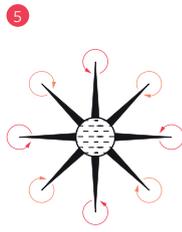
Ergänzungsseite Neufert Drohnen



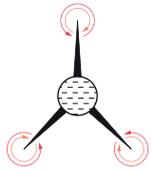
4 Propeller Quadcopter



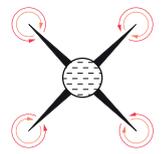
6 Propeller Hexacopter



8 Propeller Octocopter



6 Propeller 2 Ebenen



8 Propeller 2 Ebenen

Beispiel: SkyEye Nano 2

47 cm x 4 cm / h 2 cm

Beispiel: Walkera Tali H500

47 cm x 54 cm / h 27 cm

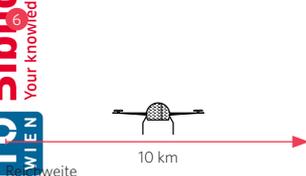
Beispiel: Octocopter X8 BSE Airpix

120 cm x 120 cm / h 50 cm

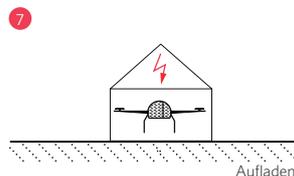
13 g

2020 g

12.000 g



10 km



Aufladen

Drohnen sind unbemannte Luftfahrzeuge, auch genannt UAVs (unmanned aerial vehicles) die keinen menschlichen Betreiber befördern, ferngesteuert oder autonom fliegen und eine Nutzlast befördern können. (Jensen, 2016) Es existiert eine Vielzahl an Arten von Drohnen. Zwei mögliche Einteilungen werden im folgenden beschrieben.

M | 1:25

AUFSTIEG UND LANDUNG

Ob Drohnen senkrecht starten können, oder eine Rollbahn für Start und Landung nötig ist, ist eine Möglichkeit die unbemannten Flugobjekte zu kategorisieren. Die gängigen Bezeichnung VTOL (vertical take off and landing) und HTOL (horizontal take off and landing) werden im Fachjargon hierfür genutzt. Im folgenden werden nur VTOL Drohnen genauer beschrieben.

Maßstabslos

PROPELLER VARIANTEN & BEISPIELE

Oft werden Drohnen auch nach der Anzahl ihrer Propeller kategorisiert. Vom Tricopter bis hin zu Multicoptern mit bis zu 16 Propellern (Taxidrohne von Volocopter) ist alles vertreten. Um das Feld übersichtlich zu halten und die Relevanz für diese Arbeit im Auge zu behalten, werden hier drei Propeller Varianten beschrieben.

Der **Quadcopter** gilt als Einsteigermodell. Oft genutzt, um Videoaufnahmen für Familie und Freunde zu generieren, oder einfach nur das Fliegen zu lernen. **Hexacopter** und **Octocopter** bilden die fortgeschrittenen Modelle, welche unter anderem für Filmaufnahmen und journalistische Tätigkeiten eingesetzt werden. Je mehr Propeller, desto sicherer ist die Drohne.

Im Vergleich zu einem **Quadcopter** kann bei einem **Hexacopter** ein Propeller ausfallen und die Drohne ist noch flugtauglich. Bei Ausfall von zwei Propellern ist Fliegen nicht mehr möglich, jedoch sicheres Landen. (Flynt, 2017)

Allerdings erhöht sich mit der Propelleranzahl auch das Gewicht der Drohne, was sich weiters auf die Leistung auswirkt. Hier ist individuell zu überlegen, welches Modell für welchen Zweck gebraucht wird.

Maßstabslos

M | 1:25

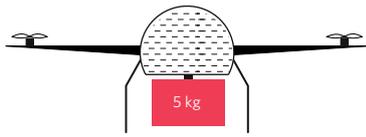
Anhand der Beispiele wird der Zusammenhang von Propelleranzahl und Drohnengröße deutlich. Auch die angesprochene Gewichtszunahme (vor allem der höheren Anzahl an benötigten Akkus geschuldet) ist evident..

DISTANZ & ENERGIE

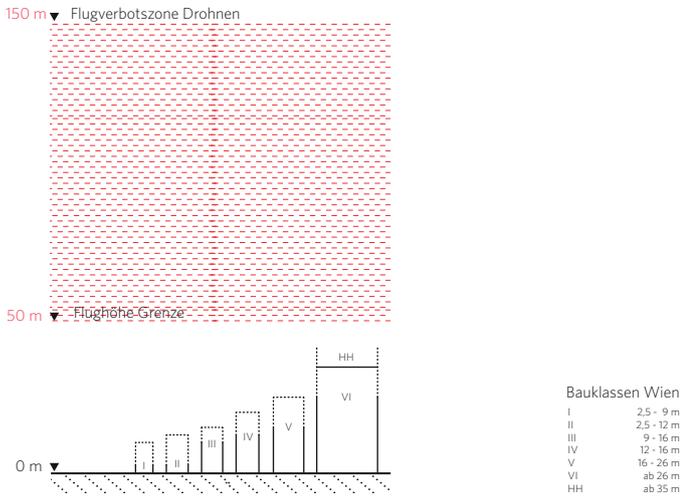
Nach eingehender Recherche von Pilotprojekten mit Drohnen Lieferservices (Matternet, Amazon, ...) und unter der Berücksichtigung, der im Folgenden beschriebenen Traglast, scheint eine Reichweite von **10 km** realistisch. Drohnen werden in der Regel mittels Lithium Akkus mit Energie versorgt. Nach erbrachter Distanz können diese an flexibel verteilten Stationen, oder zentral aufgeladen werden. Die Ladezeit beträgt ca. 1-2 Stunden. Wichtig beim Ladevorgang ist dabei der Schutz der Drohne vor äußeren Einflüssen, wie Wind und Regen.

M | 1:100
M | 1:250000

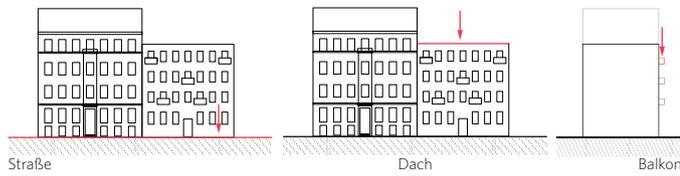
8



9



10



11

12

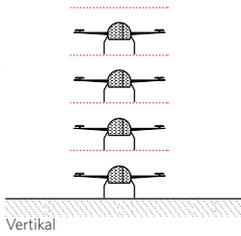
LANDEMÖGLICHKEITEN

Drohnen können in der Regel auf jedem festen Untergrund landen. Mögliche Landeplätze für Drohnen im Stadtraum sind zum Beispiel: **Dächer**, Vorrichtungen an **Balkonen**, sowie der **Straßenraum**. Damit die Ladung von Paketdrohnen sicher verwahrt ist und eine Abholung durch den oder die Empfänger_in möglich, empfiehlt es sich Paketboxen auf den Dächern und den Straßen zu installieren. Im öffentlichen Raum können diese weitere Funktionen (Sitzmöbel, Ladestationen, etc.) erfüllen.

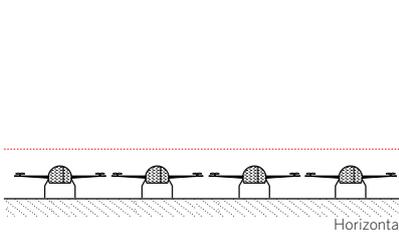
M | 1:2500

M | 1:2500

13



14



DROHNEN UNTERBRINGUNG

Die Paketdrohnen müssen nach getaner Arbeit, oder auch zum Laden, in einem Hub 'geparkt' werden. Ob in **vertikaler**, oder **horizontaler** Ausrichtung, ist für die Drohnen irrelevant. Relevanz hat, vor allem im Stadtraum, der Platzbedarf. Des Weiteren benötigen die UAVs die meiste Energie für den Aufstieg, und die Landung. Eine Unterbringung in einem vertikal orientierten Gebäude ist somit sowohl aus Platzgründen, als auch bezüglich des Energieverbrauches sinnvoll.

M | 1:100

Vertical Farming

Einführung

7,7 Milliarden Köpfe sind nicht einfach satt zu kriegen. (Statista 2019: online) Dass dies halbwegs funktioniert, haben wir dem Erfinden der Landwirtschaft zu verdanken. Noch vor 15.000 Jahren existierte diese Methode nicht und heute nutzen wir eine Fläche der Größe Süd Amerikas landwirtschaftlich. (Despommier 2010: S. 1) Dass das bisher betriebene Anbauen auf langfristige Sicht keine Lösung mehr ist, um die Weltbevölkerung mit Nahrung zu versorgen, ist im Hinblick auf Flächen und deren Zerstörung absehbar. Eine mögliche Lösung bieten Vertikale Farmen. Diese tun sich, zumindest in unseren westlichen Breitengraden, mit ihrer Popularität noch schwer, sind allerdings nicht so neu, wie sie vermarktet werden. Bereits in den 1960er Jahren entwarf der Wiener Maschinenbauer Othmar Ruthner ein Turmgewächshaus. Das 20 Meter Hohe Glasgebäude wurde auf dem Forschungsgelände der Bayer-Werke in Leverkusen errichtet. Leider fehlen Informationen, wie und ob es in Betrieb genommen wurde und warum es nicht erhalten blieb. (Barwanietz 2013: online) Die kleine Schwester des Vertical Farmings ist uns schon eher ein Begriff. Das Urban Farming. Dabei geht es darum Dachflächen, oder ehemalige Brachflächen zu bebauen und zur Selbstversorgung zu nutzen. Die Vertikale Farm geht einen Schritt weiter und multipliziert das Anbausystem in die Höhe. So kann, ohne weiteren Bodenverbrauch, genug angebaut werden, um einen ganzen Bezirk/ eine ganze Stadt zu versorgen. Anzumerken ist, dass die vorliegende Arbeit sich Vertikalen Farmen widmet, die ausschließlich dem Anbau von Pflanzen dienen. Es gibt weiter führende Ideen und leider auch traurige Beispiele von Vertikalen Tierfarmen. Eines dieser steht in Sachsen- Anhalt. Das Schweinehochhaus. Ein Überbleibsel aus den Zeiten der DDR, welches noch bis 2018 in Betrieb war. Im Moment ist es auf Grund von Tierschützer_innen Protesten still gelegt.

Funktionsweise

Pflanzen benötigen (Sonnen-)Licht, Nährstoffe und eine mehr oder weniger konstante Temperatur, um zu gedeihen. (Despommier 2010:S. 183) Der herkömmliche Anbau pflanzt den Setzling in Erde, dieser wird regelmäßig gegossen, gedüngt und gedeiht mittels Sonnenlicht und je nach Bedarf, künstlicher Beleuchtung. Wie noch näher erläutert wird, benötigt diese Art des Anbaus enorme Mengen an Wasser. Des

Weitere wäre die Erde, in den Massen, in denen sie gebraucht wird, viel zu schwer für den Einsatz in Hochhäusern. Hier kommt uns das Wissen über hydroponische und aeropone Anbaumethoden zu Gute.

Hydroponische Systeme verzichten auf den Einsatz von herkömmlicher Erde. Die Wurzeln der Pflanzen stecken in einer Nähstofflösung, die ihnen zum Wachstum ausreicht. (1) (Despommere 2010: S. 163)

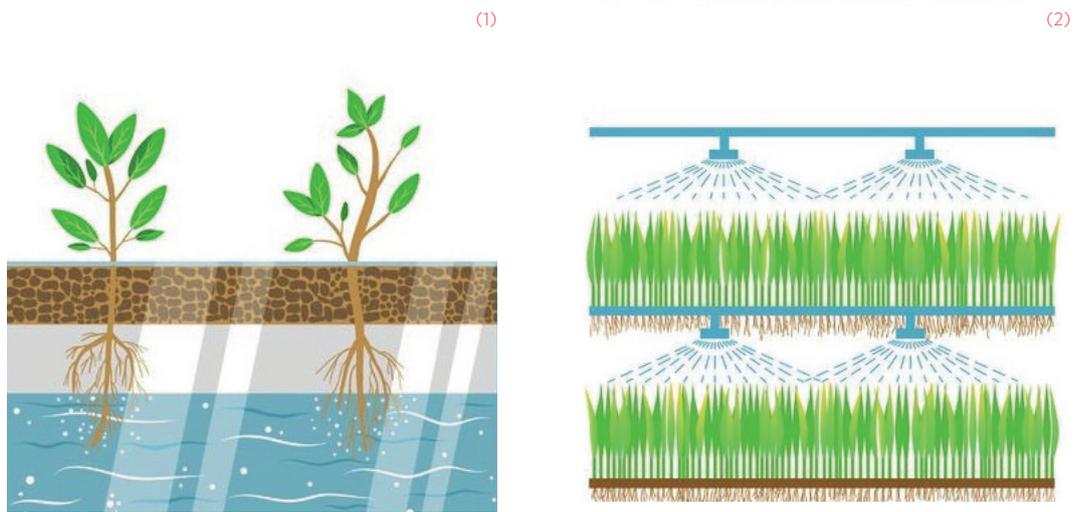


Abb. 15
Abb. 16

Bei aeroponen Systemen hängen die Wurzeln der Pflanzen frei in der Luft und werden in regelmäßigen Abständen mit einer Nähstofflösung besprüht. (2) (Despommere 2010: S. 163)

Vorteile

Schätzungen der U. N. zu Folge werden 2050, 68 Prozent der Weltbevölkerung in Städten leben. Das bedeutet einen Zuwachs von circa 2,5 Milliarden Menschen in urbanen Regionen. (Griffiths 2018: online) Dieser Wachstum stellt die Landwirtschaft vor beinahe unmögliche Herausforderungen. Eine Fläche der Größe Brasiliens müsste für die Versorgung der neuen Bewohner_innen zur Verfügung gestellt werden. Dies wäre nur mittels Abholzung wertvoller Wälder möglich. Durch den Einsatz von vertikalen Farmen kann dem entgegen gewirkt werden. Sogar eine Aufforstung ist denkbar, da jeder Hektar einer Vertical Farm, die Rückführung von 10-20 Hektar Farmlandens in seinen ursprünglichen Zustand ermöglichen kann. (Despommere 2010: S. 76 ff.)

Ebenfalls weniger ressourcenintensiv sind Vertikale Farmen im Bereich des Wasserverbrauches. Konventionelle Landwirtschaft verbraucht rund 70 Prozent des weltweiten Bedarfs an Trinkwasser. (Bullinger, Röthlein 2012: S. 116) Dieses versickert ungefiltert meist noch mit Pestiziden belastet im Boden. Im vertikalen Anbau wird allein auf Grund der Anbau-Art weniger Wasser benötigt. Das, was benötigt wird, kann aus Regenwasser generiert werden und wird nach dem Verbrauch in ein Reservoir geleitet, gefiltert und mittels einer Pumpe wieder zur Bewässerung genutzt. Durch den geschlossenen Wasserkreislauf werden 70-95

Prozent Wasser eingespart. (Despommere 2010: S. 162)

Haben wir heutzutage mit Klimakatastrophen zu kämpfen, die ganze Ernten zerstören können, bewahrt uns der Anbau in urbanen Farmen davor. Durch den Anbau in architektonisch ausgereiften Farm-Hochhäusern sind die Pflanzen vor Witterungseinbrüchen und Klimaveränderungen geschützt. Einen weiteren Vorteil birgt auch die damit einhergehende Unabhängigkeit von den Jahreszeiten. Heutzutage kommt das meiste Obst und Gemüse aus wärmeren Regionen wie Chile, Spanien, Südafrika und Mexiko. Der CO₂ intensive Transport ist mit im Gebäude integriertem Anbau nicht mehr nötig, da wir uns das Klima in diesen selbst basteln können.

Projekte



Abb. 17

AeroFarms | Newark

Die durch hauseigene Pflanzenwissenschaftler ausgetüftelte Technik, ermöglicht es AeroFarm auf 7.000 Quadratmetern 900.000 Kilogramm Salat pro Jahr anzubauen. Angesiedelt ist das Unternehmen in Newark (New Jersey). Ein stillgelegtes Stahlwerk dient als Experimentierfläche. (AeroFarms: online)

„Damit erreicht AeroFarms nach eigenen Angaben 390-mal höhere Erträge pro Quadratmeter im Jahr als auf herkömmlichen Ackerflächen möglich wäre und kommt ohne Pestizide aus.“ (Jungblut 2018: online)

Abb. 18



Infarm | Berlin

Das Berliner Start-Up Infarm verfolgt eine etwas andere Strategie. Das junge Team bringt die Farm zu den Menschen. Der vertikal angebaute Salat wird, in speziellen Vorrichtungen, direkt am Point of Sale angebracht. Hier können die Kunden und Kundinnen den Pflanzen direkt beim Wachsen zusehen, sich das beste Stück auswählen und kommen so auch gleich in Berührung mit der neuen Technologie. (Infarm: online)

„With our farming units currently rooted in supermarkets, restaurants, offices, warehouses, and shopping malls throughout Berlin, we are laying the foundations for a new urban food system.“ (Infarm: online)

Abb. 19



Growing Underground | London

Entgegengesetzt dem Wachsen in die Höhe können sich Vertikale Farmen auch in die Tiefe erstrecken. Das Projekt Growing Underground zeigt dies eindrucksvoll in London. In einem Tunnelsystem, 33 Meter unter den Straßen von Clapham, wächst hier Grüngemüse und Salat.

„We prioritize sustainable growing practices, and are working towards carbon neutral certification. Our hydroponics system uses 70% less water than traditional open-field farming, and all nutrients are kept within the closed-loop system removing any risk of agricultural run-off.“ (Growing Underground: online)

Herausforderungen & Gedanken

Wie bei vielen, neuen Technologien geht es stark um die Akzeptanz in der Bevölkerung. „Was der Bauer nicht kennt, frisst er nicht“, kann hier in doppelter Deutung passend verwendet werden. Barrieren in Köpfen müssen aufgebrochen werden und das kann nur mittels fundierter Wissensvermittlung geschehen. Des Weiteren steckt hinter unserer in 15.000 Jahren errichteten Agrarkultur schlicht und ergreifend ein Milliarden-Business. Und noch funktioniert es. Auch darf nicht vergessen werden, dass hinter dem so simpel klingenden Prinzip der Vertikalen Farm, ein komplexes System aus verschiedenen Wissensgebieten steckt.

Begrünte Fassaden

Funktionsweise

Bewegen wir uns im städtischen Raum, bewegen wir uns auch entlang von Fassaden. Stahl- Glas- Konstruktionen, Putzfassaden, ausgefallene Kunststoffe oder Metallelemente prägen die vertikale Gebäudelandschaft. Die Versiegelung von Oberflächen trägt jedoch negativ zum Stadtklima bei. Eine genauere Erläuterung hierzu findet sich nachfolgend. Die horizontale Begrünung in Städten ist meist nicht ausreichend. Auch ist der Ausbau von Parks, auf Grund nicht vorhandener Flächen, oftmals keine Lösung. Die Einführung von grünen Fassaden könnte eine solche sein. Nicht nur mikroklimatisch haben diese einen großen Einfluss, auch optisch beglücken sie die Bewohner_innen. Unterschieden werden drei Arten von Systemen (Werk: S. 11)

- I bodengebundene Systeme
- II Mischformen
- III wandgebundene Systeme

Vorteile & Herausforderungen

Auf Grund des Klimawandels haben wir in den nächsten Jahren und Jahrzehnten mit deutlich wärmeren Umgebungstemperaturen zu rechnen. Vor allem im urbanen Raum macht sich dies stark bemerkbar. Es bilden sich immer mehr so genannte städtische Wärmeinseln (engl: Urban Heat Islands) aus. Eine Hauptursache dafür ist die Versiegelung von ehemals permeablen Oberflächen. Nicht zu unterschätzen sind auch die durch den Menschen verursachten Abgase. (Kuttler, Barlag 2002: S. 84) Starke Unterschiede merken wir vor allem im Vergleich von Stadt und Umgebung. Städte benötigen zwar länger um sich aufzuwärmen, sie kühlen aber auch langsamer ab. (Hagen 2011: S. 28) So ist es durchaus nicht selten der Fall, dass zwischen urbanem Raum und ruralem Umfeld Temperaturunterschiede von bis zu 12 Grad Celsius gemessen werden. (Eliasson 2000: S. 31)
Eine ausreichende Ausstattung mit Grünflächen und natürlichen Böden ist daher für

I

- Bewuchs: •Selbstklimmer, Gerüstkletterpflanzen
- Flächenwirkung: •5-20 Jahren
- Gestaltungsspielraum: •gering - mittel
- Bautechnische Anforderungen: •bei Bedarf Wasserversorgungsanlage
- Investitionsaufwand: •gering - hoch
- Pflegeaufwand: •mittel, zunehmend



Abb. 20

II

- Bewuchs: • Kombination aus boden- und wangebundener Begrünung
- Flächenwirkung: • 3-12 Jahren
- Gestaltungsspielraum: • gering - gross
- Bautechnische Anforderungen: • Wasser- und Nährstoffversorgung erforderlich
- Investitionsaufwand: • mittel - hoch
- Pflegeaufwand: • mittel - hoch

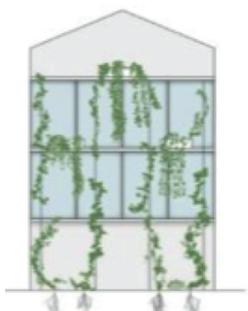


Abb. 21

III

- Bewuchs: • horizontale / vertikale Pflanzgefäße
- Flächenwirkung: • kurzfristig - sofort
- Gestaltungsspielraum: • gross
- Bautechnische Anforderungen: • Wasser- und Nährstoffversorgung erforderlich
- Investitionsaufwand: • hoch
- Pflegeaufwand: • hoch

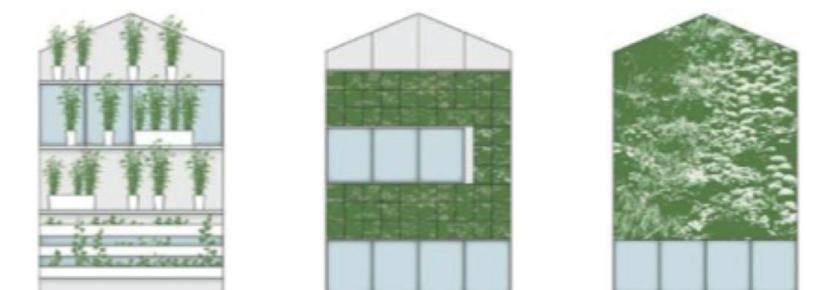


Abb. 22

die zukünftige Stadtplanung unumgänglich. Natürliche Böden nehmen Feuchtigkeit auf und kühlen die Umgebung durch die Verdunstung dieser. Ebenso erhöhen Pflanzen durch Evapotranspiration die Luftfeuchtigkeit. Auch hier entsteht durch den Verdunstungsprozess eine natürliche Kühlung. Des Weiteren spenden großblättrige Pflanzen Schatten. Wohl der einfachste und naheliegendste Kühlungseffekt. (Stiles 2014: S. 18)

Ein Faktor, der bisweilen die flächige Begrünung unter anderem bremst, ist der Gestaltungswille der Architekt_innen. Mit der Fassadengestaltung wird Gebäuden oft eine eigene Identität gegeben. Hier kann sich gestalterisch, technologisch und materiell ausgetobt werden. Vertikalgrün steht dabei noch nicht hoch im Kurs. (Werk 2019: S. 3) Auch die vermeintlich hohen Unterhaltskosten werden als Argument gegen begrünte Fassaden angebracht. Neben den zwei mal jährlich anfallenden Kosten für Gärtner_innen, kommen die Wartungsarbeiten der Bewässerungssystemen hinzu. Jedoch benötigen auch Glasfassaden regelmäßige Reinigungen, sowie Wartungen. Der langfristige, klimatische Nutzen, der durch begrünte Fassaden entsteht, sollte hier nicht in Konkurrenz mit kurzfristigen Kosten stehen.

Projekte



Abb. 23

Lagerhalle Gradishegg

Die 2008 fertig gestellte Lagerhalle der Firma Gradishegg in Innsbruck weist eine bodengebundene Begrünung auf. Die Architekten Sommer Architektur setzten auf die Mauerkrone des Gebäudes eine verzinkte Stahlkonstruktion, die den Wisteria-Rabatten als Rankhilfe dient. (Sommerarchitektur: online)

„Da das neue Firmengebäude mitten in einem Wohngebiet liegt, ist ein wesentlicher Aspekt des Entwurfes, den Anrainern durch die bepflanzte Fassade einen Mehrwert zu bieten.“ (Sommer Architektur: online)



Abb. 24

Bosco Verticale

Das von Stefano Boeri geplante und 2014 fertig gestellte Wohnbau Projekt Bosco Verticale ist wohl eines der bekanntesten des ökologischen Bauens. Die in Mailand ansässigen Wohntürme, mit einer Höhe von 110 und 76 Metern beherbergen wachsen als grüner Park aus dem Boden. 800 Bäume, 4.500 Sträucher und 15.000 Pflanzen finden in der Architektur ihr zu Hause. (Stefano Boeri: online)

„Das Bosco Verticale-Pflanzensystem sorgt für ein spezielles Mikroklima, produziert Feuchtigkeit und Sauerstoff, absorbiert CO₂-Partikel und Feinstaub.“ (Stefano Boeri: online)



Abb. 25

Musée du quai Branly

2006 eröffnete das von Jean Nouvel geplante Musée de quai Branly. Das Aushängeschild des Museums ist die fast 200 Meter lange und 12 Meter hohe, begrünte Fassade. Geplant wurde der hydroponische Garten von dem französischen Botaniker Patric Blanc. (greenroofs: online) Die nach Norden orientierte Begrünung umfasst circa 22.000 Pflanzen und 400 verschiedene Arten. (Jardins de Babylone: online)

Zukunftsvisionen

Der gestalterische Teil dieser Arbeit baut auf einer zukünftigen Vision der Stadt Wien auf. Da Drohnen in der Technologie zwar schon weit voran geschritten sind, Innovationen sich aber aufbauend aufeinander realisieren, gehe ich davon aus, dass es Technologien wie autonom fahrende Autos vor dem Einsatz von Drohnen geben wird. Auch car-und ridesharing, sowie der elektrische Antrieb bei Fahrzeugen gehören zu meiner Vision. Im Folgenden eine Erläuterung zu den eben genannten Neuerungen.

Autonom fahrende Autos (Autonomous Vehicle/AV)

Um es in einfachen Worten auszudrücken, ein autonom fahrendes Auto ist in der Lage ohne menschlichen Lenker / menschliche Lenkerin zu fahren. Derzeit werden weltweit Tests mit AVs durchgeführt. Traurige Bekanntheit erlangte einer dieser durch den tödlichen Unfall einer Passantin. Dies geschah im März 2018 in Arizona. Durchgeführt wurden die Tests von Uber. Sowohl in den USA als auch in Kanada. Nach dem tragischen Unfalltod wurden sie eingestellt. (The Economist 2018: online) Uber ist nicht das einzige Unternehmen mit Ambitionen in diese Richtung. WAYMO, Googles selbstfahrendes Auto-Projekt, das 2009 als unabhängiges Unternehmen gestartet wurde, führte bereits 8 Millionen gefahrene Test- Kilometer hauptsächlich auf Stadtstraßen durch. (WAYMO 2018: online)

Wie eine Studie von McKinsey & Company zeigt, werden autonom fahrende Autos als das Transportmittel der Zukunft angesehen. Es wird noch ein wenig Zeit benötigen, das Vertrauen der Menschen in AVs zu stärken und bis die Technologie noch weiter ausgereift ist, um vollständig zuverlässig und sicher zu sein. Dennoch- autonom fahrende Autos werden ihren zukünftigen Besitzer_innen Zeit sparen. Etwa 50 Minuten pro Tag. Diese Zeit kann genutzt werden, um zu reisen, zu arbeiten oder einfach nur zu entspannen. Weiters sparen autonome Fahrzeuge Platz. Nach dem Absetzen des Passagiers, der Passagierin fährt das Auto selbst in eine Parkgarage. Dort benötigt es nur den Platz für sich selbst. Aufgehende Türen, oder Kofferräume müssen nicht beachtet werden. (Bertoncello 2015: online)

Indem wir selbstfahrende Autos einsetzen, machen wir auch unsere Straßen sicherer. Die in den AVs integrierten Sensoren können Hindernisse (z. B.: einen Menschen)

„sehen“ und die Entscheidung treffen, anzuhalten. Dazu muss das „Gehirn“ des Autos mit vielen Bildern von Menschen in verschiedenen Größen, Höhen und bei unterschiedlichen Wetter- und Beleuchtungsbedingungen gefüllt sein. Dies gilt für sämtliche, mögliche Hindernisse. Dadurch kann der Computer ein Gedächtnis aufbauen und darauf aufbauend Entscheidungen treffen. (Thompson 2016: online) Ein autonom fahrendes Auto kann weder betrunken, müde noch abgelenkt sein. Die oben genannten Daten jedoch, die das Auto benötigt, werden von Menschen in das System eingespeist. Hier kommt wiederum der menschliche Faktor ins Spiel, die Hauptursache für tödliche Verkehrsunfälle. (Turck 2018: online) Darüber hinaus wird der Einsatz von AVs unsere Straßen auf vielfältige Weise verändern. Um eine zu nennen: Ampeln werden obsolet. Kreuzungen können intelligent und autonom agieren, was den Verkehrsfluss positiv beeinflussen wird und hilft Zeit zu sparen. (MIT 2016: S. 1 ff.)

Car & ride sharing

Carsharing bedeutet ein Auto nutzen zu können, ohne dieses besitzen zu müssen. Es ist belegt, dass ein durchschnittliches Auto 96 Prozent seiner Zeit auf einem Parkplatz verbringt. Mit der Einführung von carsharing würden wir 9-13 Privatwagen pro Share von unseren Straßen entfernen und die Auslastung eines einzelnen Autos von einer Fahrstunde pro Tag auf 24 Stunden erhöhen. (Tachet, 2017: S. 1. ff)

Die Kombination von carsharing mit ridesharing, dem gleichzeitigen Nutzen eines Transportmittels vieler Personen, würde massiv zur Reduzierung der auf unseren Straßen genutzten Autos beitragen. Eine Studie des MIT Senseable Lab zeigt, dass die Anzahl der Fahrzeuge um 40 Prozent reduziert werden könnte, wenn Fahrgemeinschaften eingepflanzt würden. Die Verspätungen wären minimal. Die Studie basiert auf Datengrundlagen New Yorker Taxis. Eine andere Analyse zeigt, dass Wien ein hohes „Shareability-Potenzial“ besitzt. Die Stadt reiht sich hier in der Liste der Top 10 ein. (Tachet 2017: S. 1 ff.)

Schaut man sich die Lissabon- Studie des ITF (International Transport Forum) an werden die Vorteile von car- & ridesharing noch deutlicher. 2017 untersuchte die ITF, welche Auswirkungen eine gemeinsame Mobilität auf die Stadt Lissabon haben

würde. Voraussetzung war, dass alle Autotouren durch geteilte Touren ersetzt wurden. In diesem Szenario wären unter Umständen neun von zehn Autos obsolet und der CO₂-Ausstoß um 62 Prozent gesenkt. (OECD 2015: S. 5)

Indem die Anzahl der benötigten und im Besitz befindlichen Autos verringert wird, werden die Straßen anders aussehen. Parkplätze auf der Straße werden nicht mehr benötigt. Stattdessen können Bereiche für gesellschaftliche Zusammenkünfte, öffentliche Räume, Parks oder Wohnbauten geschaffen werden.

Wie gezeigt, könnten sich AVs, carsharing und ridesharing enorm positiv auf unsere Städte und unser Leben auswirken. Ein sensibler Umgang mit der Implementation dieser Innovationen ist jedoch von großer Bedeutung, da ansonsten das Gegenteil eintritt. Im hier beschriebenen Szenario wird davon ausgegangen, dass jeder bereit ist, sein eigenes Auto aufzugeben und den damit verbundene Spaß am Fahren. Stattdessen muss Vertrauen zu einem Robotersystem aufgebaut werden, das jedoch ausfallen könnte. Durch ein weit verbreitetes carsharing würden die Kosten für das Reisen über eine Meile hinaus niedriger ausfallen, als mit öffentlichen Verkehrsmitteln. In weiterer Folge würden sich Menschen also lieber ein autonom fahrendes Auto kaufen, anstatt öffentliche Verkehrsmittel zu nutzen. Dies würde die Anzahl der eigenen Autos wiederum erhöhen. Darüber hinaus würde die Stadt aufgrund der fehlenden Parkgebühren, Bußgelder und autobezogenen Steuern viel Geld verlieren. Ganz zu schweigen von den Millionen von Menschen, die heutzutage als Fahrer_innen in dieser Branche arbeiten. Diese würden ihren Job verlieren. (Ratti 2017: S. 59)

Wenn diese Technologien und Szenarien eingeführt werden sollen, müssen alle möglichen Folgen im Auge behalten werden. Einfach die Anzahl der Autos zu reduzieren ist nicht möglich, ohne an die Menschen zu denken, deren Existenzgrundlage damit verloren ginge. Auch muss unser System an die neuen Technologien angepasst werden. Wenn dies bewusst getan wird, können unsere Städte in Räume für die dort lebenden Menschen, anstatt die parkenden Autos, verwandelt werden.

Elektrisch betriebene Fahrzeuge

Die Europäische Kommission erwartet, dass konventionelle kraftstoffbetriebene Autos im Stadtverkehr bis 2050 durch alternative Antriebstechnologien ersetzt werden. Dabei spielen Elektroautos eine große Rolle. Sie sind nicht nur emissionsfrei und würden den Geräuschpegel drastisch senken, sondern könnten auch als Speichermedium in das Energiesystem integriert werden. Mit allen Vorteilen von Elektroautos ist ein großer Nachteil verbunden: die kurze Reichweite. Um dies überflüssig zu machen, schlägt das Fraunhofer Institut ein Vernetzungssystem verschiedener Technologien vor. (Fraunhofer 2011: S. 5)

Aufgrund ihrer Bevölkerungsdichte, der kurzen Wege und des Vorhandenseins öffentlicher Verkehrsmittel haben Städte die besten Voraussetzungen, um neue, nachhaltige Konzepte zu erproben. Das gebräuchlichste Einsatzgebiet für Elektrofahrzeuge ist heutzutage der öffentliche Verkehr sowie der Tourismus. 2010 führte die deutsche Bundesregierung einen Entwicklungsplan mit dem Titel „Roadmap Elektromobile Stadt“ durch. Ziel dieses Projekts ist es, Deutschland bis

2020 zum führenden Markt für Elektromobilität zu machen. Außerdem wurde ein Plan zur Erreichung der „Elektromobilen Stadt“ veröffentlicht. (Fraunhofer 2011: S. 30)

Ein weiteres Land, das große Fortschritte bei der Versorgung seiner Städte mit Elektro-Hybrid-Verkehrsmitteln erzielt, ist Schweden. In der südschwedischen Stadt Värnamo fahren seit Herbst 2017 die vier Elektro-Hybridbusse des Typs Volvo 7900 auf den Straßen und versorgen den gesamten öffentlichen Verkehr auf Rund 70 Prozent ihrer Strecken abgasfrei. Das System enthält eine ABB OppCharge (Opportunity Charging) -Station, mit der der Akku in drei bis vier Minuten aufgeladen werden kann. Die elektrischen Hybridbusse von Volvo fahren auch in anderen Städten wie Göteborg, Hamburg, Stockholm und Curitiba. Hier sind sie nicht im gesamten öffentlichen Netz eingesetzt, leisten aber ihren Beitrag im Hinblick auf nachhaltige Lösungen. (Volvo 2017: online)

Im Folgenden werden alle Voraussetzungen für das Wien meiner Entwurfszukunft zusammenfassend aufgelistet und in ihrem Ausmaß beschrieben.

Voraussetzungen

- I Autonom fahrende Autos
Um die Anzahl der Ampeln auf Null reduzieren zu können, mit Sensortechnologie arbeiten zu können und damit ein sicheres Umfeld für Fußgänger_innen und Fahrer_innen zu schaffen, werden **AVs zu 100 Prozent eingeführt**.
- II Elektrische Antriebe
Um Lärm und CO₂-Emissionen zu reduzieren und damit ein attraktiveres Stadtleben zu schaffen, werden **100 Prozent der Autos elektrisch** betrieben.
- III Car- und ridesharing
Als dritte Voraussetzung wird angenommen, dass **100 Prozent der Autos und 100 Prozent der Städtetrips** (Fahrten) geteilt werden.

Mit der Einführung von Paketdrohnen gehen ebenfalls Voraussetzungen einher.

- IV Drohnen- Hubs
Um eine schnelle und effiziente Lieferung zu gewährleisten, werden Drohnen- Hubs in der Stadt platziert. Die Reichweite der Drohnen bestimmt den Abstand zwischen ihnen. **Ein Hub wird die Zustellung für die verschiedenen Paketdienste** übernehmen, anstatt dass jeder Paketdienst über einen eigenen verfügt. Somit wird Fläche und Energie gespart

V Fluganordnung & U-Space

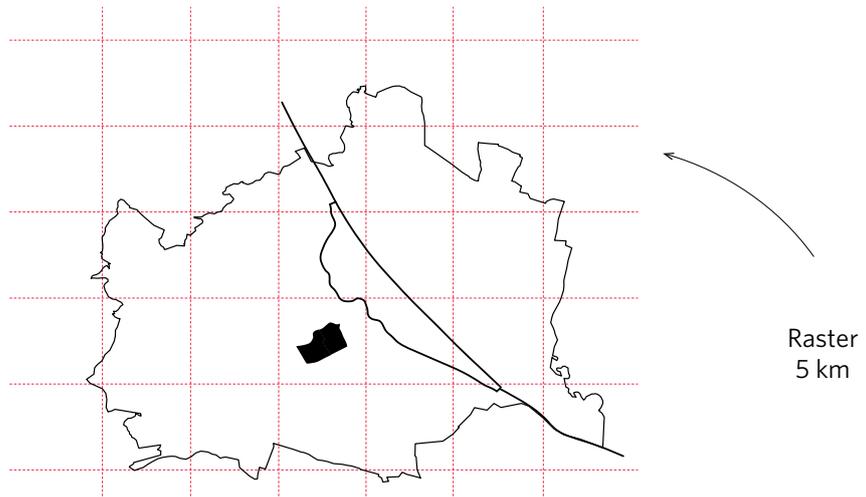
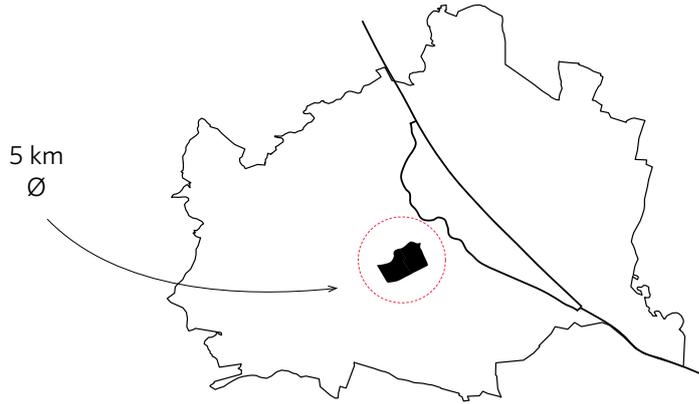
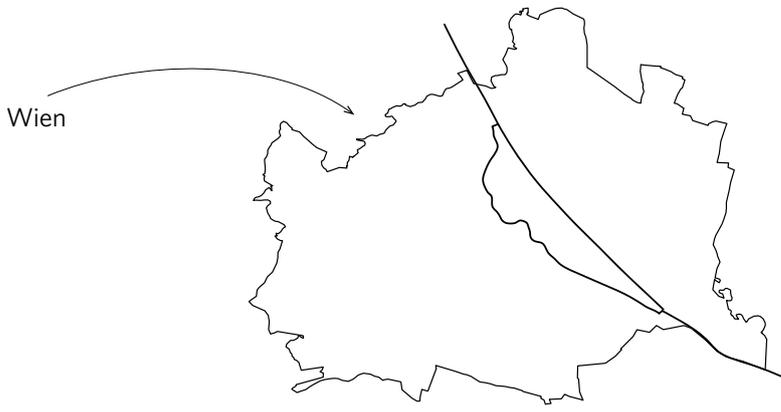
Die Lieferdrohnen fliegen scheinbar willkürlich am Himmel und nicht auf Drohnenautobahnen die sich über Straßenniveau befinden. Diese **schwarmartige Formation** ermöglicht eine schnellere und effizientere Zustellung. Für den Wiener Luftraum wird ein **U-Space** implementiert, damit sowohl Hindernisse als auch Flugverbotszonen erkannt und umflogen werden können. Die Drohnen selbst sind mit einem **DAA (Detect-and-Avoid-System)** ausgestattet und fliegen autonom, anstatt ferngesteuert zu werden.

VI Drohnenmodell

Da es derzeit keine national oder international vereinbarte Kategorisierung in Größe und Design für Lieferdrohnen gibt, basiert die Entscheidung der in dieser Arbeit verwendeten Drohnen auf meinen Recherchen. Zum Einsatz kommen **Oktokopter**.

Entwurf

Lage





M | 1:5000





Drohnen-Hub

[Lageplan](#)
[Schwarzplan](#)



M | 1:3000



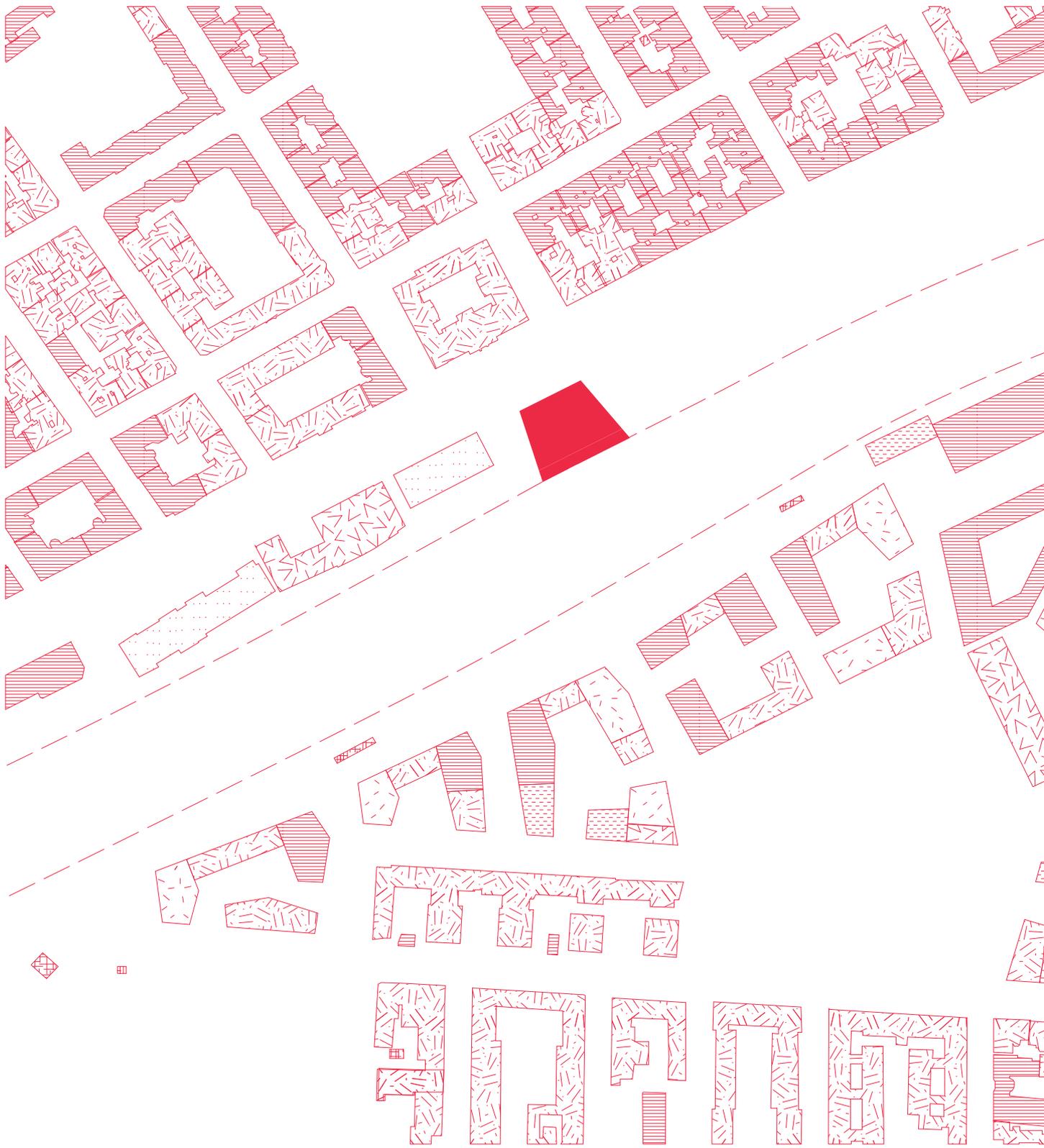


- Drohnen-Hub
- Neues Landgut
- Südbahnhof
- Gymnasium

Lageplan
Umgebung



M | 1:3000



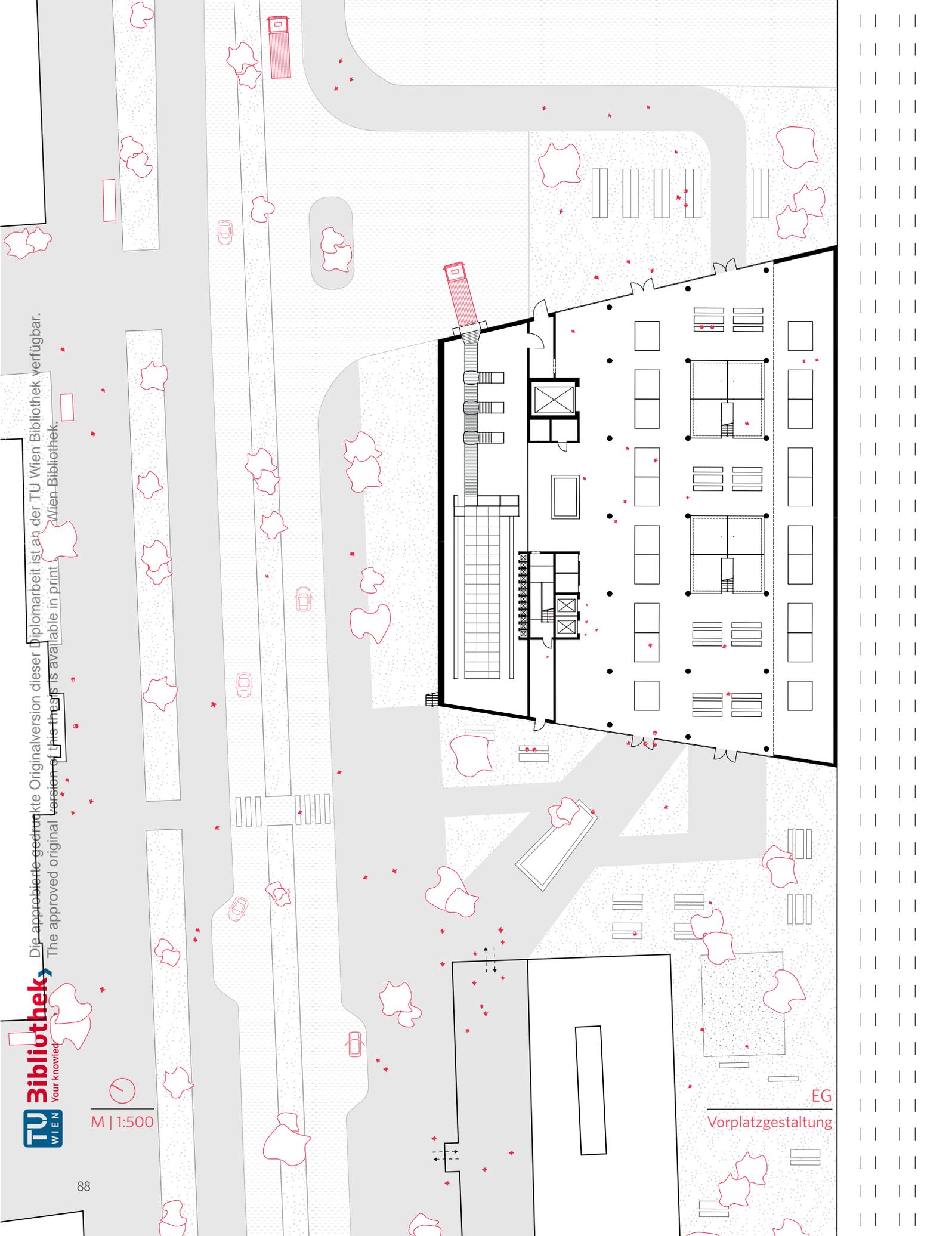


	über 35 m
	bis 35 m
	bis 26 m
	bis 21 m
	bis 16 m
	bis 12 m
	bis 9 m
	bis 7,5 m
	bis 4,5 m

Lageplan
Gebäudehöhen

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar.
The approved original version of this thesis is available in print at the TU Wien Bibliothek.

M | 1:500



EG

Vorplatzgestaltung

Grundrisse Schnitte Ansichten

Gesamthöhe 85,13 m

15.OG FOK = 76,62 m

14.OG FOK = 70,20 m

13.OG FOK = 66,60 m

12.OG FOK = 63,00 m

11.OG FOK = 59,40 m

10.OG FOK = 53,28 m

9.OG FOK = 47,16 m

8.OG FOK = 43,56 m

7.OG FOK = 39,96 m

6.OG FOK = 33,84 m

5.OG FOK = 27,27 m

4.OG FOK = 21,60 m

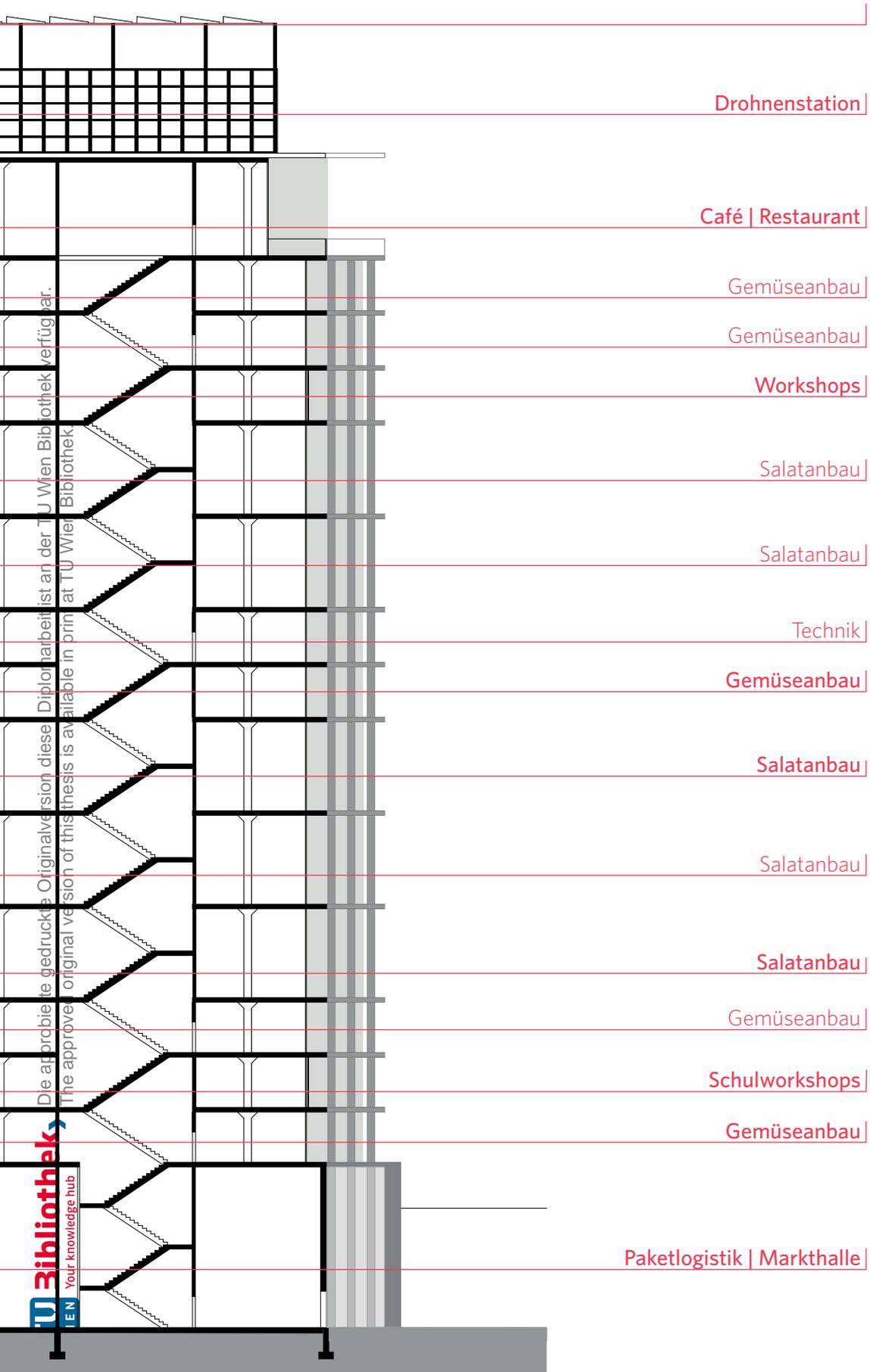
3.OG FOK = 18,00 m

2.OG FOK = 14,40 m

1.OG FOK = 10,80 m

EG FOK = 00,00 m





Drohnenstation

Café | Restaurant

Gemüseanbau

Gemüseanbau

Workshops

Salatanbau

Salatanbau

Technik

Gemüseanbau

Salatanbau

Salatanbau

Salatanbau

Gemüseanbau

Schulworkshops

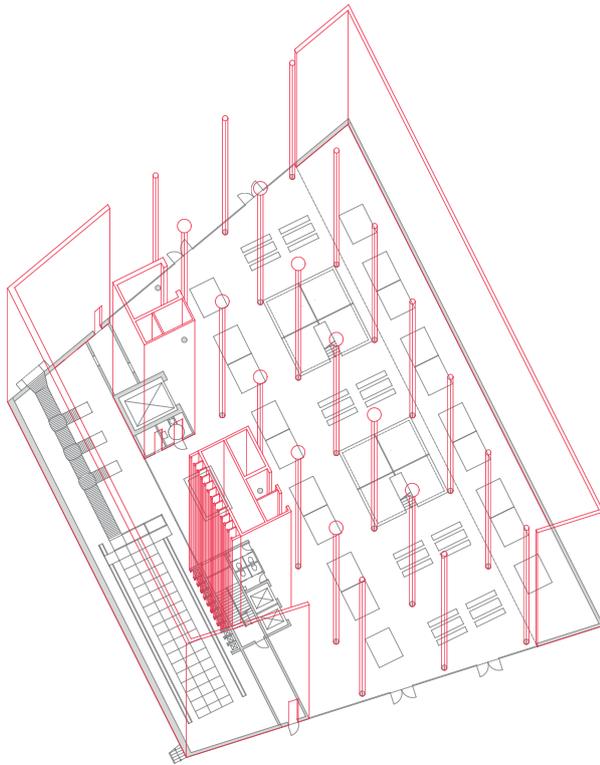
Gemüseanbau

Paketlogistik | Markthalle

Schnitt maßstabslos
Funktionale Gliederung



Axonometrie der
Innenraumgestaltung

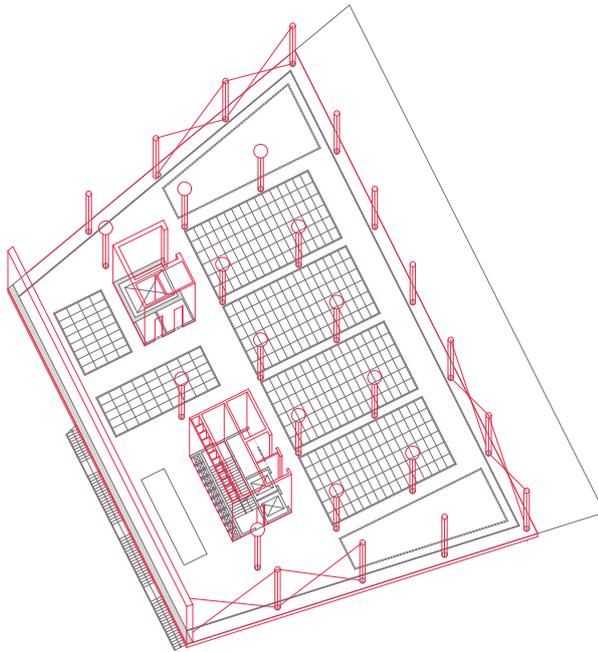


Axonometrie der statischen
Elemente





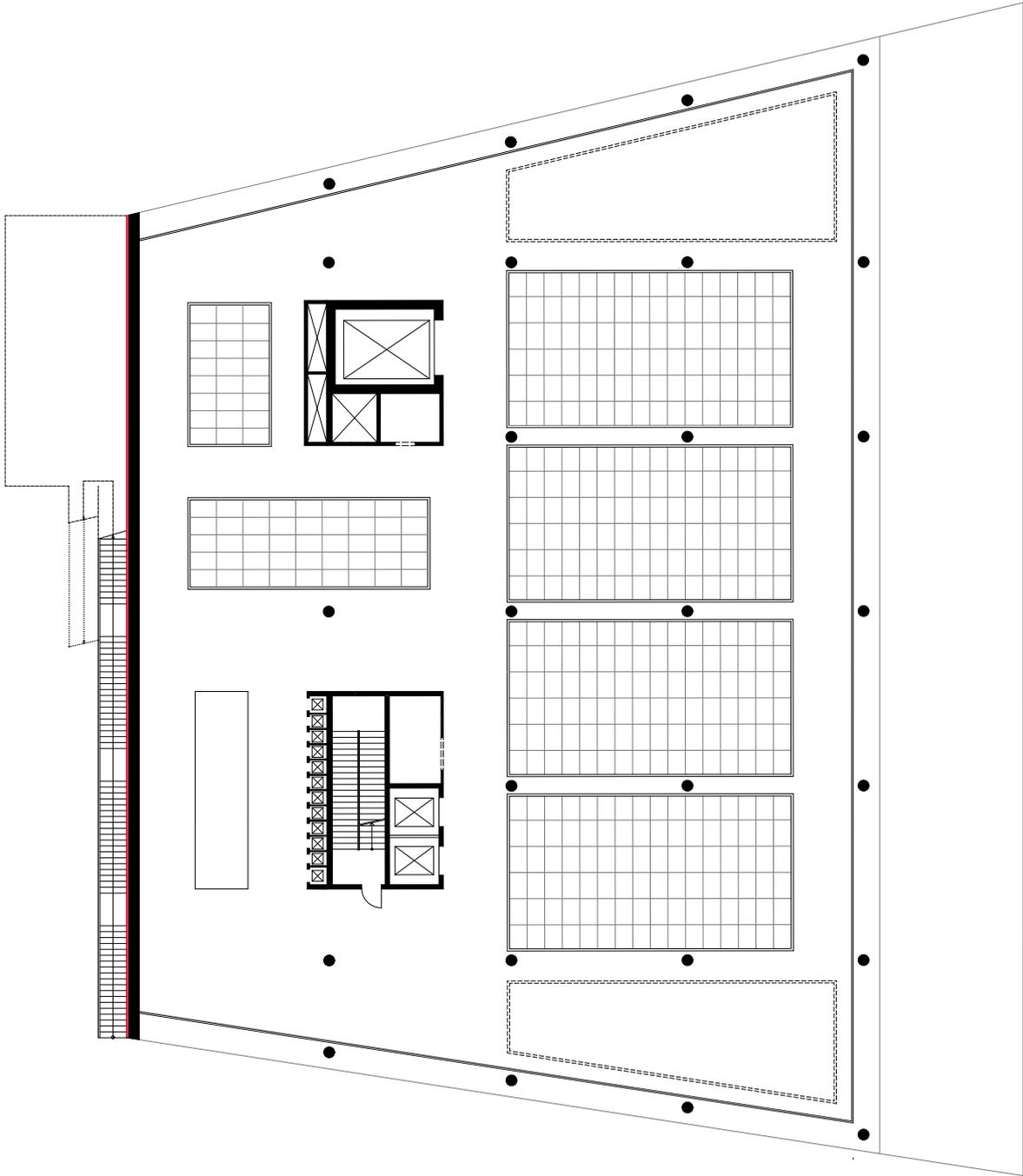
Axonometrie der
Innenraumgestaltung



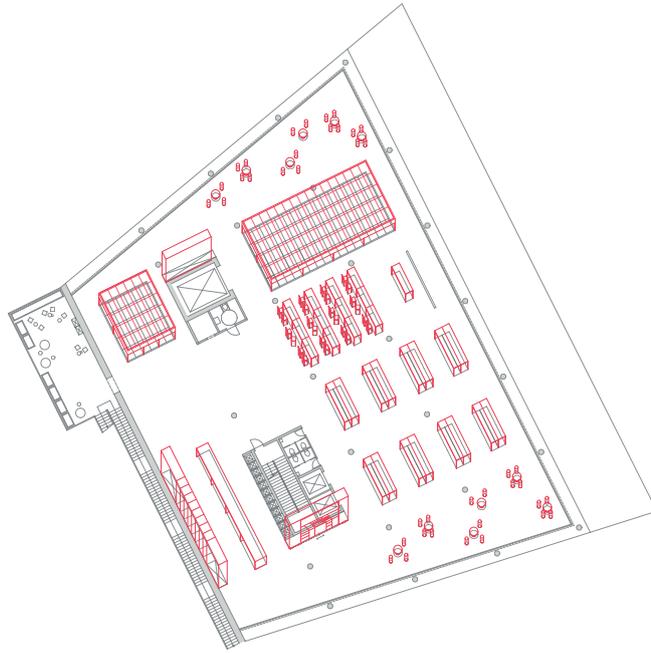
Axonometrie der statischen
Elemente



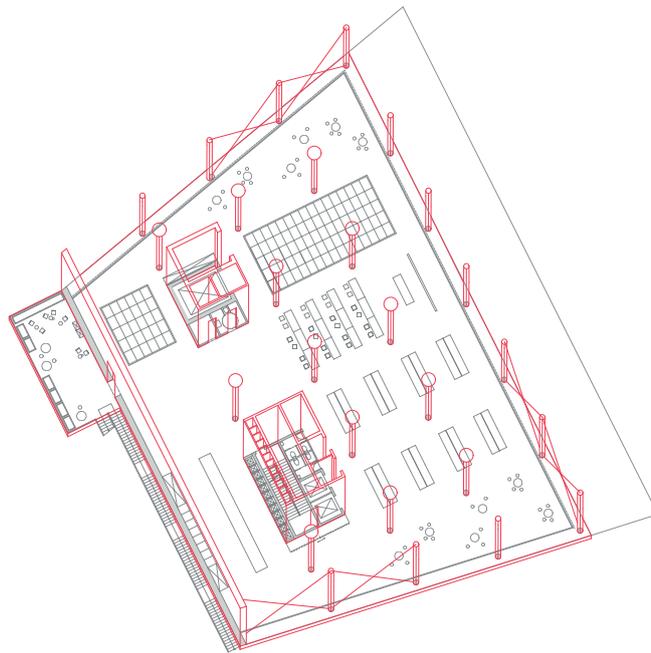
M | 1:300



1. OG
Gemüseanbau



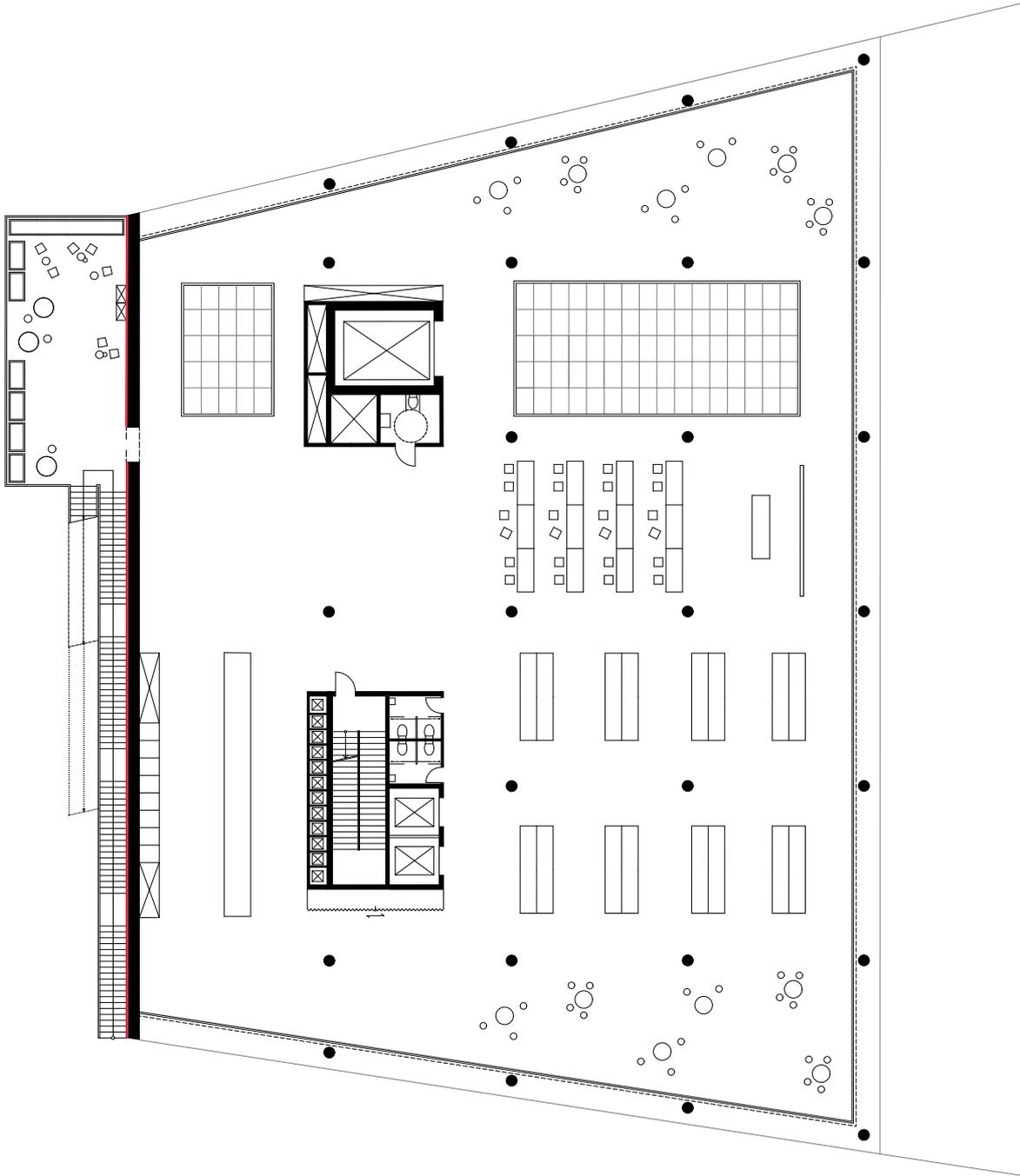
Axonometrie der
Innenraumgestaltung



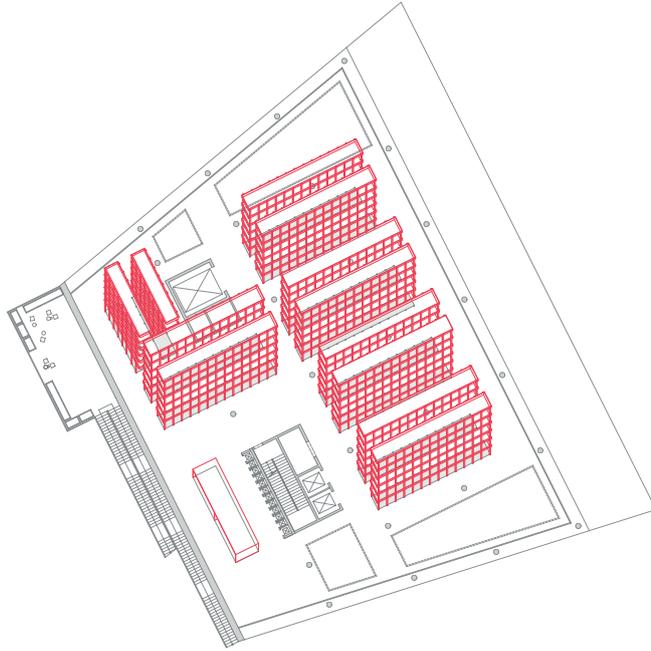
Axonometrie der statischen
Elemente



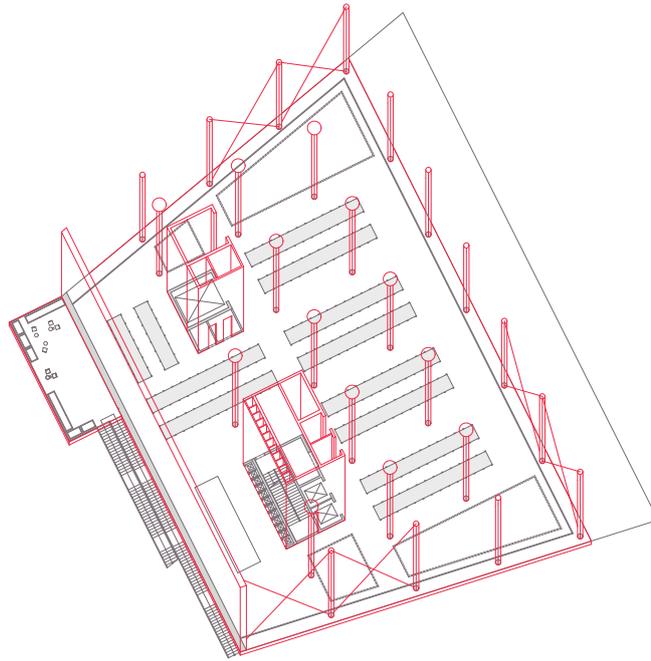
M | 1:300



2. OG
Schulworkshops



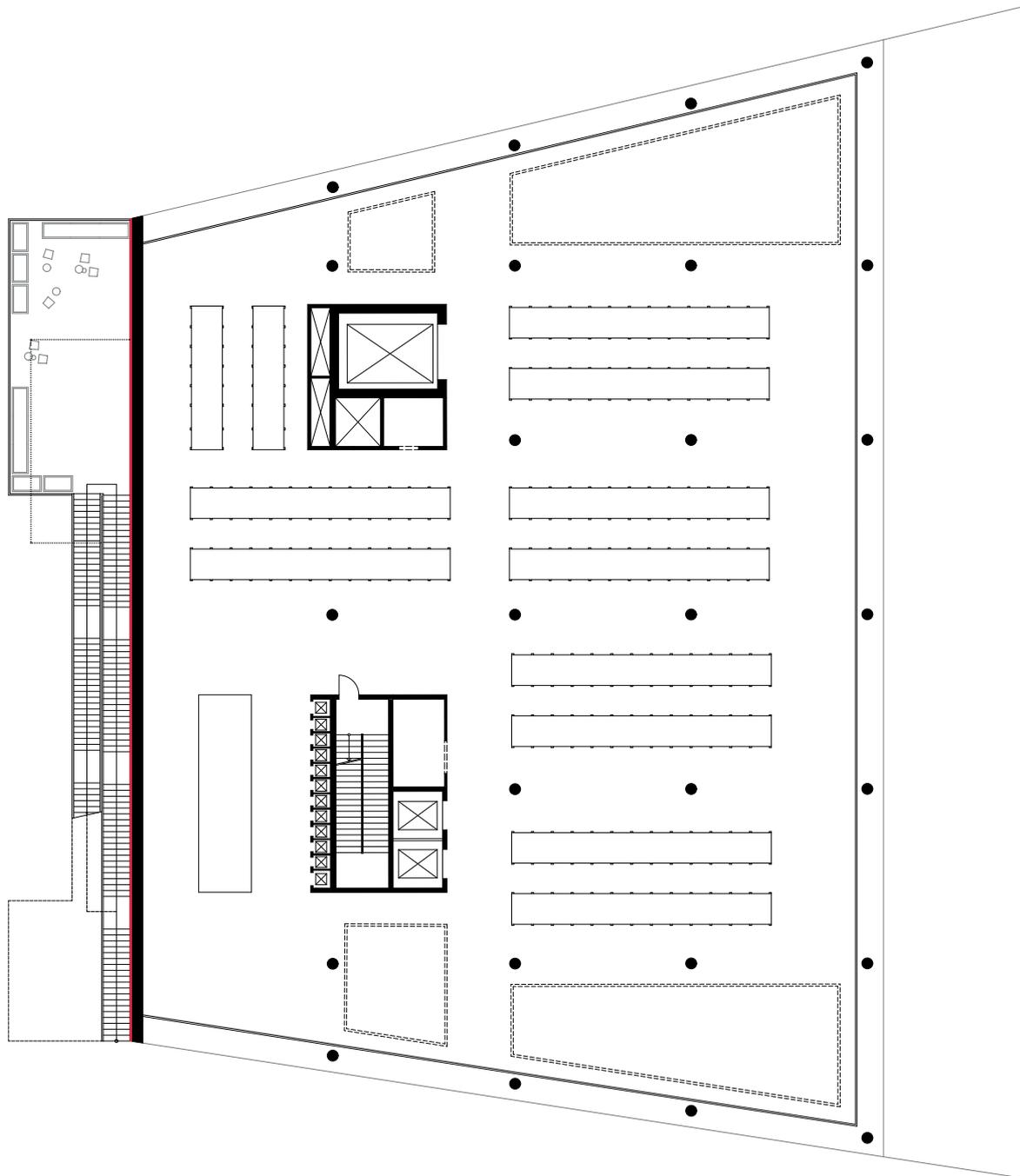
Axonometrie der
Innenraumgestaltung



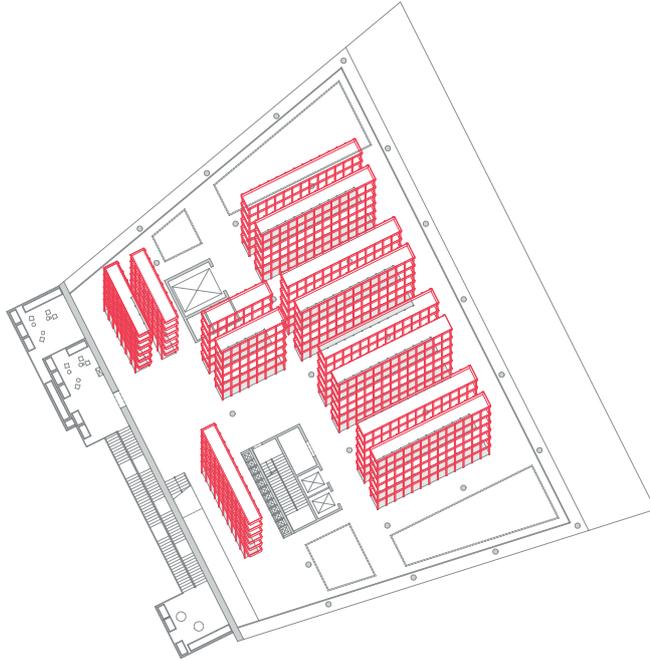
Axonometrie der statischen
Elemente



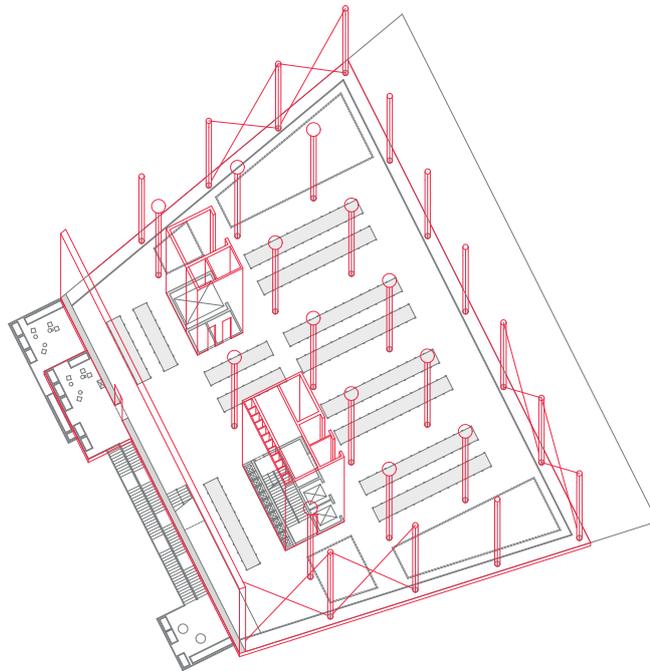
M | 1:300



4. OG
Salatanbau



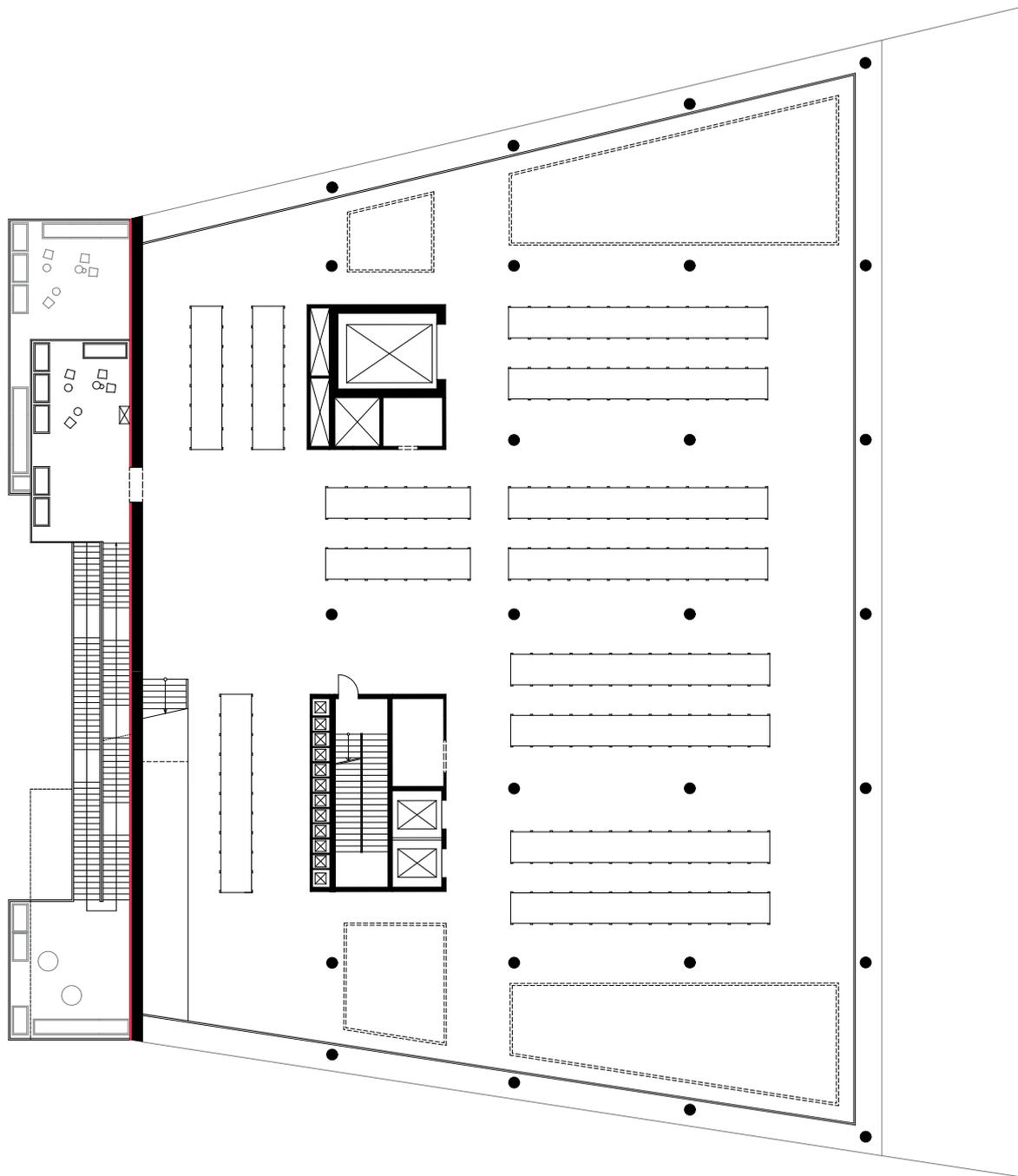
Axonometrie der
Innenraumgestaltung



Axonometrie der statischen
Elemente



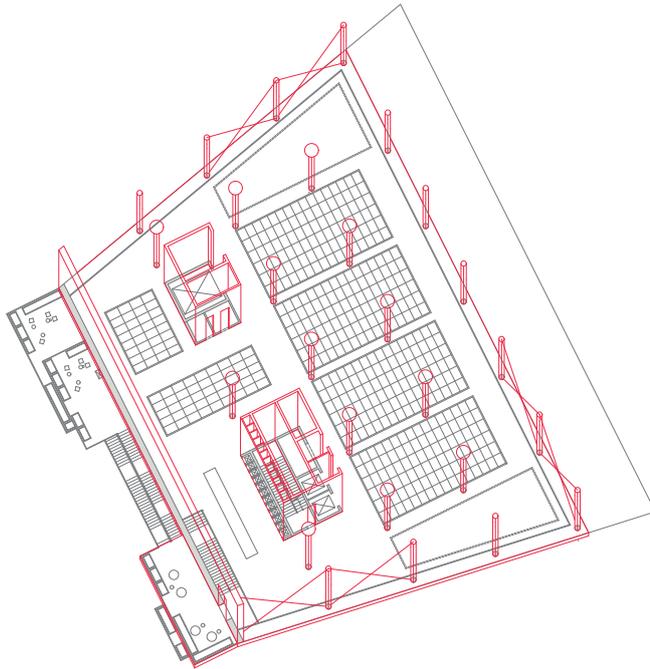
M | 1:300



6. OG
Salatanbau | Schaustockwerk



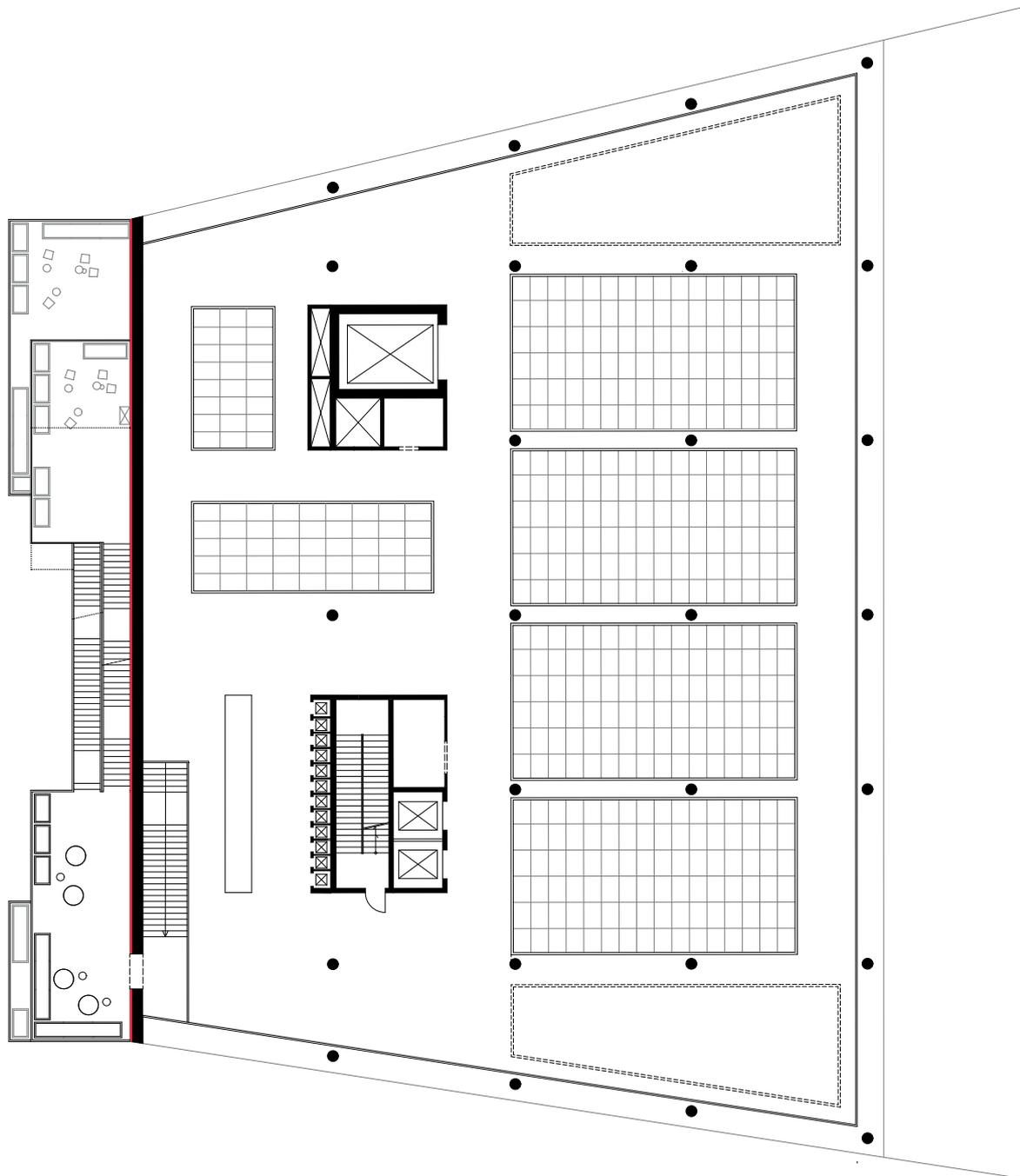
Axonometrie der
Innenraumgestaltung



Axonometrie der statischen
Elemente



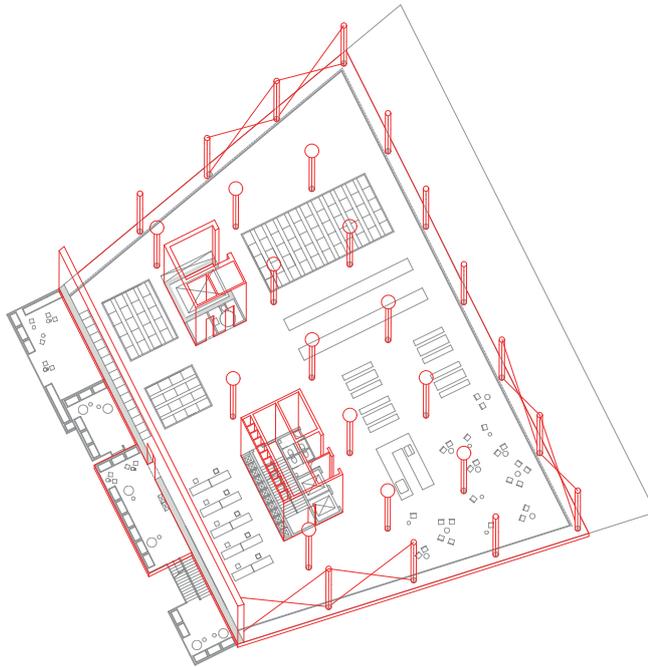
M | 1:300



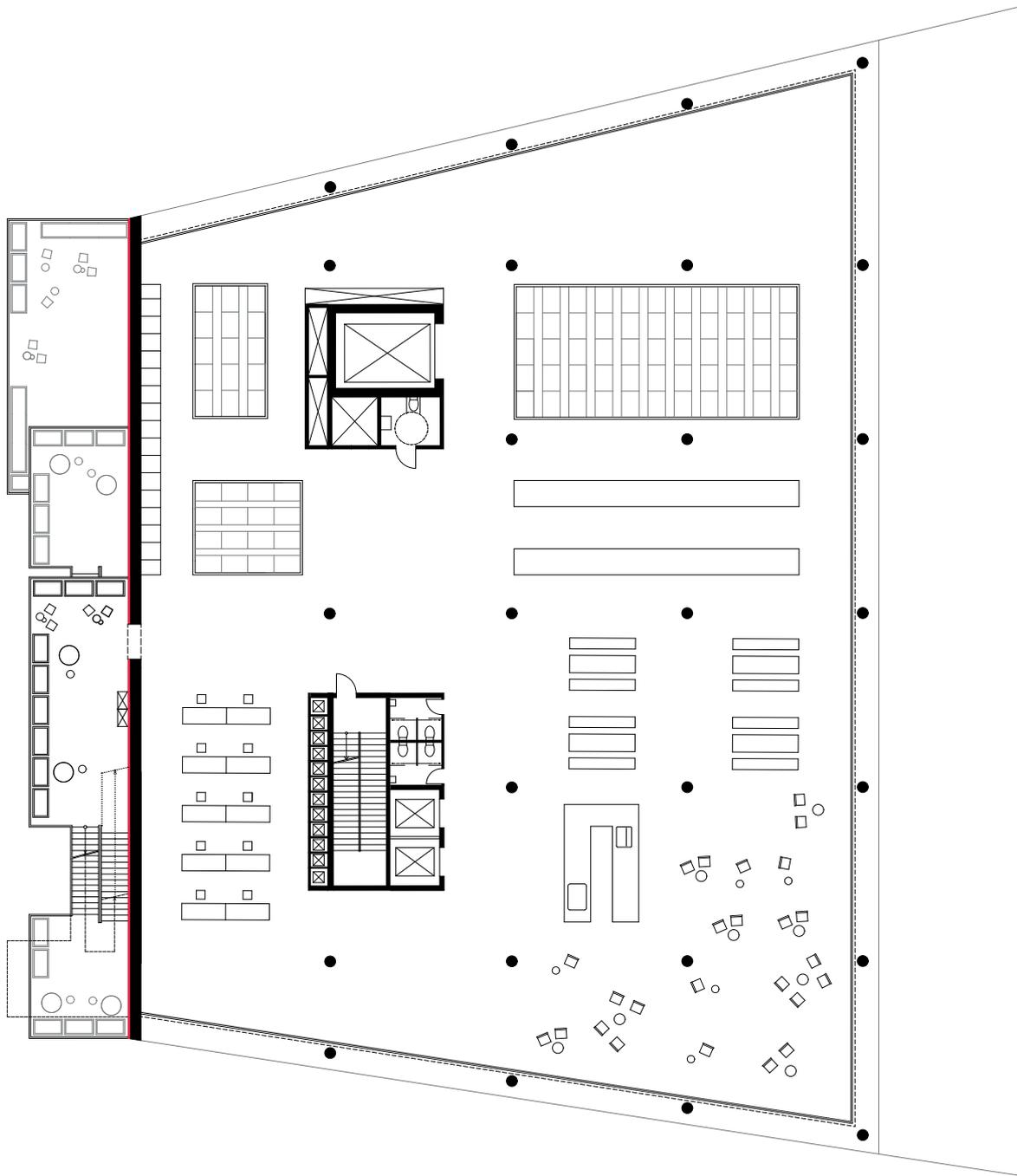
7. OG
Gemüseanbau | Schaustockwerk



Axonometrie der
Innenraumgestaltung

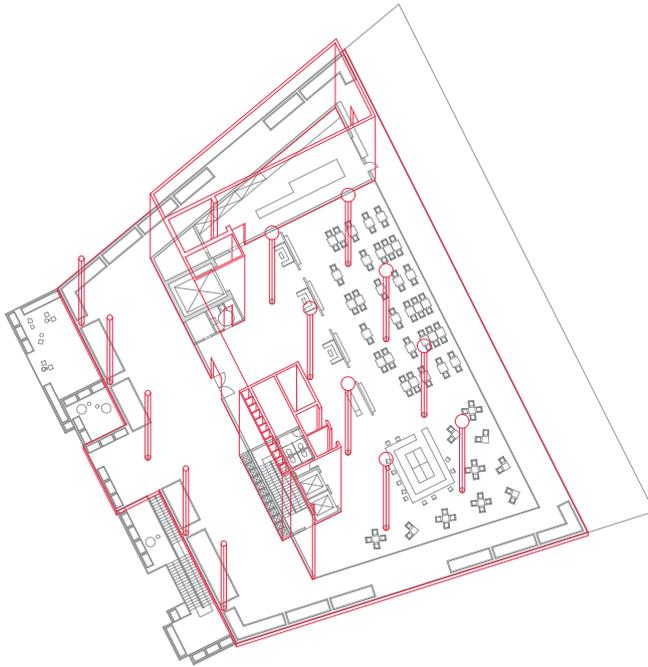


Axonometrie der statischen
Elemente

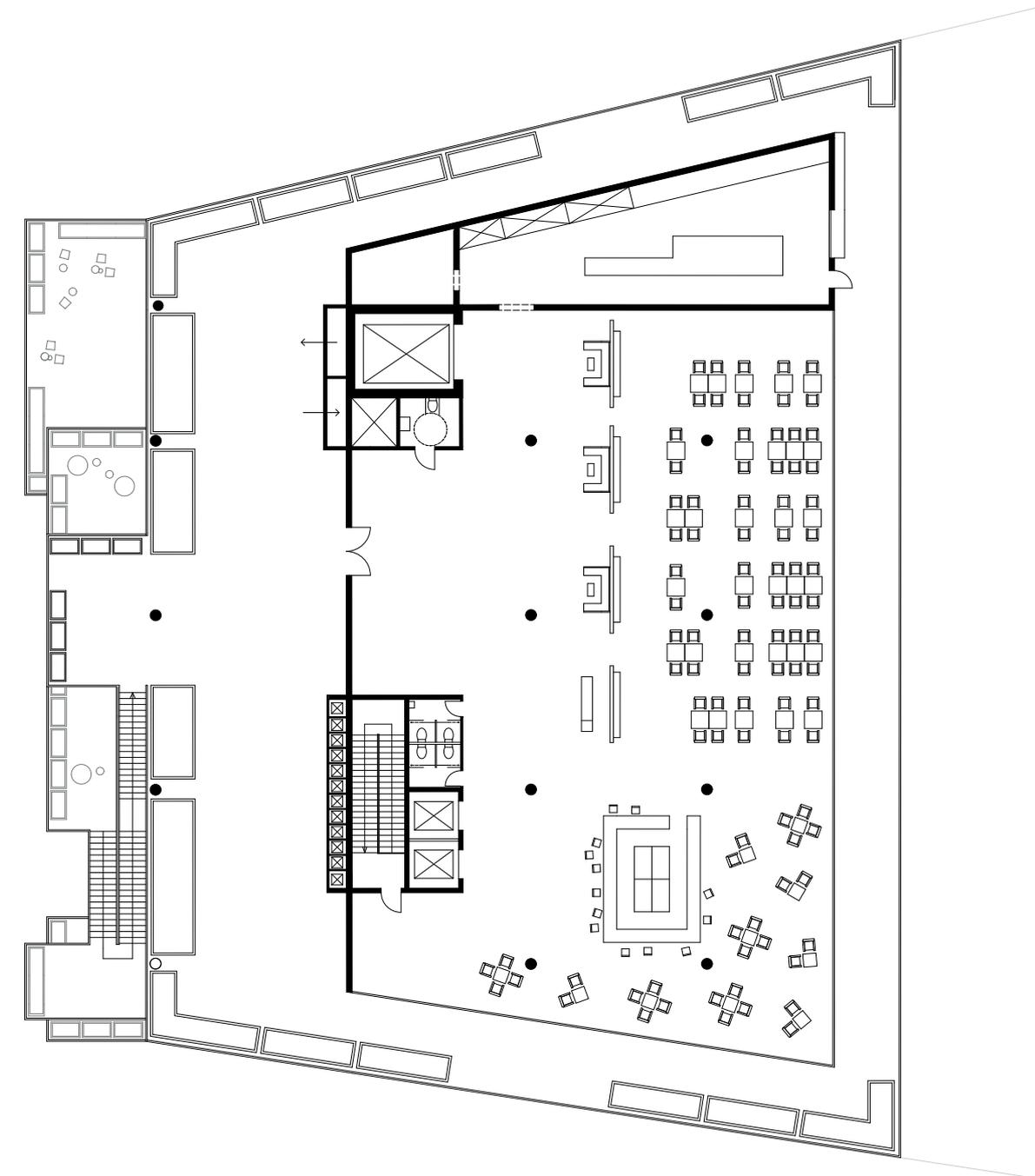


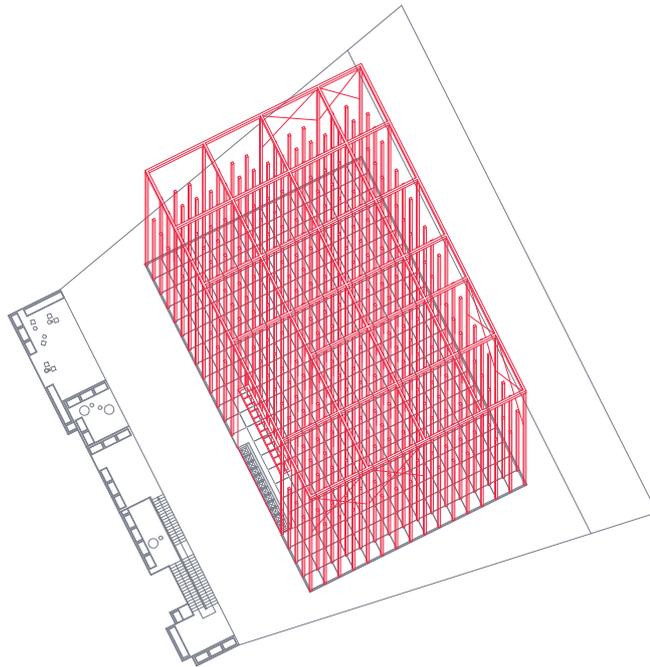


Axonometrie der
Innenraumgestaltung

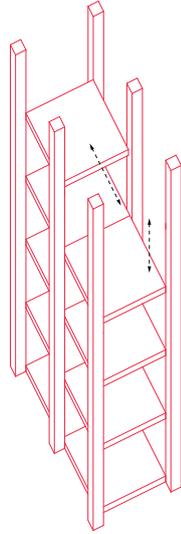


Axonometrie der statischen
Elemente

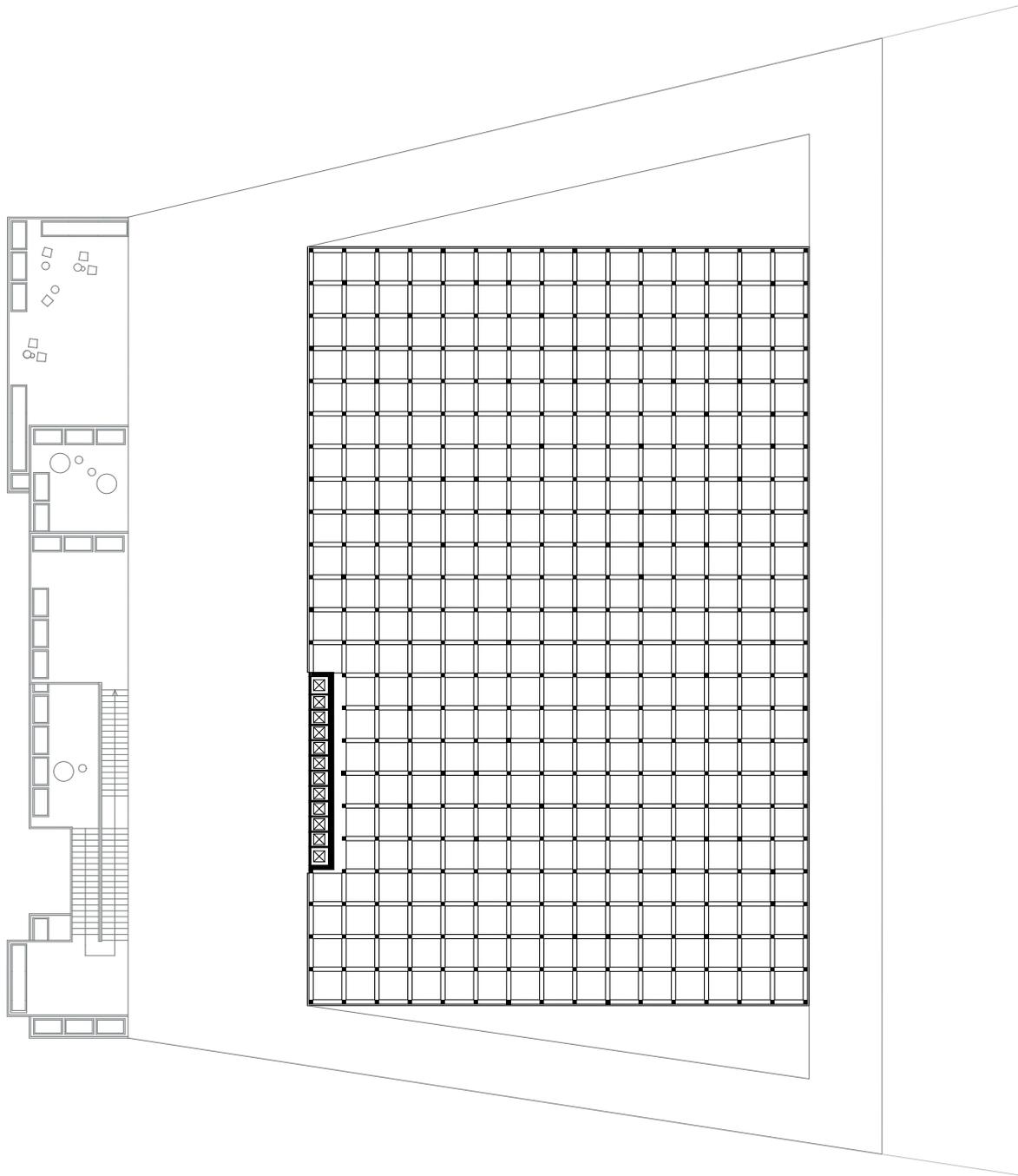


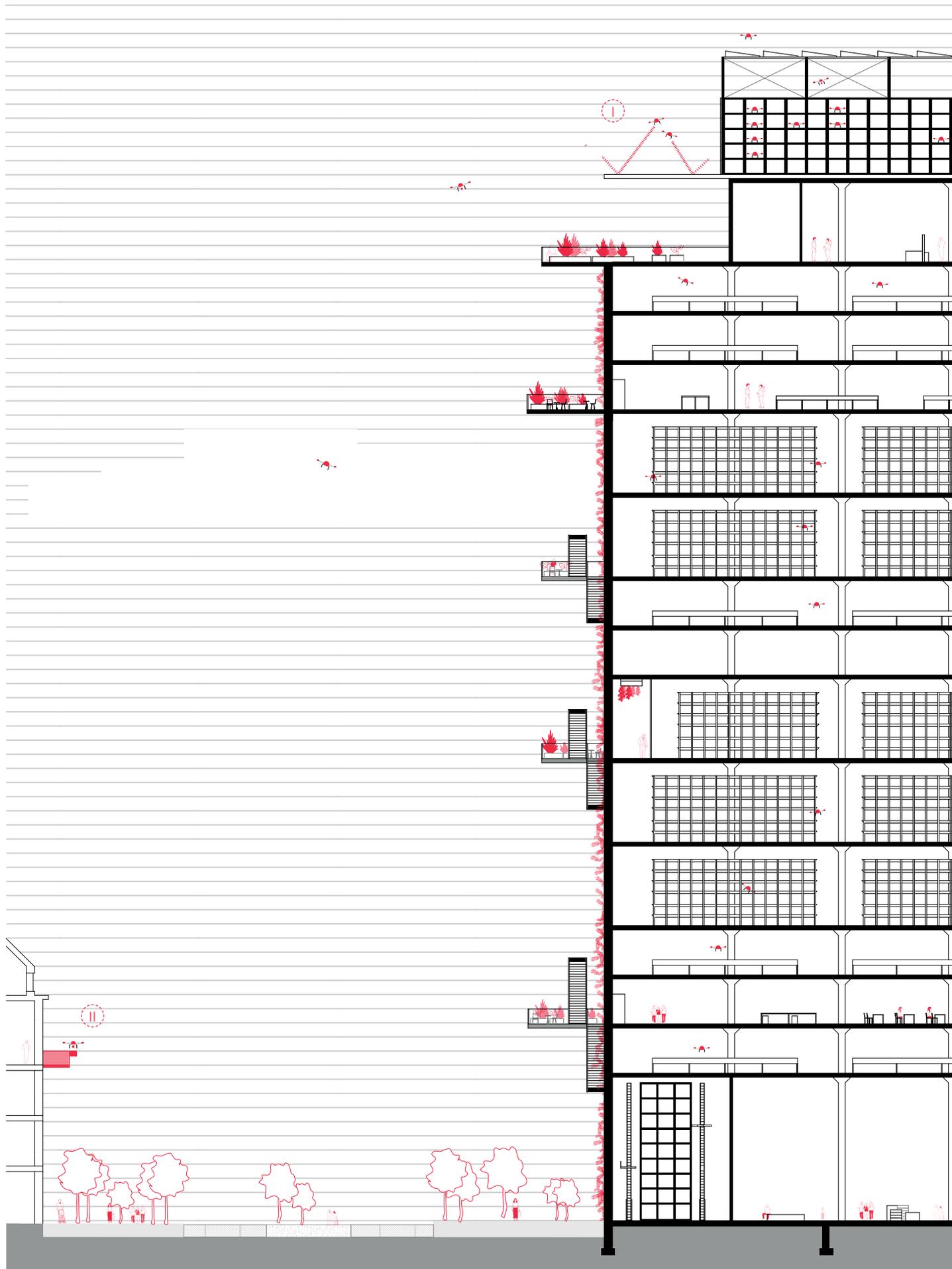


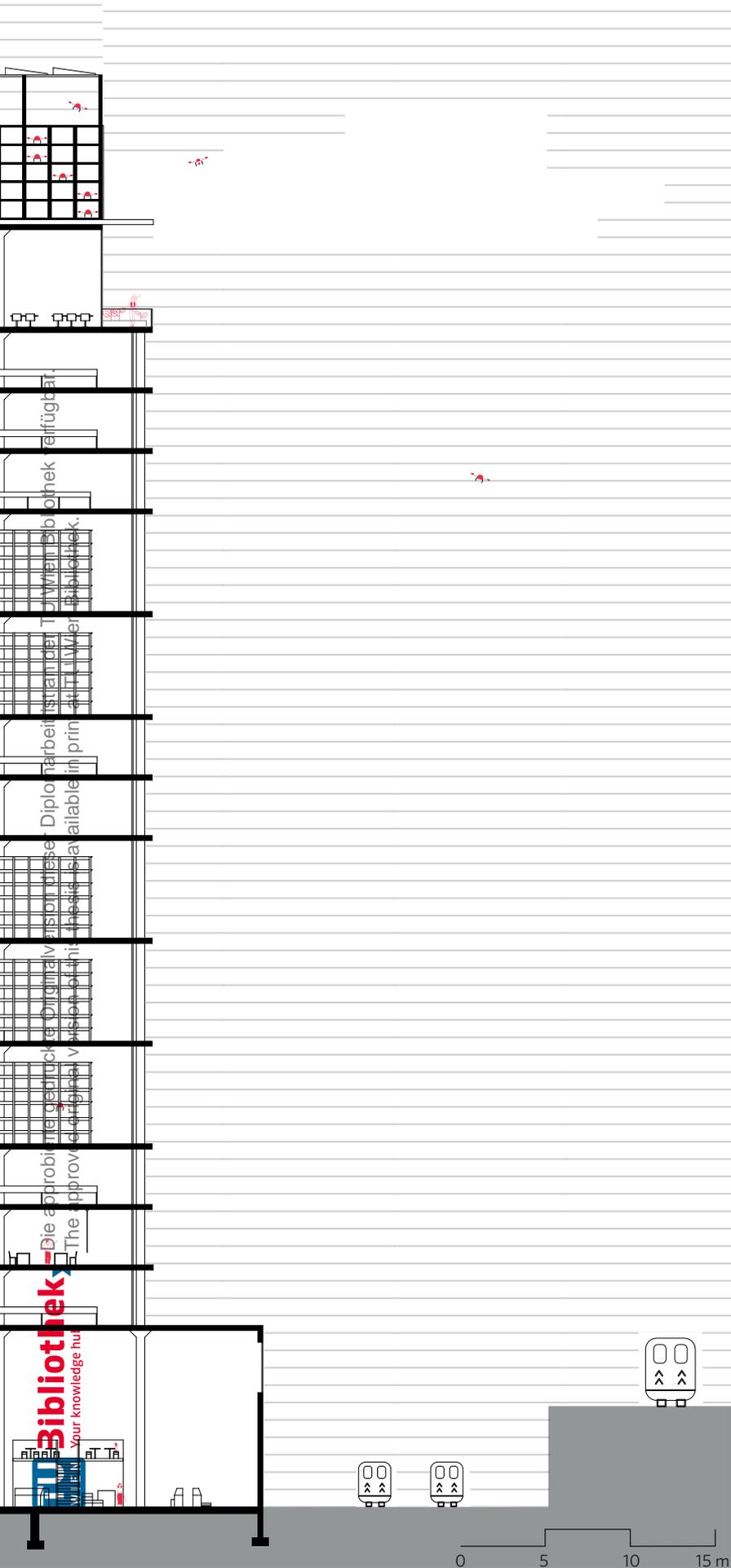
Axonometrie der statischen
Elemente



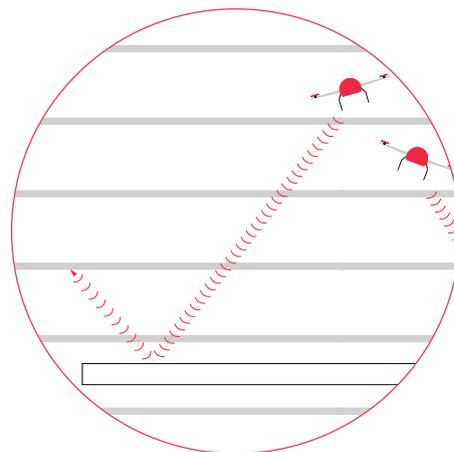
Funktionsweise
der Drohnenstation





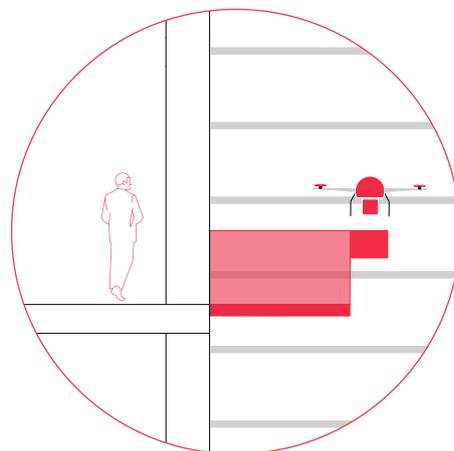


I

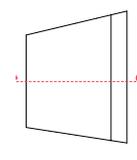


Lärmschutzdecke absorbiert Schall der Drohnen

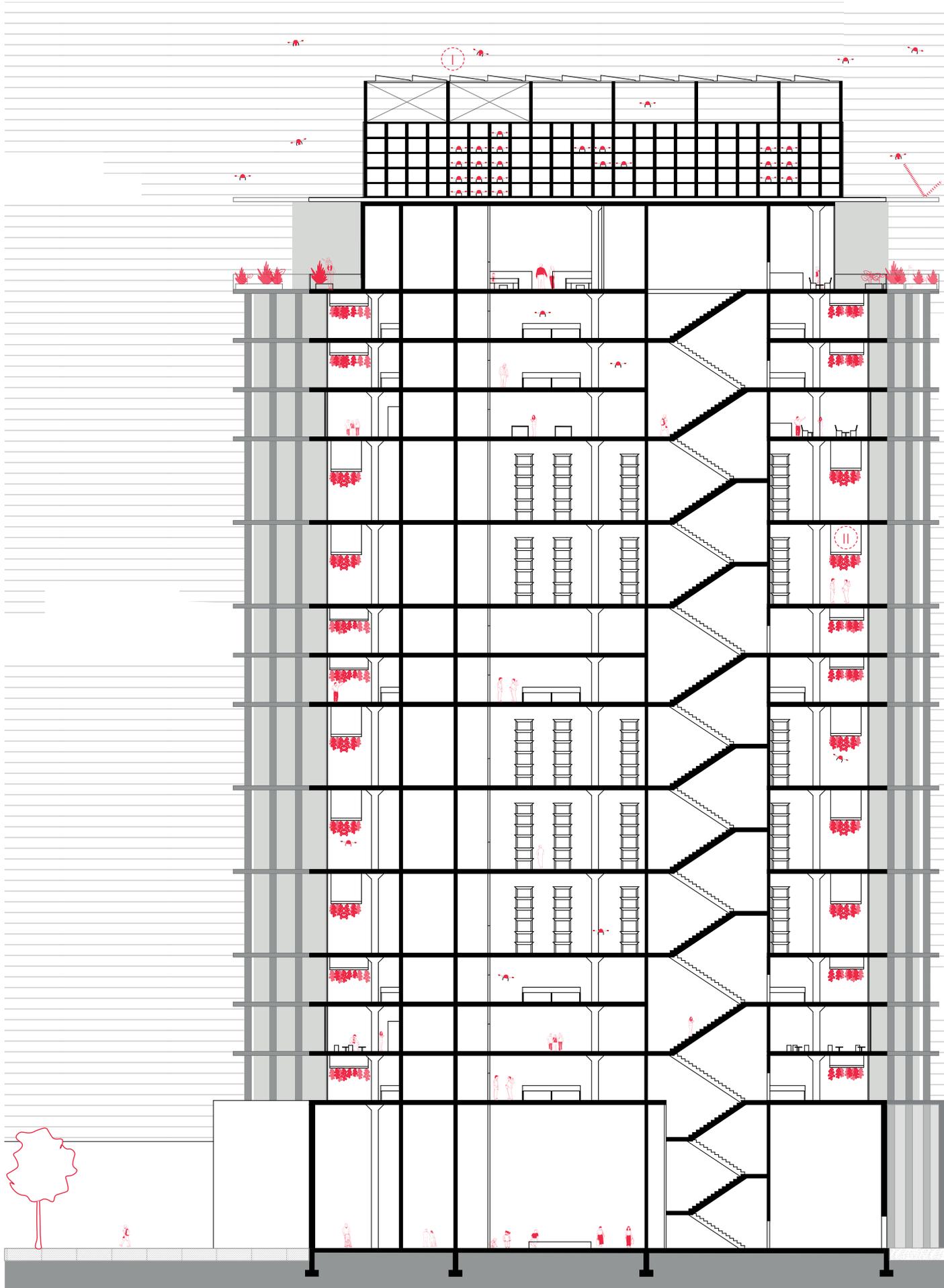
II

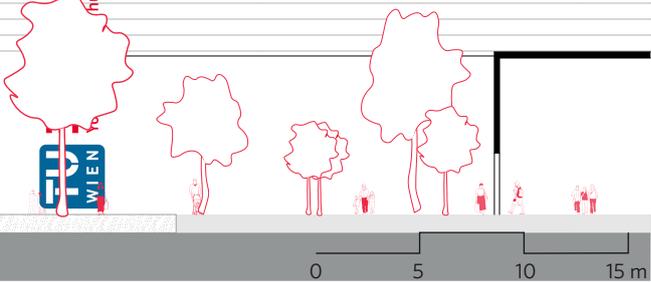


Paketstation für Drohnen am Balkon

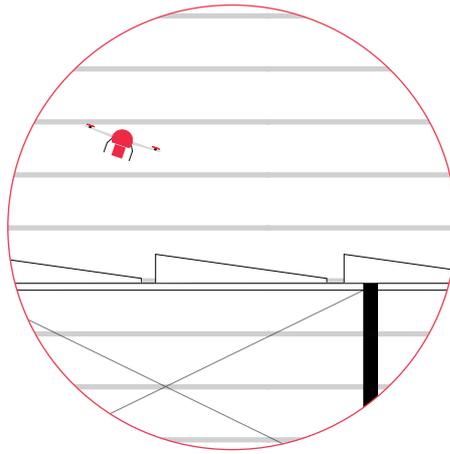


Schnitt quer



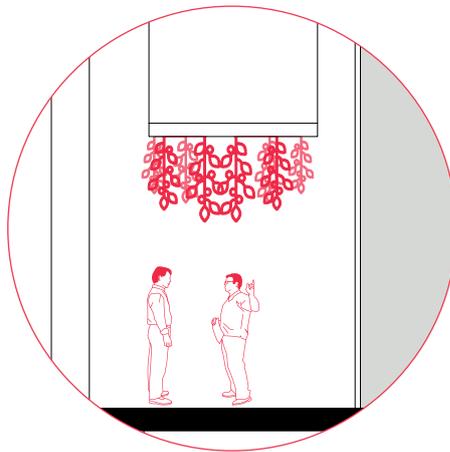


I

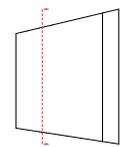


Solaranlage auf dem Dach zur Selbstversorgung

II



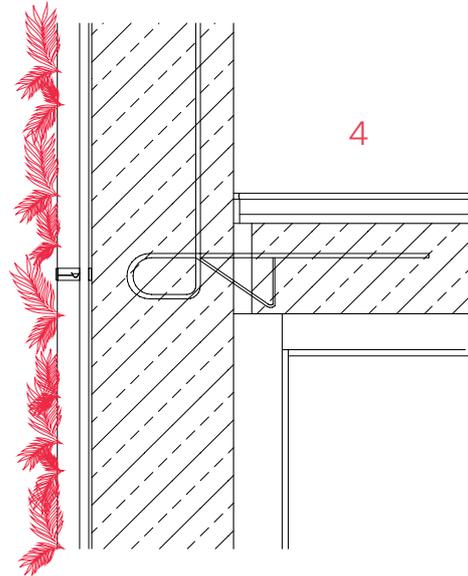
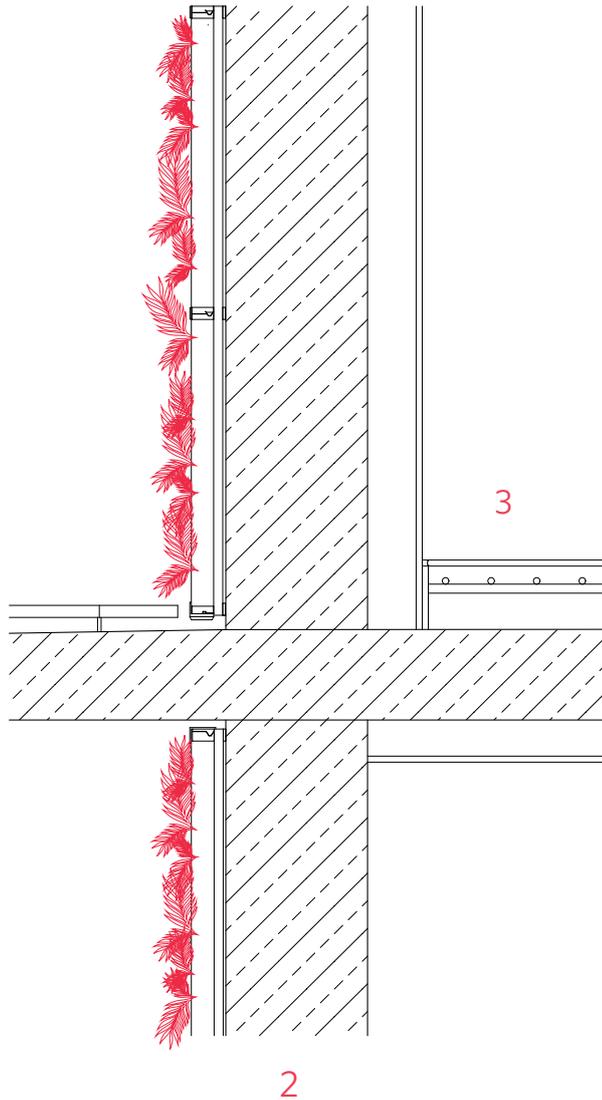
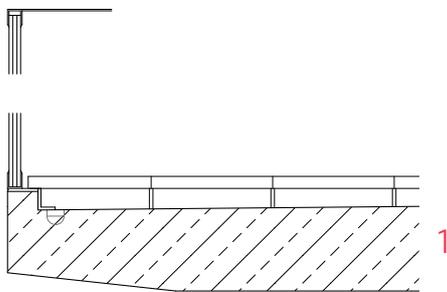
Tomaten zum Pflücken



Schnitt längs

M | 1:50

Fassadenschnitt
Nordfassade begrünt mit Auskrugung



1.OG

2.OG

3.OG

4 Decken- / Fußbodenaufbau ungedämmt

Deckenputz	20 mm
Wärmedämmung	120 mm
Stahlbeton	300 mm
Trittschalldämmung	30 mm
Abdichtung PE- Folie	
Estrich	50 mm
Versiegelung	20 mm

3 Decken- / Fußbodenaufbau gedämmt

Deckenputz	20 mm
Wärmedämmung	120 mm
Stahlbeton	300 mm
Wärmedämmung	120 mm
Trittschalldämmung	30 mm
Abdichtung PE- Folie	
Estrich mit Bodenheizung	60 mm
Versiegelung	20 mm

1 Auskragung

Plattenbelag rutschfest	40 mm
Aufständering	
Abdichtung (Flüssigspachtel)	
Stahlbeton	250-300 mm

2 Aussenwand ungedämmt

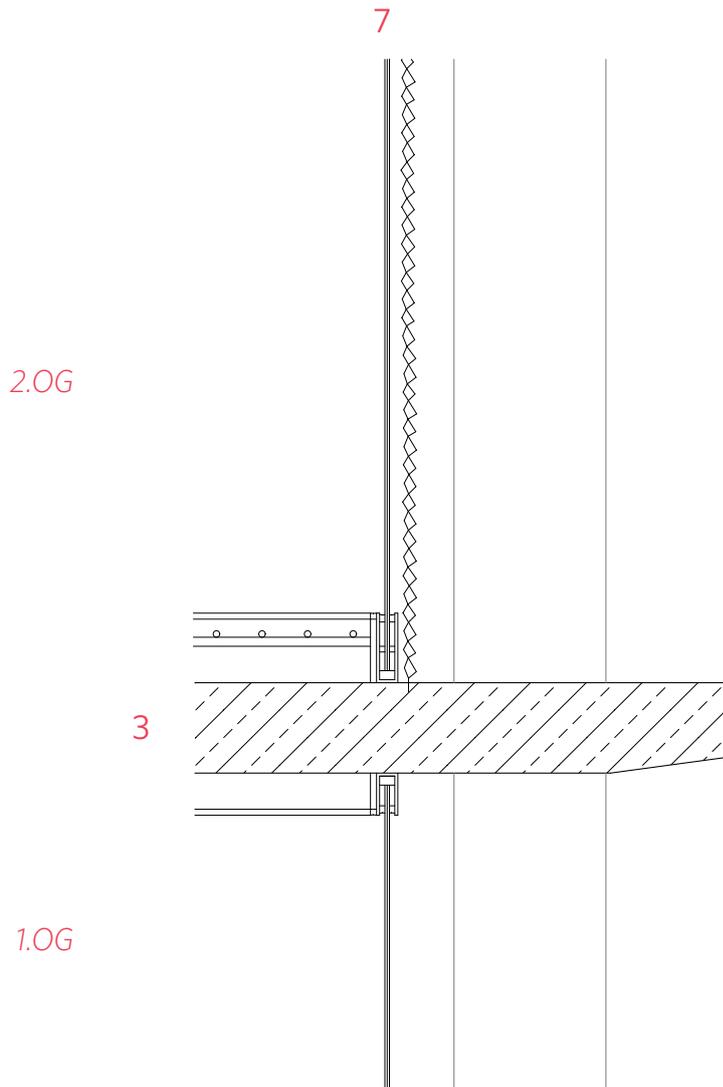
Begrünungspaneel WALFLOWER PER-e75 mm	
Aluminiumstruktur	25 mm
Stahlbeton	450 mm

gedämmt

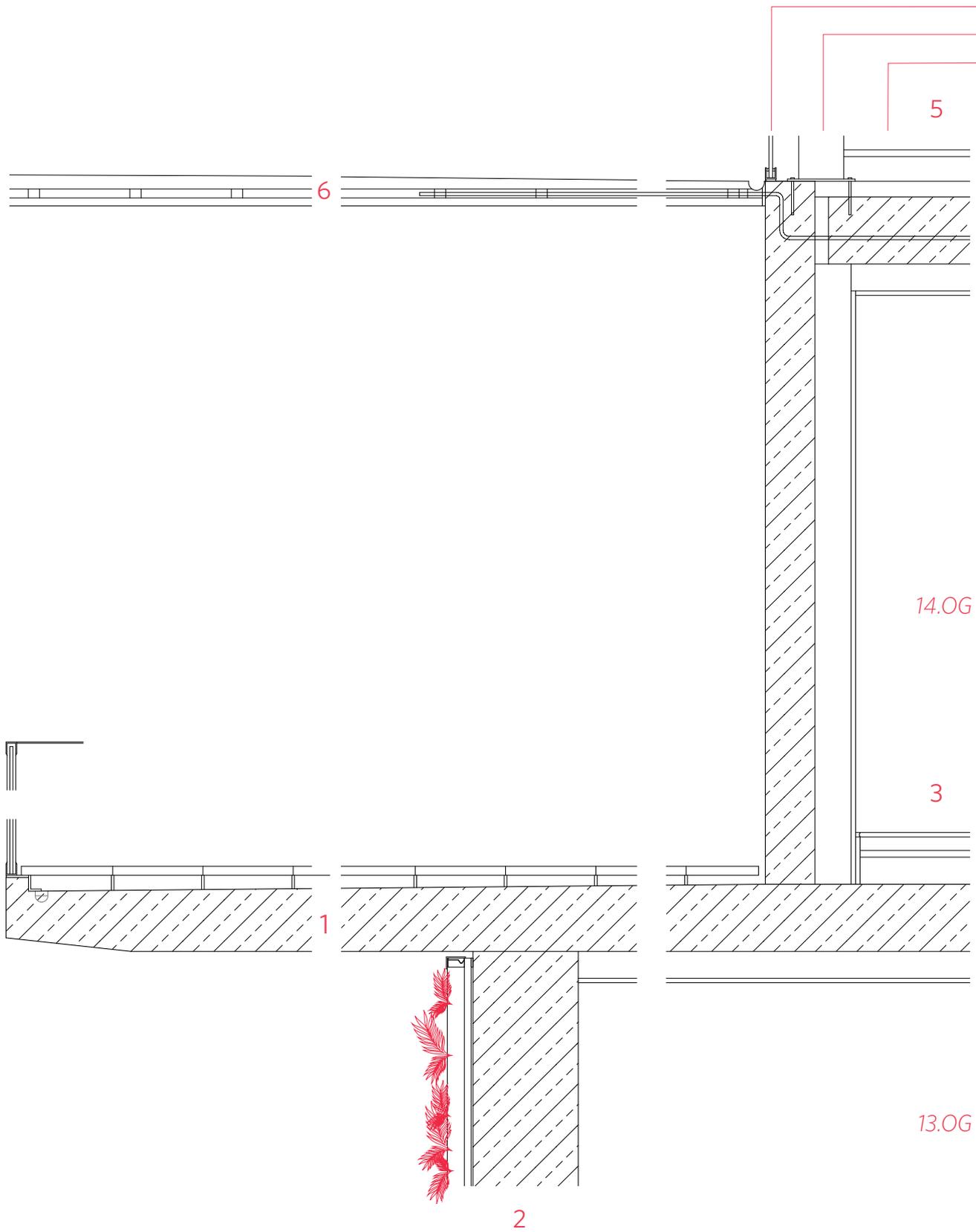
Wärmedämmung	160 mm
Dampfbremse	
Innenputz	20 mm

7 Verglasung

Stahlbetonstütze Ø	500 mm
Sonnengitter / Deployéé	
VSG	100 mm



M | 1:50
Fassadenschnitt
Südfassade Vollverglasung



M | 1:50

Fassadenschnitt
Nordfassade Terrasse & Restaurant

Plexiglas	70 mm
Stahlstütze	200 x 200 cm
Boden Drohnenkasten	30 mm

6 Lärmschutzdecke

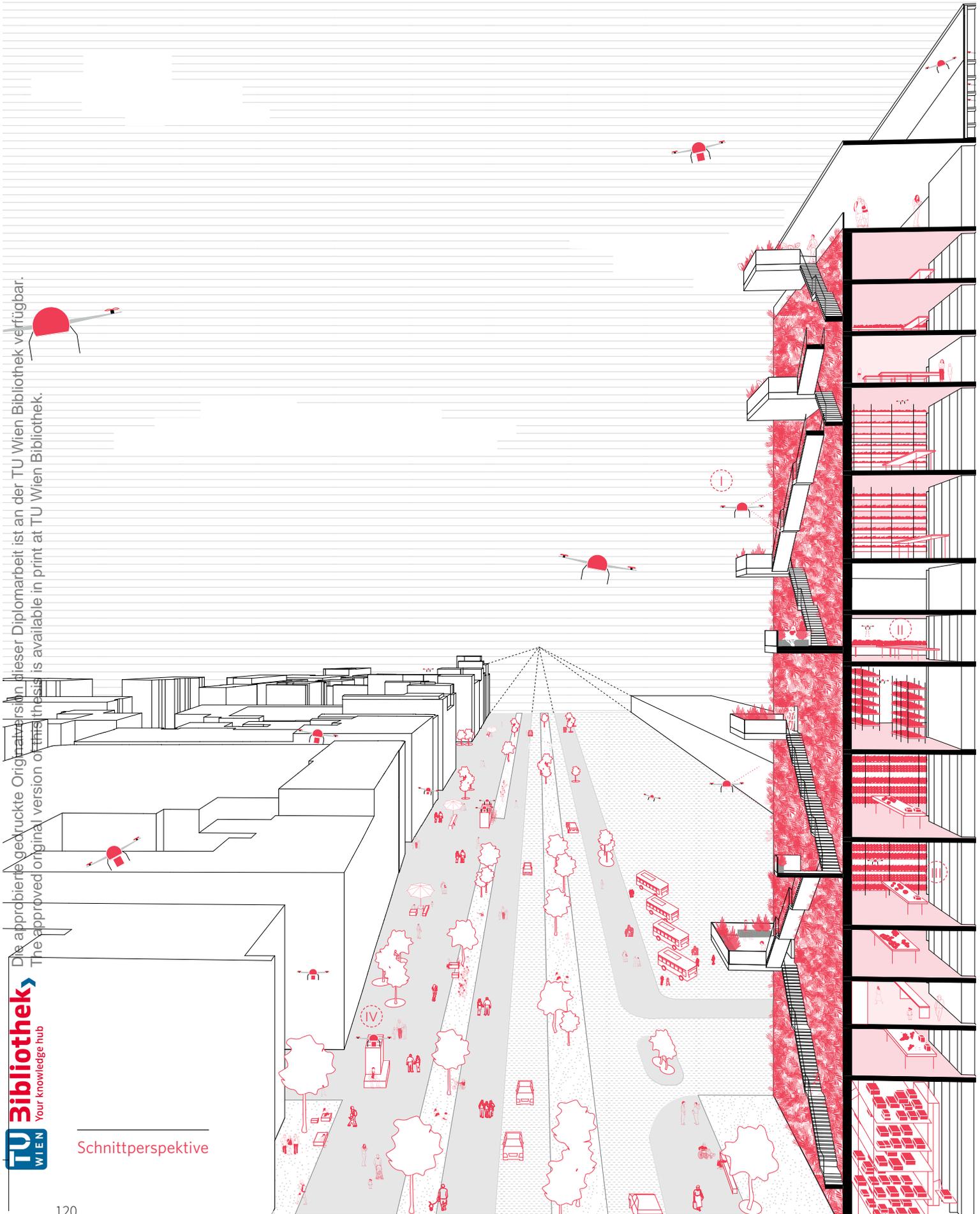
WSA-Schallschutzplatte	35 mm
Kiefernholz	30 mm
WSA-Schallschutzabsorbtiionsplatte	35 mm

5 Deckenaufbau

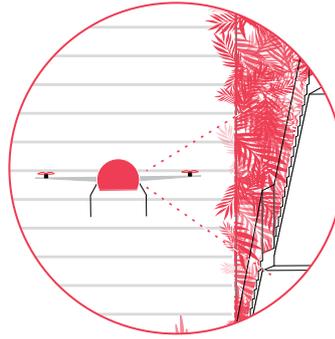
Deckenputz	20 mm
Dampfsperre	
Wärmedämmung	120 mm
Abdichtung	
Stahlbeton	300 mm
PE-Folie	
Ausgleichsschicht	70 mm

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar.
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.

Schnittperspektive

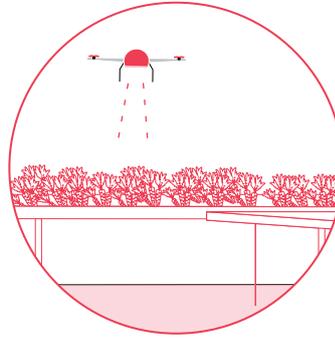


I



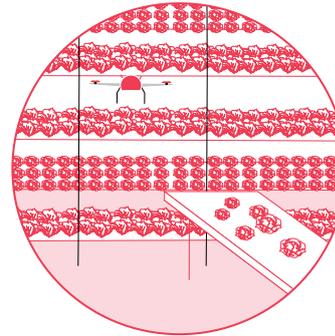
Drohnen scannen Zustand der begünstigten Fassade und ermöglichen zugeschnittene Wartung.

II



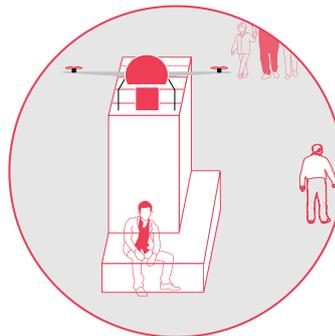
Anbau von Gemüse.
Unterstützung der Wartung mittels Drohnen.

III



Anbau von Salat.
Auch hier übernehmen die Drohnen einen Teil der Wartungsarbeiten.

IV



Paketstation im öffentlichen Raum.
Zusätzliche Nutzung als Stadtmöbel.

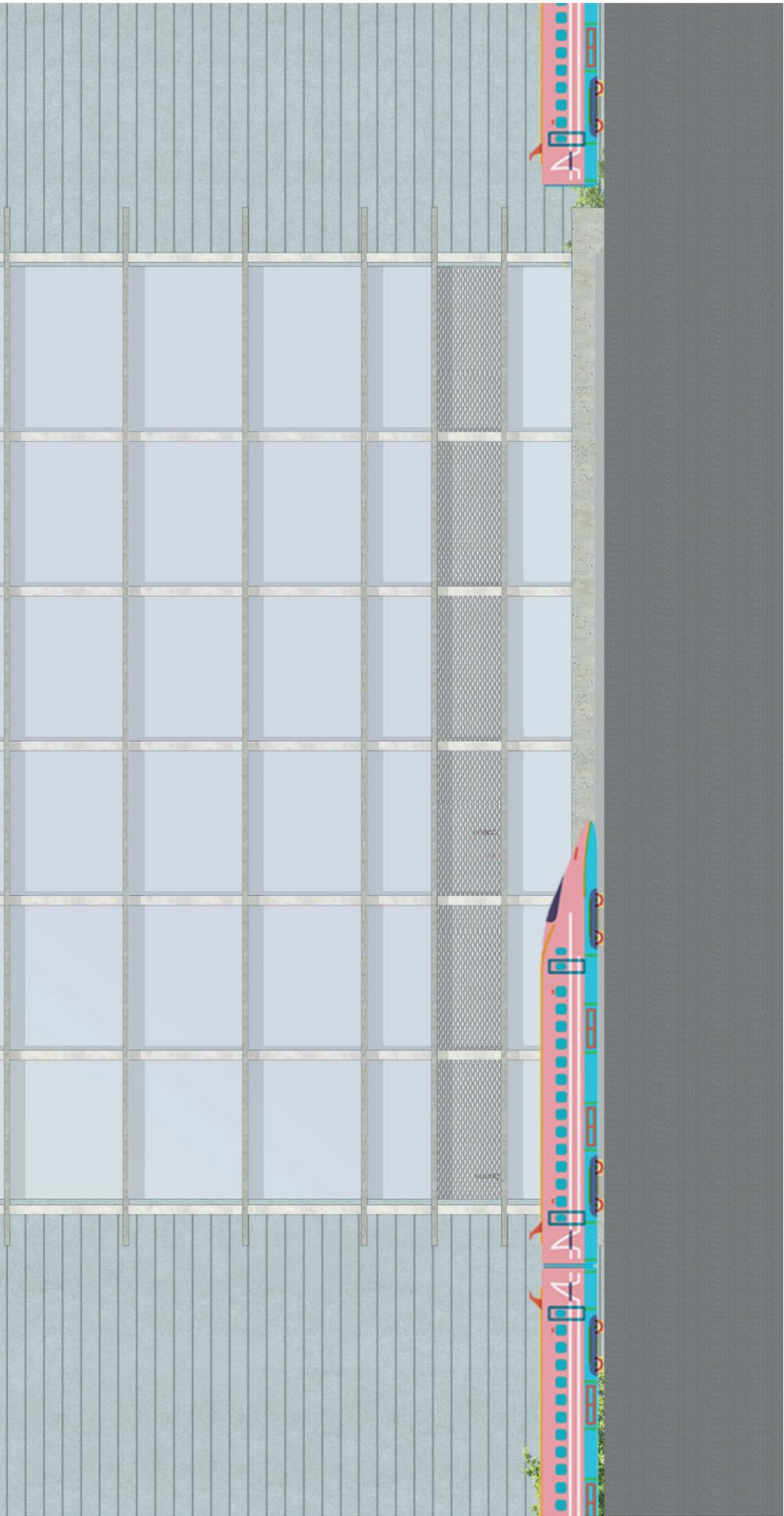




Ansicht Nord







Ansicht Süd

Schlusswort

Meine Haltung als Architektin

Mein Studium hat mich gelehrt, dass Architektur nicht nur *eine* Wissenschaft ist, sondern *viele*.

Jeder Entwurfsprozess ist anders und abhängig von unzähligen Planungsparametern. Die Architektur trägt dem Umstand, dass wir Individuen in unterschiedlichen Lebensumgebungen sind, in ihrer gebauten Manifestation Rechnung. Umso mehr ist es zu bedauern, dass wir so viel "anonymer" Architektur begegnen.

Technologien, Arbeitsverhältnisse, Wohnbedürfnisse, unsere gesamte Umwelt entwickelt sich heutzutage in einem rasanten Tempo. Der urbane Raum ist ein Seismograph für diese Veränderungen- steigen die Temperaturen, bilden sich Wärmeinseln, die Stadtbewohner_innen besonders beeinträchtigen. Boomt der Onlinehandel und steigt die Anzahl an Fahrzeugen zur Paketzustellung, stecken wir vermehrt im Stau. Wächst die Bevölkerung, verdichten sich unsere Städte. Als Architekten und Architektinnen, Stadtplaner und Stadtplanerinnen haben wir die Pflicht visionär zu denken und diesen Wandel in unseren Entwürfen mit zu denken. Architektur muss mehr sein als die gebaute Hülle. Sie muss Raum generieren, Erholungsfläche bieten, soziale Interaktion ermöglichen- unser (urbanes) Leben bereichern. Sie hat einen gesellschaftlichen Auftrag und löst das Versprechen ein, dass Städte lebenswerte Räume bleiben.

Der vorangegangene Entwurf ist mein Beitrag zu einer visionären Architektur. Zusammenhänge zwischen hoch komplexen, völlig getrennten Wissensbereichen herzustellen und diesen einen Rahmen zu geben, sehe ich als meine Aufgabe als Architektin. Entwerfen für mich bedeutet probieren, verwerfen, kombinieren, strukturieren, aber vor allem die Zukunft sehen zu wollen.

Dank an *

Schnurzi, Vivien, Betty, Amirah, Wojtek, Steffi, Pandi, Papa, Gittl, Oma, Sophie, Vilma, Miško, Max, Manu, Miriam, Markus, Lorenzo, Mama, Marc, Tzoui, Kathi, Juli, Parsa, Reinhard, mich, Grego, Simon, Katja, Maria, Caspar, Natascha, Serap, Rebecca, Angelika, Paloma, Andrej

* Nach dem Gesetz des Zufalls geordnet.

Anhang

Literaturverzeichnis

- AeroFarms. <https://aerofarms.com>. Accessed: 12.10.2019
- ADB (2018). *Experts Discuss Bridging Funding Gap for Asia's \$8.4 Trillion Transport Needs*. <https://www.adb.org/news/experts-discuss-bridging-funding-gap-asias-84-trillion-transport-needs>. Asian Development Bank. Accessed: 14.09.2018.
- Amazon (2018). <https://www.amazon.com/Amazon-Prime-Air/b?ie=UTF8&node=8037720011>. Accessed 24.08.2018.
- AustroControl (2015). *Lufttüchtigkeits- und Betriebstüchtigkeitshinweis Nr. 67. Lufttüchtigkeits- und Betriebstüchtigkeitsanforderungen für unbemannte Luftfahrzeuge der Klasse 1*. AustroControl, Abteilung AOT und LSA, Wien.
- AustroControl. <https://www.austrocontrol.at/drohnen>. Accessed: 20.09.2018.
- Babish, M. (2016). *INRIX Reveals Congestion At Germany's Worst Traffic Hotspots To Cost Drivers 48 Billion Over The Next Decade*. <http://inrix.com/press-releases/inrix-reveals-congestion-at-germanys-worst-traffic-hotspots-to-cost-drivers-e48-billion-over-the-next-decade/>. Accessed: 15.08.2018.
- Banker, S. (2017). *Iceland Gets A Drone Delivery Service, A Light Version Of Jeff Bezos' Bold Vision*. <https://www.forbes.com/sites/stevebanker/2017/08/23/amazons-jeff-bezos-drone-prediction-was-far-too-optimistic/#4623052c1bd3>. Forbes. Accessed: 25.08.2018.
- BBC (2016). *Sweden bans cameras on drones*. <https://www.bbc.com/news/technology-37761872>, BBC. Accessed: 02.09.2018.
- Bertoncello, M. and Wee, D. (2015). *Ten ways autonomous driving could redefine the autonomous world*. <https://www.mckinsey.com/industries/automotive-and-assembly/our-insights/ten-ways-autonomous-driving-could-redefine-the>

automotive-world#. McKinsey & Company. Accessed: 21.08.2018.

Boeri, S. <https://www.stefano-boeri-architetti.net/project/bosco-verticale>. Accessed: 05.10.2019.

Boeing (2018). *Pilot Outlook: 2018-2037*. <https://www.boeing.com/commercial/market/pilot-technician-outlook/2018-pilot-outlook/>. Accessed: 08.12.2018.

Bullinger, H.J. Röhlein, B. (2012). *Morgenstadt. Wie wir morgen leben: Lösungen für das urbane Leben der Zukunft*. Hanser. München.

Cooke, L. (2016). *Futuristic Urban Droneport could act as a hub for drone deliveries*. <https://inhabitat.com/futuristic-sustainable-urban-droneport-could-act-as-a-hub-for-drone-deliveries/urban-droneport-section>. Accessed: 10.08.2018.

Culpan, D. (2015). *Watch this drone being live hacked*. <https://www.wired.co.uk/article/drone-hack-defcon>. Accessed: 02.08.2018.

Despommiers, D. (2010). *The vertical farm. Feeding the world in the 21st century*. Picador. New York.

Die Presse (2017). *Sicherheitsbranche boomt: Mehr als eine Milliarde Euro Umsatz*. https://diepresse.com/home/wirtschaft/economist/5207358/Sicherheitsbranche-boomt_Mehr-als-eine-Milliarde-Euro-Umsatz. Die Presse. Wien. Accessed: 18.09.2018.

Divja, J. (2017). *What are drones good for? Common commercial applications of drones in agriculture, business and the military*. <https://www.businessinsider.de/commercial-drone-uses-agriculture-business-military-2017-8?r=US&IR=T>. BUSINESS INSIDER. Accessed: 26.08.2018.

dpd (2016). *DPD Austria eröffnet innovativen City Hub in der Seestadt Aspern*. https://www.dpd.com/at/home/ueber_dpd/presse_center/presse_aussendung/archiv/archiv_2016?id=3415#3415. Accessed: 25.07.2018

Drone Rescue (2018). <http://www.dronerescue.at>. Drone Rescue. Graz. Accessed: 02.09.2018.

EASA (2018). *Opinion No1 /2018: Introduction of a regulatory framework for the operation of unmanned aircraft systems in the 'open' and 'specific' categories*. European Aviation Safety Agency. Köln.

EASA (2019). *EU wide rules on drones published*. <https://www.easa.europa.eu/newsroom-and-events/press-releases/eu-wide-rules-drones-published>. Accessed: 12.09.2019.

Ehang (2018). <http://www.ehang.com/ehang184/>. Accessed: 12.08.2018.

Eliasson, I. (2000). *The use of climate knowledge in urban planning*. In: *Landscape and*

urban planning.

Flirtey (2018). <https://www.flirtey.com>. Flirtey, LA. USA. Accessed: 25.08.2018.

Flynt, J. (2017). *Differences Between Hexacopters, Quadcopters and Octocopters*. <https://3dinsider.com/hexacopters-quadcopters-octocopters/>. 3DINSIDER. Accessed: 01.09.2018.

Flynt, J. (2017). *How much weight can a drone carry?*. <https://3dinsider.com/drone-payload/>. 3DINSIDER. Accessed: 02.09.2018.

Fraunhofer IAO (2011). *ROADMAP – ELEKTROMOBILE STADT*. Fraunhofer- Institut für Arbeitswissenschaft und Organisation IAO, Stuttgart.

FSD (2017). *Drones in Humanitarian Action. A guide to the use of airborne systems in humanitarian crises*. Swiss Foundation for Mine Action (FSD). Genf.

Glaser, A. (2017). *Watch Amazon's Prime Air make its first public U.S. drone delivery*. <https://www.recode.net/2017/3/24/15054884/amazon-prime-air-public-us-drone-delivery>. recode. Accessed: 24.08.2018.

Greenroofs. <https://www.greenroofs.com/projects/musee-du-quai-branly-greenwall/>. Accessed: 12.10.2019.

Griffith, J. (2018). *Two-thirds of the world's population will live in cities by 2050: UN report*. <https://edition.cnn.com/2018/05/16/world/world-population-cities-un-intl/index.html>. Accessed: 04.10.2019.

Growing Underground. <http://growing-underground.com>. Accessed: 08.10.2019.

Gruber, (2018). *Anfrage Postwege Österreich*. Email. post.kundenservice@post.at. 08.05.2018.

Guoqing Zhou and Prasad S. Thenkabail (2017). *Review of the current state of UAV regulations*. Remote Sensing. No 459.

Hagen, K. (2011). *Freiraum im Freiraum. Mikroklimatische Ansätze für die städtische Landschaftsarchitektur*. Dissertation, Technische Universität Wien.

Handelsverband (2019). *Neuer Rekord bei Zustellung: 228 Millionen Pakete in Österreich befördert*. Handelsverband. Accessed: 25.08.2019

Hassanalian, M. and A. Abdelkefi (2017). *Classifications, applications, and design challenges of drones: A review*. Progress in Aerospace Sciences.

Hoeben, J.S.F (2014). *A value analysis of unmanned aircraft operations for the transport of high time-value cargo*. Delft University of Technology. Delft.

Hofverberg, E. (2017). *Sweden: Law To Allow Photo Drones Passed*. Global Legal Monitor.

<http://www.loc.gov/law/foreign-news/article/sweden-law-to-allow-photo-drones-passed/>. Accessed: 02.09.2018.

Humphreys & Partners (2018). <https://humphreys.com/project/apartment-of-the-future/>. Accessed: 10.08.2018.

Infarm. <https://infarm.com>. Accessed: 09.10.2018.

Infarm. <https://infarm.com/article/>. Accessed: 09.10.2018.

INRIX (2017), Global Scorecard Infographic 2017. INRIX. Kirkland.

IWM (2018). *A brief history of military drones*. <https://www.iwm.org.uk/history/a-brief-history-of-drones>. Accessed: 02.09.2018.

Jardines de Babylone. <https://www.greenwallsdesign.com/projects/green-wall/renovation-green-wall-quai-branly-museum/>. Accessed: 11.10.2019.

Jensen, O. (2016). *Drone city-power, design and aerial mobility in the age of "smart cities"*. Department of Architecture. Design and Media Technology. Aalborg University.

Jungblut, S.-I. (2018). *Vertical Farming - Kommt unser Obst und Gemüse in Zukunft aus der vertikalen Farm?* <https://reset.org/knowledge/vertical-farming---kommt-unser-obst-und-gemuese-zukunft-aus-der-vertikalen-farm-12112018>. Accessed: 12.10.2019.

Kashyap, A. (2018). *A Brief History of Drones: The Remote Controlled Unmanned Aerial Vehicles (UAVs)*. <https://interestingengineering.com/a-brief-history-of-drones-the-remote-controlled-unmanned-aerial-vehicles-uavs>. INTERESTINGENGINEERING. accessed: 02.09.2018.

Kendoul, F. (2012). *Survey of advances in guidance, navigation, and control of unmanned rotorcraft systems*. Journal of Field Robotics.

Kurrent, F. Spalt, J. (1964). *Wien der Zukunft (1964)*. Katalog der Ausstellung. Wien.

Kuttler, W. Barlag, A.-B. (2002). *Mehr als städtische Wärmeinseln*. https://www.uni-due.de/imperia/md/content/geographie/klimatologie/mehr_als_stdtische_w_rmeinseln_2002_.pdf Essener Unikate. Berichte aus Forschung und Lehre. 19/2002. Essen. Accessed: 15.10.2019.

Levin, S. (2017). *Amazon patents beehive-like structure to house delivery drones in cities*. <https://www.theguardian.com/technology/2017/jun/26/amazon-drones-delivery-beehive-patent>. The Guardian. Accessed: 24.08.2018.

Mashkati, F. (2018). *Specific question on your drone*. farshad@flirteey.com. 15.06.2018.

McAfee (2016). *2017 Threats Predictions*. McAfee Labs. Santa Clara. CA.

McKinsey & Company (2016). *Liebe auf den zweiten Blick?* https://www.mckinsey.com/de/-/media/McKinsey/Locations/Europe%20and%20Middle%20East/Deutschland/Branchen/Konsumguter%20Handel/Akzente/Ausgaben%202016/akzente_16_02_gesamt.ashx Akzente 2'16. Accessed: 05.02.2019.

MIT (2016). *The Death of the Traffic Light?* MIT Senseable City Lab Cambridge.

Mogg, T. (2015). *Tonight: Jeremy Clarkson presents the Amazon Prime Air delivery drone.* <https://www.digitaltrends.com/cool-tech/amazon-prime-air-delivery-drone/>. DIGITSL TRENDS. Accessed: 03.09.2018.

ÖAMTC. <https://www.oeamtc.at/thema/drohnen/bewilligung-19350916>. Accessed: 09.12.2018.

OECD and ITF (2015). *Urban Mobility System Upgrade. How shared self-driving cars could change city traffic.* Organisation for Economic Co-operation and Development and International Transport Forum. Paris.

OECD and ITF (2018). *(Un)certain Skies? Drones in the World of Tomorrow.* Organisation for Economic Co-operation and Development and International Transport Forum. Paris.

Ong, Thuy (2017). *Dubai starts testing crewless two-person 'flying taxis'.* <https://www.theverge.com/2017/9/26/16365614/dubai-testing-uncrewed-two-person-flying-taxis-volocopter>. THE VERGE. Accessed: 02.08.2018.

Ong, Thuy (2017). *The first autonomous drone delivery network will fly above Switzerland starting next month.* <https://www.theverge.com/2017/9/20/16325084/matternet-autonomous-drone-network-switzerland>. THE VERGE, accessed: 02.09.2018.

ORF (2010). Schau zur legendären "Architektur- Boygroup". <https://wiev1.orf.at/stories/429016>. Accessed: 25.09.2019.

Oswald, E. (2017). *Here's everything you need to know about Amazon's drone delivery project, Prime Air.* <https://www.digitaltrends.com/cool-tech/amazon-prime-air-delivery-drones-history-progress/>. DIGITAL TRENDS. Accessed: 24.08.2018.

PriestmanGoode (2018). <http://www.priestmangoode.com/wp-content/uploads/2018/03/PriestmanGoode-launches-its-vision-of-future-cities-transformed-by-drones-at-the-GREAT-Festival-of-Innovation.pdf>. Accessed: 10.08.2018.

Pumhösel, A. (2017). *Weniger Autos in der Stadt der Zukunft.* <https://derstandard.at/2000061580102-628/Weniger-Autos-in-der-Stadt-der-Zukunft>. DerStandard. Wien. Accessed: 18.08.2018.

PwC (2016). *Clarity from above.* PricewaterhouseCoopers. Frankfurt a. Main.

PwC (2017). *Clarity from above: transport infrastructure*. PricewaterhouseCoopers. Frankfurt a. Main.

Ratti, C. and Bidermann, A. (2017). *FROM PARKING LOT TO PARADISE*. ScientificAmerican.com.

Rosenthal, T.C. (2017). *Vans & Drones in Zurich: Mercedes-Benz Vans, Matternet and siroop start pilot project for on-demand delivery of e-commerce goods*. <https://media.daimler.com/marsMediaSite/en/instance/ko/Vans--Drones-in-Zurich-Mercedes-Benz-Vans-Matternet-and-siroop-start-pilot-project-for-on-demand-delivery-of-e-commerce-goods.xhtml?oid=29659139>. Daimler. Accessed: 25.08.2018.

SESAR JU (2016). *European Drones Outlook Study: Unlocking the value for Europe*. Single European Sky ATM Research Joint Undertaking.

SESAR JU (2017). *U-Space*. SESAR Joint Undertaking. Single European Sky ATM Research Joint Undertaking.

SHIVALI (2017). *Look out for flying pizzas in Reykjavik! World's first drone delivery service launches in Iceland's capital*. <https://www.dailymail.co.uk/sciencetech/article-4819136/World-s-drone-delivery-service-launches-Iceland.html>. Daily Mail. Accessed: 25.08.2018.

Smith, L. (2017). *First Ever Drone Inspection of Niagara Ice Boom*. <https://www.nypa.gov/news/press-releases/2017/20170127-drone-inspection>. NY Power Authority. Accessed: 26.08.2018.

Sommer Architektur. <http://sommerarchitektur.at/portfolio/lagerhalle-gradischegg/>. Accessed: 04.10.2019.

Süddeutsche Zeitung (2016). *Deutsche Post stellt erstmals Pakete per Drohne zu*. <https://www.sueddeutsche.de/bayern/reit-im-winkl-deutsche-post-stellt-erstmal-pakete-per-drohne-zu-1.2986700>. Süddeutsche Zeitung. Accessed: 25.08.2018.

Statista (2019). *Weltbevölkerung von 1950 bis 2019 (in Milliarden)*. <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/1716/umfrage/entwicklung-der-weltbevoelkerung/>. Accessed: 12.10.2019.

STEP 2025. <https://www.wien.gv.at/stadtentwicklung/studien/pdf/b008379c.pdf>. wien.gv. Accessed: 20.09.2019.

Stiles, R., Gasienica, B. Hagen, K. et al. (2014). *Urban fabric types and microclimate response – assessment and design improvement*. Final Report. Planungsempfehlungen. TU Wien. Wien.

Tachet, R. and Sagarra, O. and Santi, P. and Resta, G. and Strogatz, S. H. and Ratti, C. (2017). *What is the most 'shareable' city?* MIT Senseable City Lab. Cambridge.

- The Economist (2018). *Why Uber's self-driving car killed a pedestrian*. <https://www.economist.com/the-economist-explains/2018/05/29/why-ubers-self-driving-car-killed-a-pedestrian>. The Economist. Accessed: 20.09.2018.
- Thompson, C. (2016). *Why driverless cars will be safer than human drivers*. BUSINESSINSIDER. <https://www.businessinsider.de/why-driverless-cars-will-be-safer-than-human-drivers-2016-11?r=US&IR=T>. BUSINESSINSIDER. Accessed: 21.08.2018.
- Thornhill, J. (2016). *The question marks hovering over drones*. Financial Times. <https://www.ft.com/content/1db24dc0-c5d8-11e6-9043-7e34c07b46ef>. Financial Times. Accessed: 25.08.2018.
- Turck, M. (2018). *How Much Safer Should Self-Driving Cars Be? Try 0%*. Forbes. <https://www.forbes.com/sites/mitchturck/2018/07/09/how-much-safer-should-self-driving-cars-be-try-0/#232d9daf1a84>. Forbes. Accessed: 21.08.2018.
- Van Groningen, R. (2017). *Cost Benefit Analysis Unmanned Cargo Aircraft: Case Study Stuttgart - Urumqi/Shenzen*. Erasmus University Rotterdam. Rotterdam.
- VCÖ (2014). *Online-Handel boom - bringt das mehr oder weniger Verkehr?* <https://www.vcoe.at/publikationen/vcoe-factsheets/detail/online-handel-boomt-bringt-das-mehr-oder-weniger-verkehr>. Accessed: 04.09.2019.
- Volocopter (2017). *German startup Volocopter writes aviation history – yet again. First ever public demonstration of an autonomous urban air taxi*. <https://press.volocopter.com/index.php/german-startup-volocopter-writes-aviation-history-yet-again>. Accessed: 18.09.2018.
- Volvo (2017). <https://www.volvobuses.com/en-en/news/2017/jan/swedish-town-of-varnamo-goes-electric-with-volvo-electric-hybrid-buses.html>. Volvo Buses. Gothenburg, Sweden. Accessed: 04.09.2018.
- Wang, D. (2015). *The Economics of Drone Delivery*. <https://www.flexport.com/blog/drone-delivery-economics>. FLEXPORT. Accessed: 24.08.2018.
- WAYMO (2018). <https://waymo.com>. WAYMO. Santa Clara County, CA. Accessed: 21.08.2018.
- Weichhart, J. (2016). *Drohnen sind startklar für Asyleinsatz*. <https://kurier.at/chronik/oesterreich/drohnen-sind-startklar-fuer-asyleinsatz/181.007.562>. Kurier. Accessed: 02.09.2018.
- Werk, bauen + wohnen (WBW). Ausgabe 03 - 2019. *Vertikalgrün*. Werk AG.
- Wilkens, A. (2016). *Amazon Prime Air: Lieferdrohne soll Pakete bis zu 2,5 kg Gewicht transportieren können*. <https://www.heise.de/newsticker/meldung/Amazon-Prime-Air-Lieferdrohne-soll-Pakete-bis-zu-2-5-kg-Gewicht-transportieren-koennen-3074817.html>. heise online. Accessed: 02.09.2018.

Abbildungsverzeichnis

Sofern nicht angegeben handelt es sich um eigene Darstellungen der Autorin.

Abb. 1 & 2 & 3

Die neue Stadt der Gruppe 4| Schnellstraßen. S. 15. Quelle: Wien der Zukunft. Katalog der Ausstellung.

Abb. 4

E-Hang-PRC China 184. S. 30. Quelle: <https://www.engadget.com/2018/02/06/ehang-shows-passenger-drone-test-flights/?guccounter=2>. Accessed: 17.10.2019.

Abb. 5

Volocopter Dubai. S.30. Quelle: <https://www.neckar-chronik.de/Nachrichten/Bruchsaler-Flugtaxi-fuehrt-bemannten-Testflug-inSingapur-aus-433604.html>. Accessed: 17.10.2019.

Abb. 6

Amazon prime air. S. 32. Quelle: <https://www.netzwoche.ch/news/2019-06-06/amazon-stellt-lieferdrohne-vor>. Accessed: 12.10.2019.

Abb. 7

DHL-Drohne. S.33. Quelle: <https://de.ubergizmo.com/2016/01/25/paketkopter-dhl-lieferdrohne-mit-startschwierigkeiten.html>. Accessed: 13.10.2019.

Abb. 8

Flytrex in Reykjavik. S. 33. Quelle: <https://www.wiwo.de/technologie/digitale-welt/drohnenlieferungen-in-island-bringen-drohnen-das-abendessen/23623644.html>. Accessed: 12.10.2019.

Abb. 9

Flirtey. S. 34. Quelle: <https://www.flirtey.com>. Accessed: 22.10.2019.

Abb. 10

Drohnen-Van-System von Matternet, Daimler und siroop. S. 35. Quelle: <https://www.netzwoche.ch/news/2017-09-29/diese-drohne-soll-den-e-commerce-revolutionieren>. Accessed: 22.10.2019.

Abb. 11 & 12

Saül Ajura Fernández – Droneport. S. 43. Quelle: <https://www.vanillamagazine.it/gli-aeroporti-urbani-per-droni-sono-la-prossima-sfida-dell-architettura-moderna/>. Accessed: 25.07.2018.

Abb. 13 & 14

PriestmanGoode - Dragonfly. S. 44. Quelle: <https://www.priestmangoode.com/project/dragonfly-a-vision-for-better-delivery-networks/>. Accessed: 20.07.2018.

Abb. 15 & 16

Hydroponie und Aeroponie. S. 53. Quelle: <https://indoorfarmer.ca/article-library>.

Accessed: 22.10.2019.

Abb. 17

AeroFarms | Newark. S. 54. Quelle: <https://aerofarms.com>. Accessed: 20.10.2019.

Abb. 18

Infarm | Berlin. S. 55. Quelle: <https://www.morgenpost.de/berlin/article226612251/Infarm-Die-Kraeuterkammer-der-Zukunft-kommt-aus-Berlin.html>. Accessed: 19.10.2019.

Abb. 19

Growing Underground | London. S. 55. Quelle: <https://reset.org/blog/growing-underground-der-salat-der-aus-der-tiefe-kam-07102015>. Accessed: 19.10.2019.

Abb. 20 & 21 & 22

Begrünte Fassade systeme. S. 61. Quelle: Werk, bauen + wohnen. Vertikalgrün. Ausgabe 03-2019.

Abb. 23

Lagerhalle Gradischegg. S. 62. Quelle: <http://sommerarchitektur.at/portfolio/lagerhalle-gradischegg/>. Accessed: 04.10.2019.

Abb. 24

Bosco Verticale. S. 63. Quelle: <https://www.stefano-boeri-architetti.net/project/bosco-verticale/>. Accessed: 05.10.2019.

Abb. 25

Musée du quai Branly. S. 63. Quelle: <https://www.greenroofs.com/2011/09/26/gpw-musee-du-quai-branly/>. Accessed: 05.10.2019.

