



Markus Godez, BSc.

METACELL

MASTERARBEIT

zur Erlangung des akademischen Grades

Diplom-Ingenieur

Masterstudium Architektur

eingereicht an der

Technische Universität Graz

Betreuer

Univ.-Prof. B.Sc.(Hons). CEng MCIBSE Brian Cody

Institut für Gebäude und Energie

Graz, Jänner 2015

Deutsche Fassung:
Beschluss der Curricula-Kommission für Bachelor-, Master- und Diplomstudien vom 10.11.2008
Genehmigung des Senates am 1.12.2008

EIDESSTÄTLICHE ERKLÄRUNG

Ich erkläre an Eides statt, dass ich die vorliegende Arbeit selbstständig verfasst, andere als die angegebenen Quellen/Hilfsmittel nicht benutzt, und die den benutzten Quellen wörtlich und inhaltlich entnommenen Stellen als solche kenntlich gemacht habe.

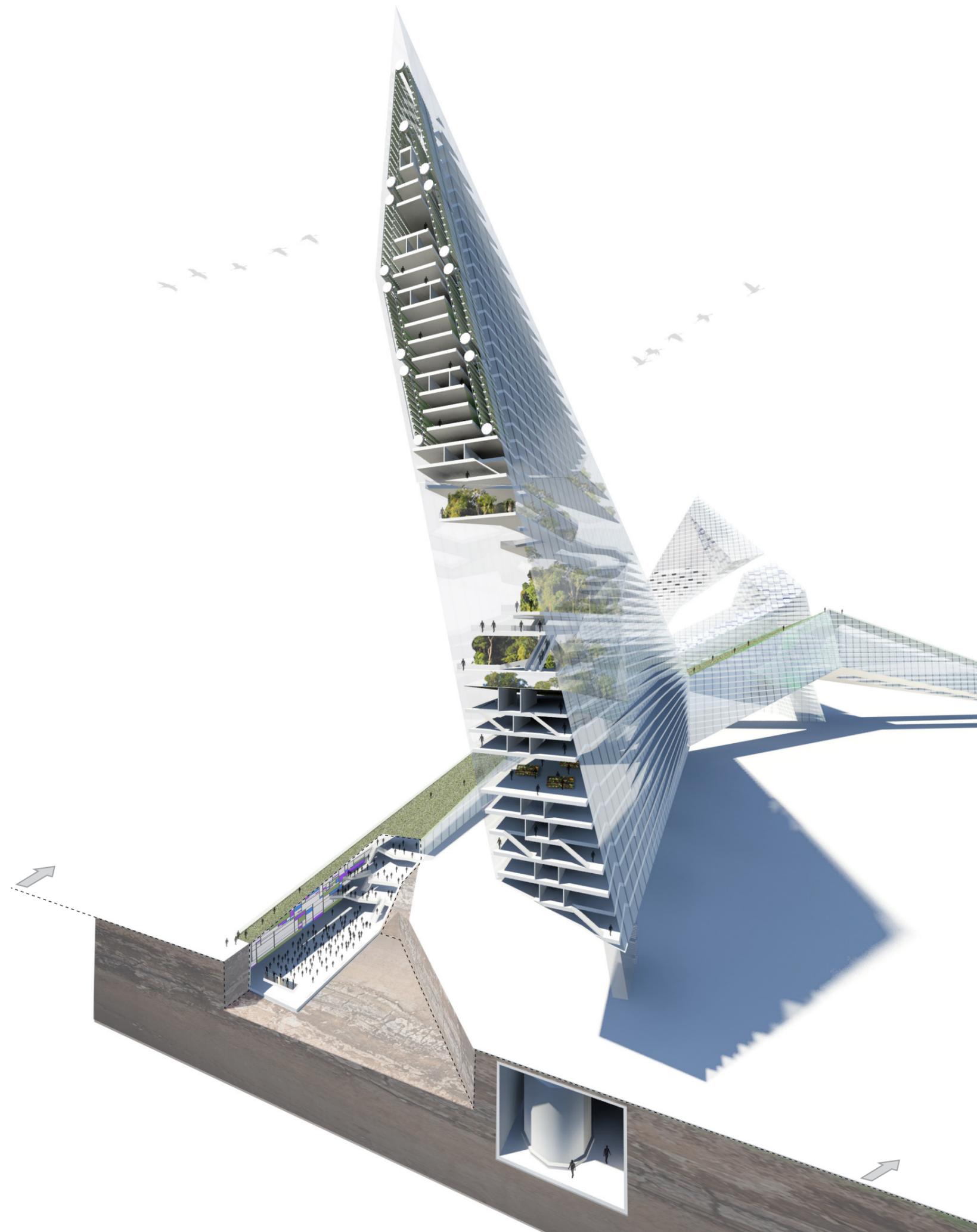
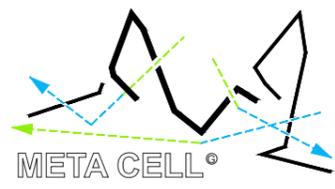
Graz, am (Unterschrift)

Englische Fassung:

STATUTORY DECLARATION

I declare that I have authored this thesis independently, that I have not used other than the declared sources / resources, and that I have explicitly marked all material which has been quoted either literally or by content from the used sources.

..... date (signature)



Danksagung

*“Ein herzliches Danke an meine Familie, meine Verlobte und meine Freunde, ohne Euch wäre das Alles niemals möglich gewesen.
Bedanken möchte ich mich auch bei Herrn Univ.-Prof. B.Sc.(Hons). CEng MCIBSE Brian Cody und Herrn Mag. Arch. Daniel Podmirseg für die große Unterstützung und Betreuung meiner Masterarbeit”*



Inhaltsverzeichnis

Kurzfassung	010
Abstract	011
1. Berlin • Energie • Nahrung	013
Bestandsaufnahme Nahrungsmittelversorgung Berlin 2014	014
Bestandsaufnahme Energieversorgung Berlin 2014	015
Peak Oil	017
Bevölkerungsstand Berlin 2014	018
2. Berlin • Klima	021
Klimadatenübersicht	022
Windenergie	023
Temperatur und Sonnenstände - Jahresübersicht	024
3. Hyperstrukturen • Energieversorgung • Nahrungsversorgung	027
Zielsetzung Nahrungsmittelversorgung Berlin bis 2050	028
Zielsetzung Energieversorgung Berlin bis 2050	029
Prognostizierter Einwohnerstand Berlin bis 2050	030
Die Hyperstruktur METACELL	031
METACELL, Definition und Zusammenfassung der Zielsetzung	032
METACELL, Definition der Parameter und Methoden zur Zielerreichung	035
Vertical Farming	035
Anbauflächenbedarf pro Person und METACELL	036
Umsetzung der Energieversorgung mittels Geothermie	037
Photovoltaik	038
Solarthermie	039
Geothermie, Wärmepumpen	040

4. METACELL • Synergiepotential	043
Mensch • Natur • Technologie	
Definition Planungsumfang	046
Synergien	047
Standort	048
Lageplan 1	053
Bauplatz - Bestand - Schwarzplan - Durchwegung	054
Raumprogramm	056
Brutto Gesamtvolumen METACELL	057
Brutto Gesamtvolumen je bebaubarem Bereich	058
Formfindungsprozess	060
Formfindung der einzelnen Bereiche im Detail	062
Rückführung der Bereiche auf eine METACELL anhand des Gesamtvolumens	064
Ansicht Süd	068
Ansicht West, Nord und Ost	069
Programm	072
Lageplan 2	074
Erschließung	075
Vertical Farming Show Room	076
Sechste Fassade	078
Gebäude 1, Grundriss M 1:2000	081
Gebäude 1, Bereich Süd- Ost, Grundriss und Schnitt M 1:1000	083
Gebäude 1, Ausschnitt Bereich Süd- Ost, Grundriss und Schnitt M 1:500	085
Gebäude 1, Süd Grundriss und Schnitt M 1:1000	087
Gebäude 1, Ausschnitt Süd, Grundriss und Schnitt M 1:500	089
Grundriss Gebäude 1, Geschoss 34, M1:1000	091
Grundriss Gebäude 1, Geschoss 34, östlicher Bereich Vertical Farming M1:500	093
Grundriss Gebäude 1, Geschoss 34, mittlerer Bereich Skygarden M1:500	095
Querschnitt Gebäude 1, M 1:1000	099
Querschnitt Gebäude 1, dreidimensional	103
Längsschnitt Skygarden	104
Grundriss Wohnen/Arbeiten M 1:300	109
Konzept Natürliche Lüftung	113
Konzept Beschattung, Photovoltaic- und Solarthermiepaneele	115
5. METACELL • Energieströme	117
Energierstrom Biogas	118
Energierstrom Photovoltaik	119
Energierstrom Solarthermie	120
Energierstrom Geothermie	121
6. METACELL Conclusio	123
Primärenergiebedarf pro Person	124
Energieerzeugung durch METACELL's	125
Energieerzeugung 100 METACELL's verglichen mit Energiebedarf Berlin	126
Conclusio Zielerreichung	128
7. Literaturverzeichnis	130
Publikationen und Internetquellen	130
Abbildungsverzeichnis	131



Kurzfassung

Die Masterarbeit METACELL hat die Zielsetzung einen Beitrag zur Diskussion, welche Lösungen können Hyperstrukturen anbieten um die neuen Herausforderungen unserer Nach-Öl-Städte zu bewältigen, zu leisten.

Die Charakteristik der Masterarbeit METACELL besteht in erster Linie darin Synergiepotenziale zwischen Mensch, Natur und Technologie zu nutzen um daraus eine nachhaltige urbane Umgebung zu schaffen.

Die METACELL als Gebäudestruktur folgt den Prinzipien eines Hyperbuildings bestehend aus einer dezentralen Zusammensetzung von urbanen Funktionen wie Wohnen, Arbeit, Ausbildung, Kultur, Industrie, Nahrungsmittelproduktion und Energieproduktion. Dies ist alles eingebettet in einen öffentlichen Raum für soziale Zusammenkunft um lokale, soziale und ökonomische Unabhängigkeiten zu stärken.

Die technische Zielsetzung besteht in der fünfzigprozentigen Erhöhung der Versorgung Berlins mit Energie, Obst und Gemüse, durch einhundert über die Stadt verteilte Zellen. Ebenso dient das Projekt zur Wohnraumschaffung für den prognostizierten Bevölkerungsanstieg.

Allgemein liegt dem Projekt METACELL ein Entwicklungszeitraum bis zum Jahr 2050 zugrunde.

Abstract

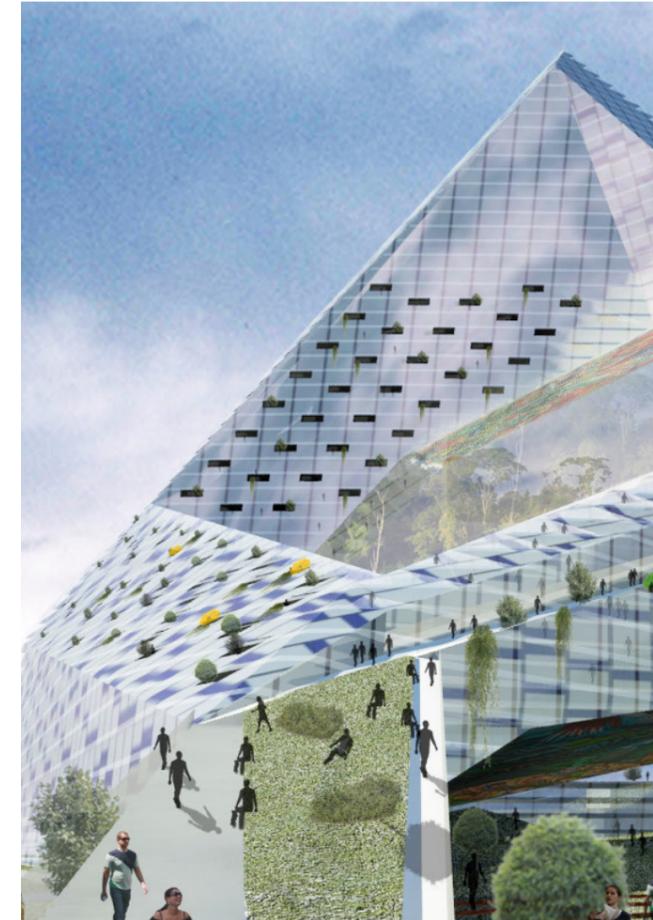
The project „METACELL“ aims to contribute to a discussion to what extent hyperstructures can offer solutions to nowadays challenges post oil cities are facing.

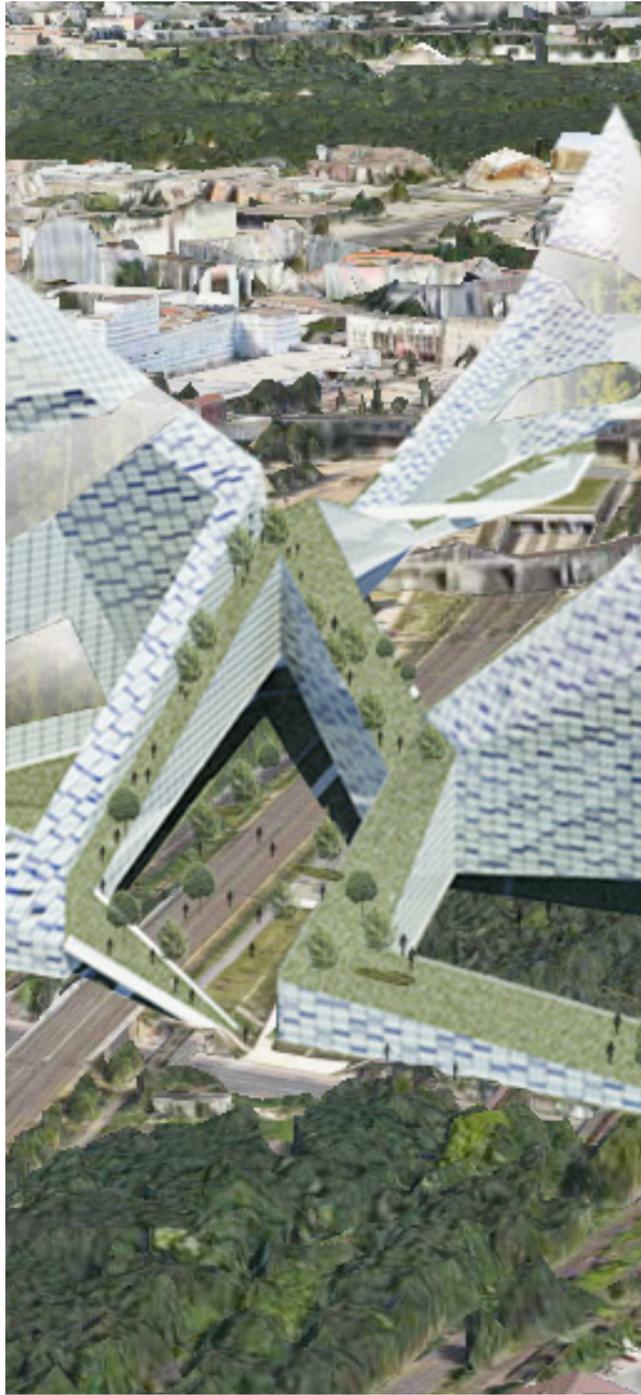
The characteristics of „METACELLS“ consist in predominantly using synergy potentials between human, nature and technology in order to create a resilient urban environment.

The METACELL as a building structure is following the principle of a Hyperbuilding: Decentralised configuration of urban functions: Living, working, education and culture, food production, industry and energy production. All embedded in public space areas for social gathering to make local, social and economic interdependencies prosperous.

The aim from the technical point of view is a fifty percent increase of energy, vegetable and fruit supply for Berlin, with one hundred cells widespread over the city. Furthermore the project should offer living space for the future increase of Berlin's population.

In general the project METACELL has a development period till 2050.

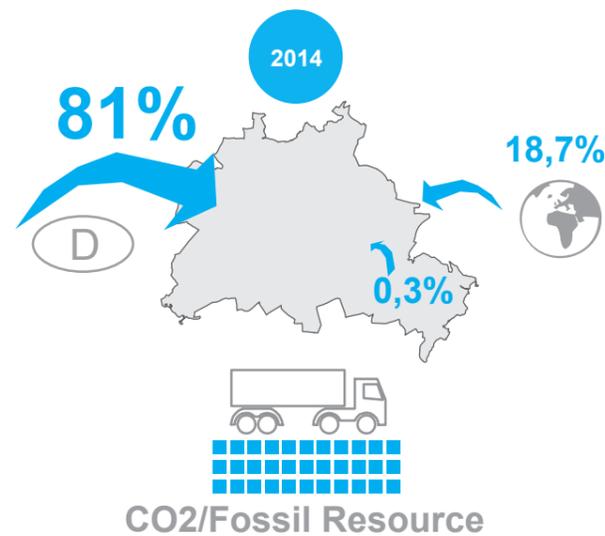






1. Berlin • Nahrung • Energie

Bestandsaufnahme Nahrungsmittelversorgung 2014



Laut den Daten des Bundesministeriums für Ernährung und Landwirtschaft liegt der Selbstversorgungsgrad in Deutschland mit Nahrungsmitteln bei 81%¹. Folglich müssen in Deutschland 19% der Lebens- und Futtermittel aus dem Ausland importiert werden.

Die im Stadtgebiet liegenden Agrarflächen haben den Anteil von ca. 3% der Gesamtfläche Berlins². Bei einer Gesamtfläche von 891,8km² erhalten wir somit einen Wert von 26,75km². Entsprechend einer Studie von Atsuko Waka-

1 Vgl. Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft Deutschland: <http://berichte.bmelv-statistik.de/SJT-4010100-0000.pdf>, 23.08.2014.

2 Senat für Stadtentwicklung und Umwelt: http://www.stadtentwicklung.berlin.de/umwelt/umweltatlas/da601_05.htm#Abb1, 23.08.2014.

miya benötigt jeder Deutsche 2.523 m² Agrarfläche pro Jahr um seine Versorgung mit Lebensmittel sicherstellen zu können. Dieser Wert beinhaltet auch die Flächen für den Anbau von Futtermitteln für Tiere³.

Daraus lässt sich ableiten, dass die innerhalb der Stadtgrenzen liegenden Acker- und Weideflächen von 26,75km² wiederum 10.602 Einwohner ganzjährig versorgen. Dies entspricht einem Prozentsatz von 0,3% der Berliner Bevölkerung.

Berlin muss folglich 99,7% der benötigten Lebensmittel aus Deutschland und dem Ausland importieren.

3 Vgl. Wakamiya, Atsuko/Regionalwert AG Eichstetten: Flächenbedarf für den Nahrungsmittelkonsum in Deutschland, Seite 10 f, Eichstetten 2010.

Die Folge ist ein erhöhter Bedarf an fossilen Brennstoffen mit entsprechend erhöhtem CO₂ Ausstoss um die Versorgung der Stadt zu gewährleisten. Dies hat damit weitreichende negative Auswirkungen auf das Erdklima.

Bestandsaufnahme Energieversorgung 2014

81 Prozent der Energieversorgung wird durch Verbrennung fossiler Brennstoffe sichergestellt, sowie weitere 8% über Atomkraft generiert. Der Anteil der erneuerbaren Energie ist mit 11% relativ gering¹.

Am Beispiel HKW Klingenberg, dem größten Kraftwerk in Berlin welches mit Braunkohle befeuert wird, ist die Diskrepanz von erzeugter Energie zu CO2 Emission ersichtlich. Das Heizkraftwerk verarbeitet

¹ Vgl. Ziesing, Hans-Joachim/AG Energiebilanzen e.V.: Energieverbrauch in Deutschland im Jahr 2013, Seite 4, Berlin 2014.

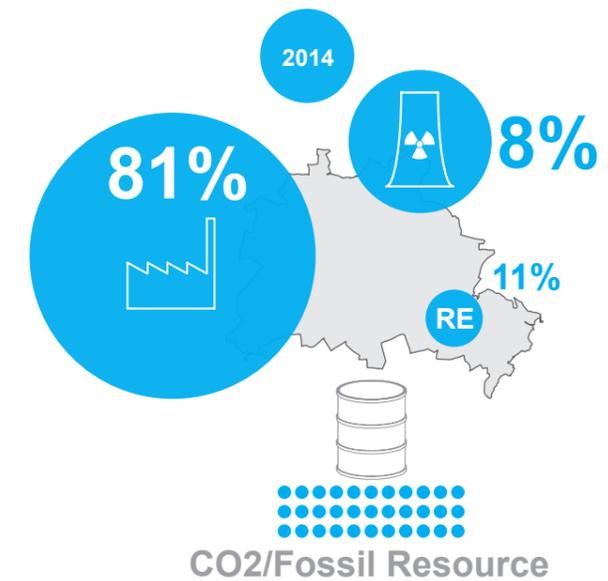
1.529.381t Braunkohle in einem Jahr². Pro verbrannter Tonne Steinkohleeinheit hat die Braunkohle einen CO2 Ausstoß von 3,25 Tonnen³. Eine Tonne Steinkohleeinheit

² Vgl. Senatsverwaltung für Stadtentwicklung und Umwelt Berlin: Brennstoffeinsatz bedeutender Heiz- und Kraftwerke für die Wärmeerzeugung, http://www.stadtentwicklung.berlin.de/umwelt/umweltatlas/karten/pdf/08_02_2_2005.pdf, 14.08.2014.

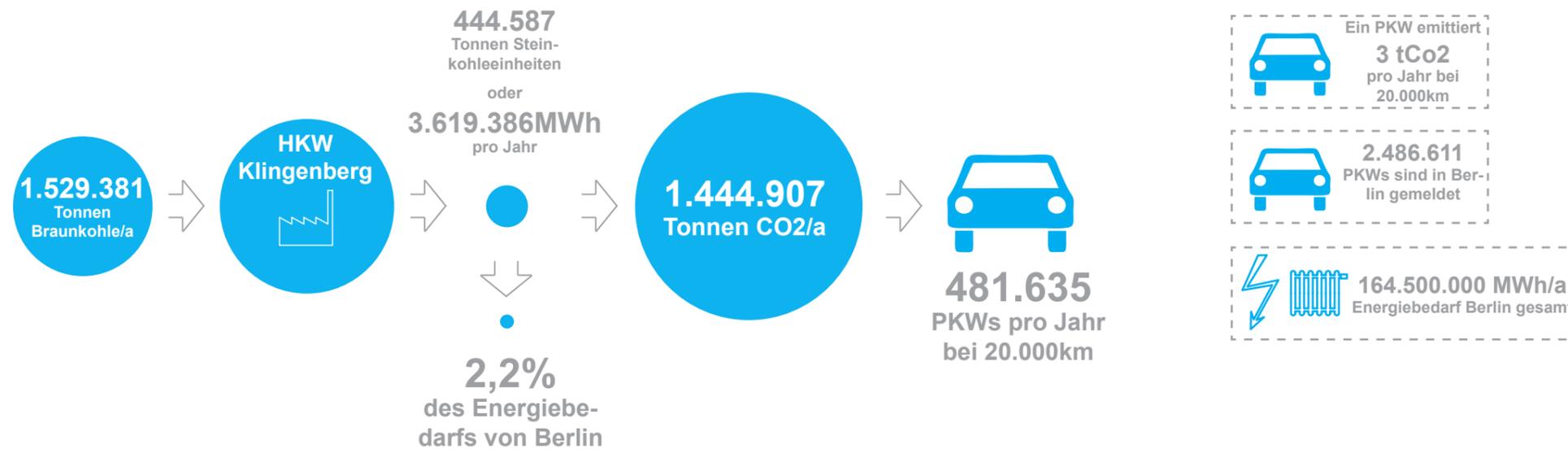
³ Vgl. Senatsverwaltung für Stadtentwicklung und Umwelt Berlin: Brennstoffeinsatz und CO2-Emissionen ausgewählter Anlagen, Textkurzfassung, www.stadtentwicklung.berlin.de/umwelt/umweltatlas/e_text/k807.doc, Seite 3, Berlin 2014, 16.08.2014.

entspricht einer Energie von 8,141MWh⁴. Braunkohle besitzt einen Steinkohleeinheitswert von 0,29 Tonnen. Dementsprechend benötigt man 3,44 Tonnen Braunkohle um den Energiewert einer Steinkohleeinheit zu erreichen, verursacht einen CO2 Ausstoß von 3,25 Tonnen und erzeugt dabei 8,141MWh.

⁴ Vgl. <http://www.energie-lexikon.info/steinkohleeinheit.html>, 16.08.2014.



Beispiel HKW Klingenberg



Anhand dieser Zahlen emittiert das HKW Klingenberg 1.444.907 Tonnen CO2 pro Jahr und erzeugt 3.619.386MWh Energie. Der Primärenergiebedarf pro Person und Jahr in Deutschland liegt bei 47.000kWh¹. Angewendet auf Berlin mit der Einwohnerzahl von 3,5 Millionen Menschen benötigt die Stadt 164,5 Millionen MWh pro Jahr. Das Heizkraftwerk kann demzufolge 2,2% der Berliner Bevöl-

kerung also 77.008 Einwohner mit Energie versorgen. Ein durchschnittliches Auto stösst 150 Gramm CO2 pro gefahrenem Kilometer aus. Bei einer Kilometerleistung von 20.000 Kilometer pro Jahr ergibt das 3 Tonnen CO2 pro Jahr. Der Ausstoss des HKW's entspricht demzufolge dem Ausstoss von 481.635 Perso-

nenkraftwagen. In Berlin sind 2.486.611 Autos angemeldet².

Klingenberg emittiert also zirka 20% des gesamten CO2 Ausstosses aller in Berlin angemeldeten Personenkraftwagen und erzeugt dabei nur 2,2% der benötigten Energie.

¹ Vgl. Heindl, Eduard: Energieverbrauch pro Person, <http://energiespeicher.blogspot.co.at/2011/07/energieverbrauch-pro-person.html>, 14.06.2014

² Vgl. Senatsverwaltung für Stadtentwicklung und Umwelt Berlin: Straßenverkehr 2013, <https://www.statistik-berlin-brandenburg.de/BasisZeitreiheGrafik/Bas-Strassenverkehr.asp?Ptyp=300&Sageb=46002&creg=BBB&anzwer=6>, in: <https://www.statistik-berlin-brandenburg.de>, 18.08.2014

Peak Oil



Der Begriff Peak Oil beschreibt das weltweite Ölfördermaximum, also «den Zeitpunkt, an dem die weltweite Ölförderung nicht mehr einer steigenden Nachfrage folgend ausgeweitet werden kann, sondern auf Grund von geologischen, energetischen, technologischen und ökonomischen Restriktionen beginnt abzunehmen. Der Peak Oil stellt also nicht den Zeitpunkt dar, an dem der letzte Tropfen Öl verbraucht ist, sondern einen gesellschaftlichen Wendepunkt und markiert somit den Beginn des postfossilen Zeitalters»¹. Der Höchststand der Erdölfunde wurde bereits in den 1960 Jahren

¹ Association for the Study of Peak Oil and Gas: <http://aspo-deutschland.blogspot.co.at/p/peak-oil.html>, 30.07.2014.

erreicht. Marion King Hubbert, ein amerikanischer Geologe hatte bereits in den 1960 Jahren einen weltweiten Peak Oil auf das Jahr 1995 datiert. Studien von verschiedensten Organisation wie der Association for the Study of Peak Oil and Gas oder von Fredrik Robelius schränken das Erreichen des Peak Oil für Rohöle auf einen Zeitraum zwischen 2005 und 2018 ein².

Unterschiedslos welcher Studie der Einzelne nun mehr Glauben schenkt, stehen wir vor dem Problem, dass es zukünftig zu ei-

² Vgl. Postner, Andreas/ Sieber, Willi: Peak Oil, <http://www.vorarlberg.at/pdf/peakoilstudie.pdf>, 21.07.2014.

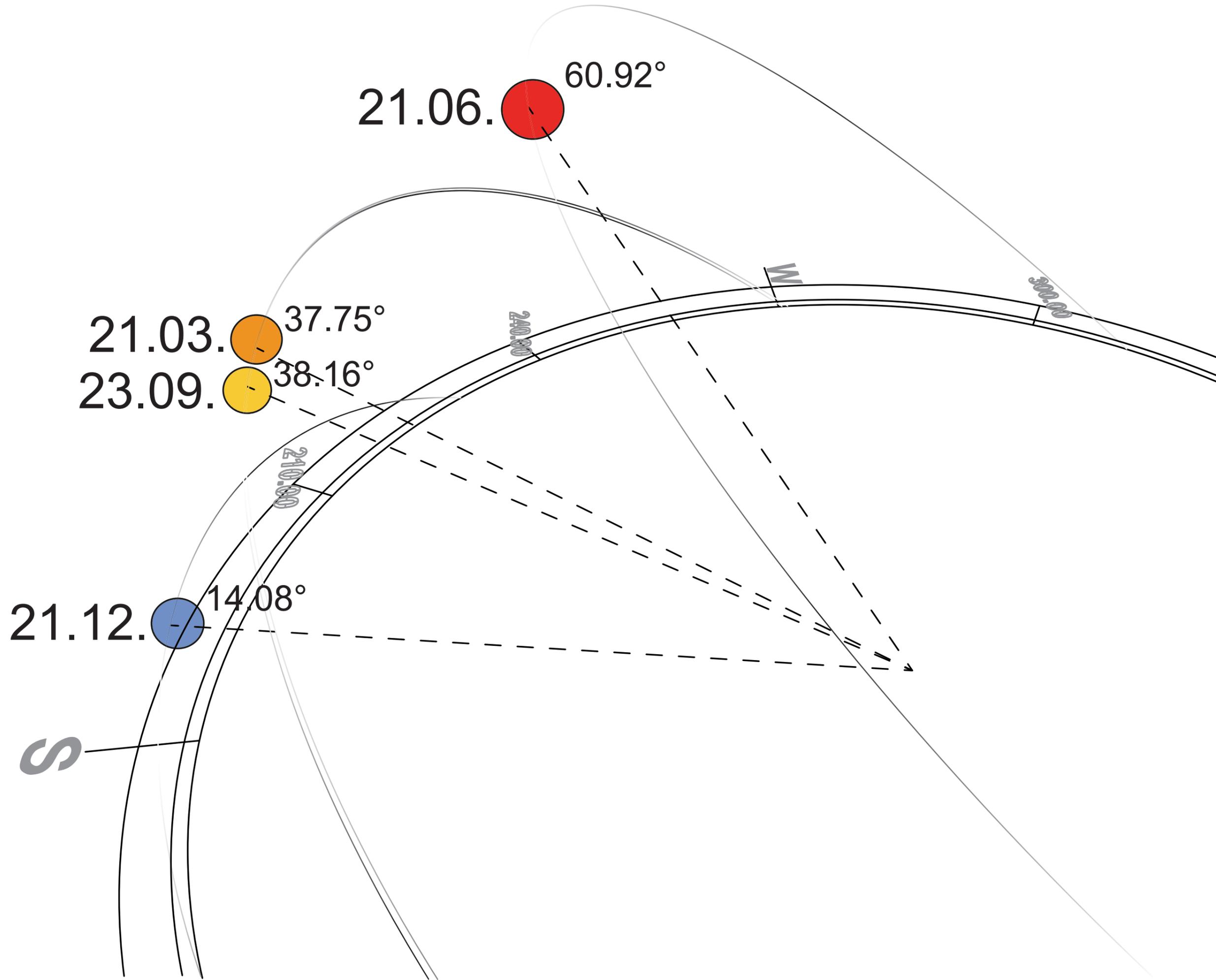
ner Verknappung von fossilen Brennstoffen kommen wird und die Menschheit sich der neuen Herausforderungen stellen muss diese zu kompensieren.

Bevölkerungsstand 2014



Nach Angaben des Amtes für Statistik Berlin und Brandenburg lag der Bevölkerungsstand von Berlin Anfang 2014 bei 3.517.424 Personen¹. Seit 1990 lag die Zahl der Einwohner nie unter 3,38 Millionen. Seit dem Jahr 2006 ist ein kontinuierlicher Anstieg zu beobachten.

¹ Vgl. Amt für Statistik Berlin und Brandenburg: Pressemitteilung Nr. 37 vom 18. Februar 2014, Einwohnerentwicklung in den Ortsteilen von Berlin im Jahr 2013 unterschiedlich, <https://www.statistik-berlin-brandenburg.de/pms/2014/14-02-18.pdf>, 01.09.2014.



21.06. 60.92°

21.03. 37.75°

23.09. 38.16°

21.12. 14.08°

S

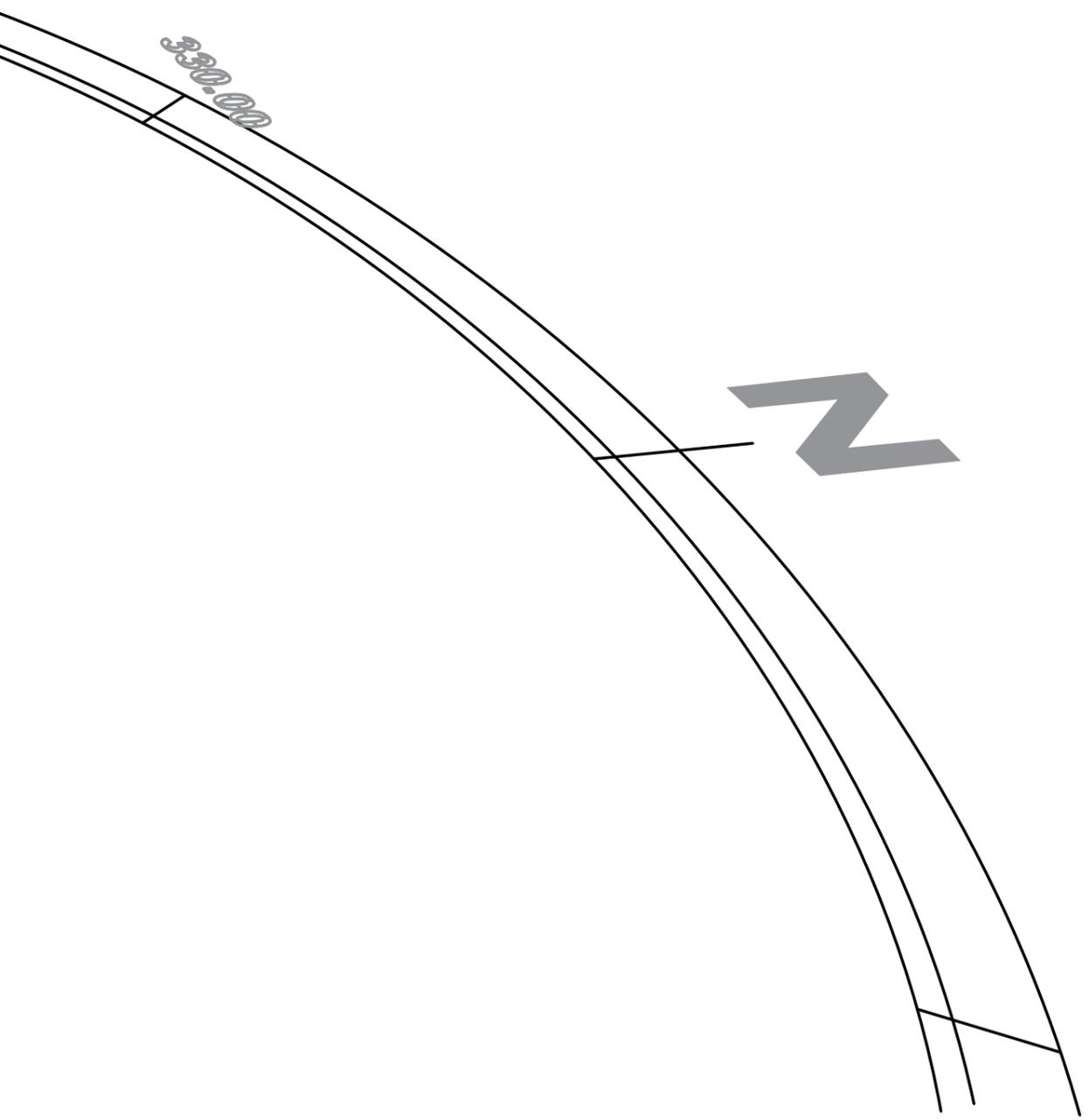
20

W

300.00

240.00

210.00



2. Berlin • Klima

Klimadatenübersicht



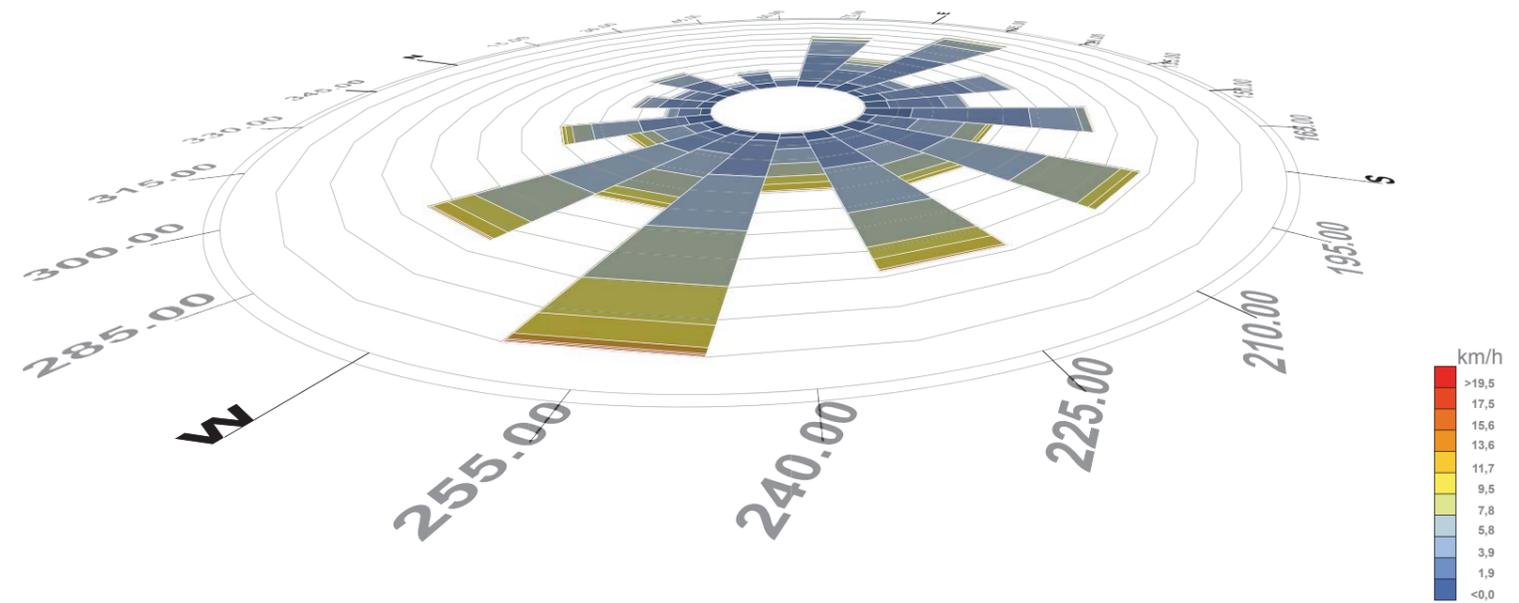
Köppen Geiger definiert das Klima in Berlin als gemäßigtes, mesothermales mitteleuropäisches Klima mit häufigen Niederschlägen durch alle Jahreszeiten¹.

¹ Vgl. Peel M. C./ Finlayson, B. L./McMahon, T. A.: <http://www.hydrol-earth-syst-sci-discuss.net/4/439/2007/hessd-4-439-2007.pdf>, 21.07.2014

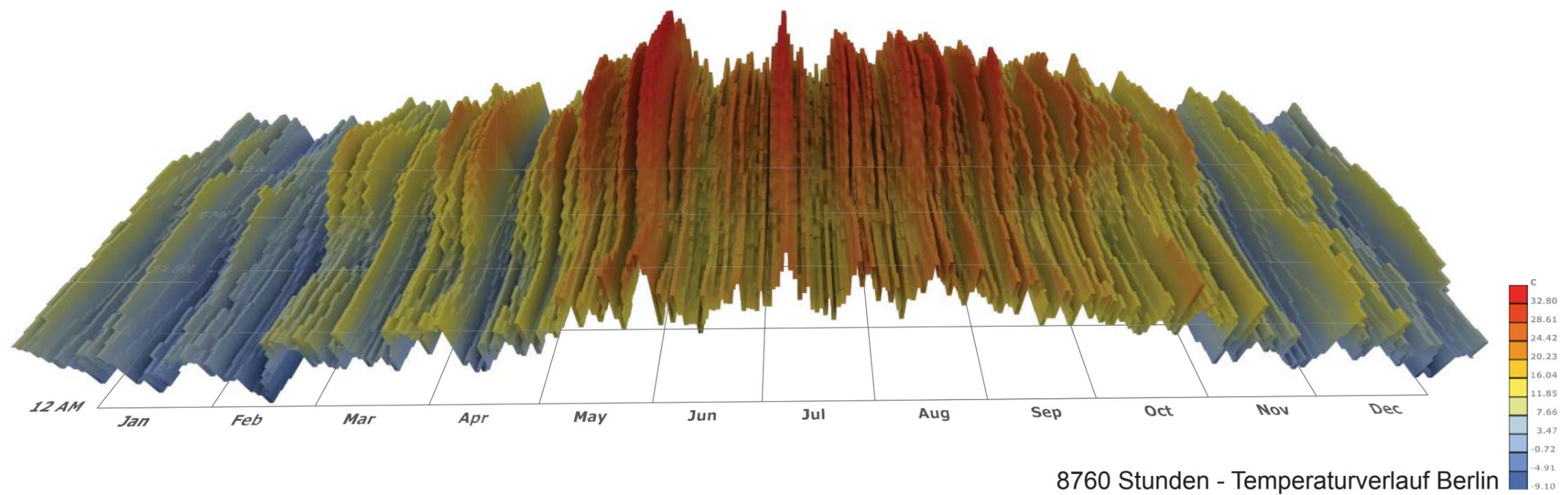
Wind

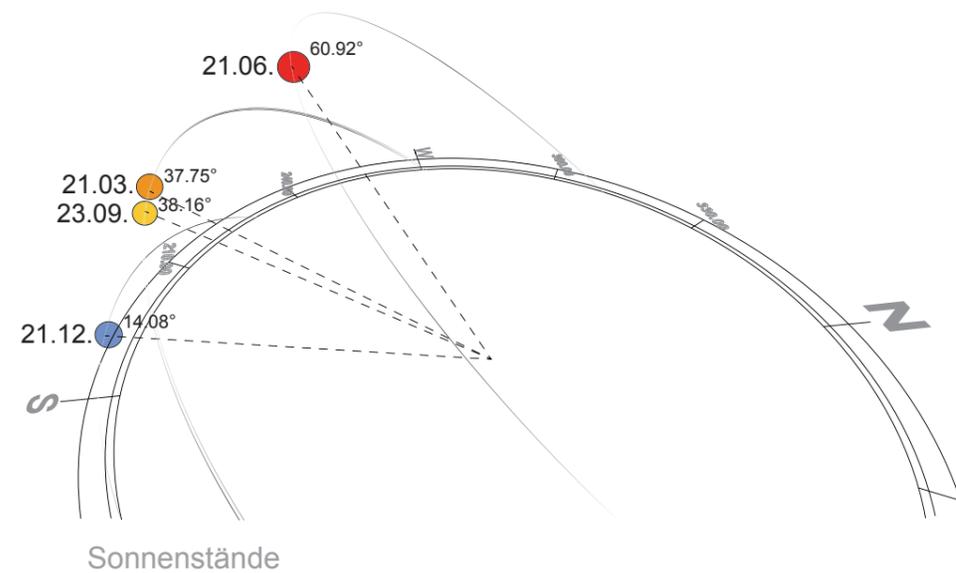
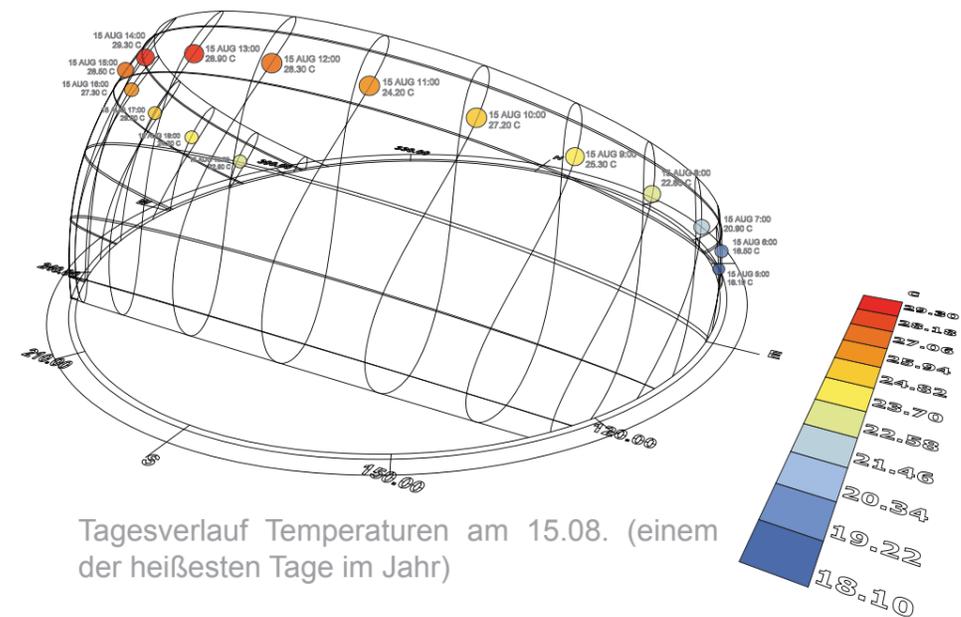
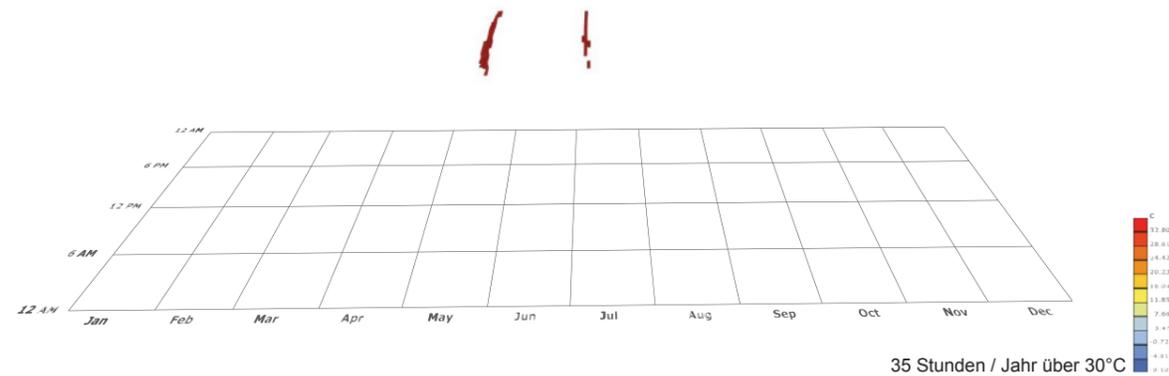
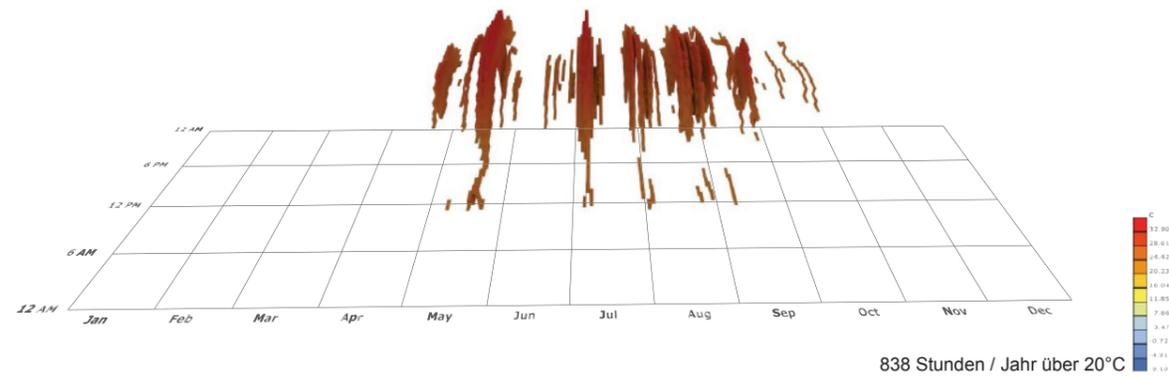
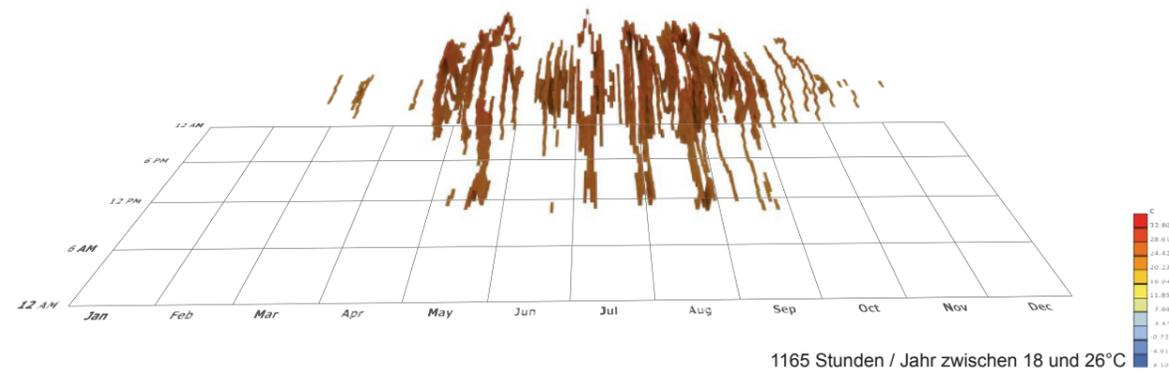
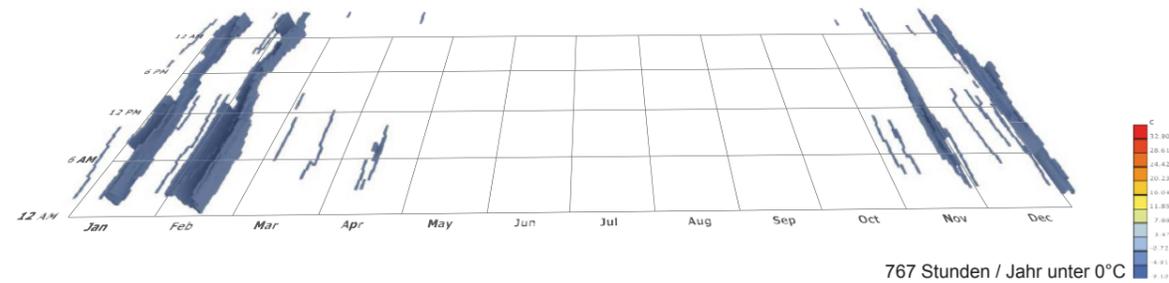
Die mittlere Windgeschwindigkeit in Berlin liegt bei 4,2 m/s, Hauptwindrichtung West. Dies entspricht nach der Beaufort-Skala einer leichten Brise¹.

¹ Vgl. norddeutscher Klimamonitor: <http://www.norddeutscher-klimamonitor.de/klima/1981-2010/winter/mittlere-windgeschwindigkeit/metropolregion-berlin-brandenburg/coastdat-2.html>, 23.07.2014



Temperatur und Sonnenstände - Jahresübersicht

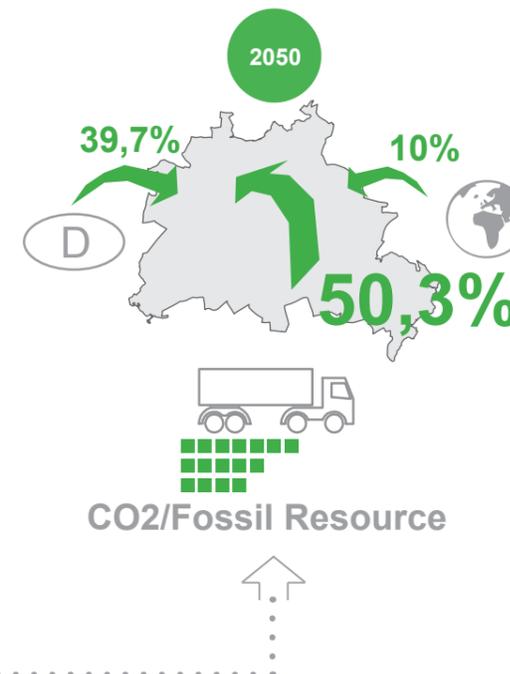
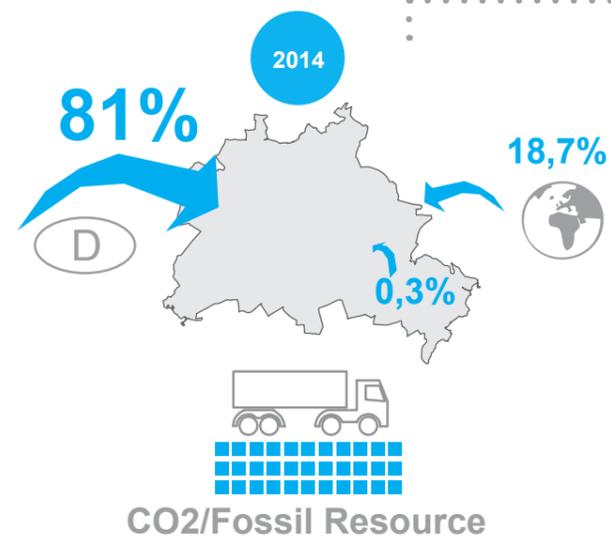




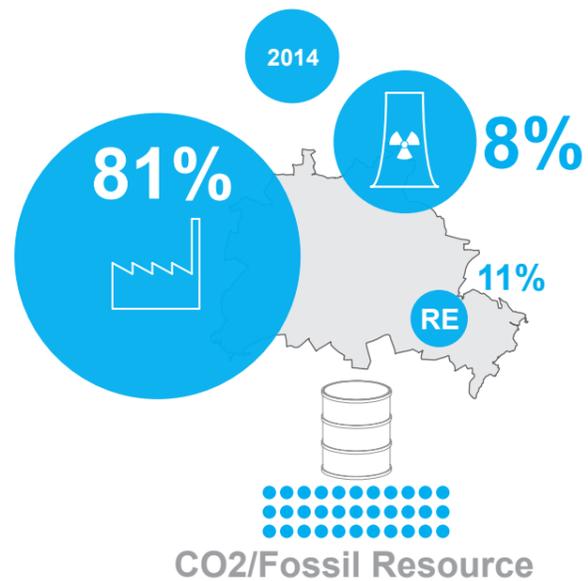


3. Hyperstrukturen • Energie- • Nahrungserzeuger

Zielsetzung Nahrungsmittelversorgung Berlin bis 2050



Zielsetzung ist eine 50 prozentige Unabhängigkeit von Lebensmittelimporten bei Obst und Gemüse und daher die Erhöhung der Produktionsleistung innerhalb der Stadtmauern Berlins um 50% auf gesamt 50,3%. Die bauliche Umsetzung zur Schaffung der Anbauflächen innerhalb des Stadtgebietes wird in Form von Vertical Farming realisiert. Auf dieses Themengebiet und die daraus entstehenden Vorteile für Umwelt und Bevölkerung wird in der Folge noch genauer eingegangen.



Zielsetzung Energieversorgung Berlin bis 2050

Deutschland hat nicht zuletzt aufgrund der Vorkommnisse in jüngster Vergangenheit ein Gesetz verabschiedet welches den schrittweisen Ausstieg aus der Energiegewinnung durch Atomkraft regelt. Dieses Gesetz sieht vor, dass mit dem Jahr 2022 die Atomenergie in Deutschland der Geschichte angehört. Aus diesem Grund findet die Atomkraft in den Überlegungen zur geplanten Energieversorgung im Jahr 2050 keine Berücksichtigung.

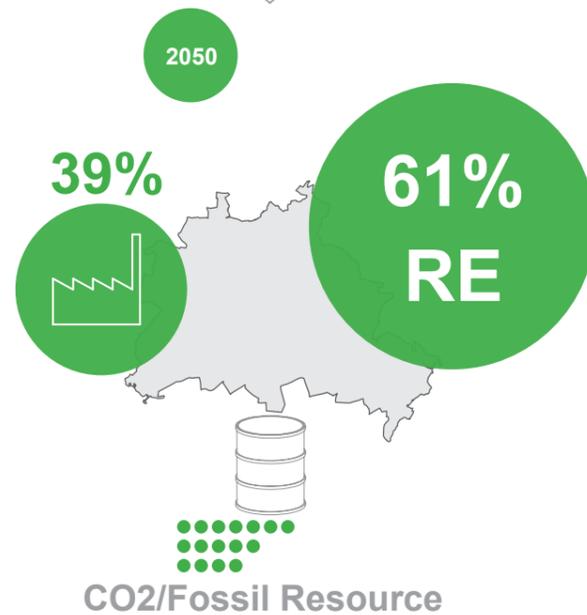
METACELL ist es, selbst erzeugte aber auch von der Umgebung produzierte Abfälle im Biogasverfahren in Energie umzuwandeln, sowie geothermische und solare Energie zu nutzen um die 50 prozentige Erhöhung der Versorgung mit erneuerbaren Energien zu gewährleisten. Detaillierte Ausführungen zur Umsetzung werden in den folgenden Abschnitten behandelt.

von 8,141MWh zu erzeugen¹. Keine Berücksichtigung in dieser Darstellung findet der CO2 Ausstoss für die Gewinnung, den Anbau und die Herstellung der jeweiligen Energieerzeuger.

Die Energiegewinnung aus erneuerbaren Rohstoffen soll intensiviert werden und somit sich deren Anteil um 50% zur Ausgangslage im Jahr 2014 bis zum Jahr 2050 erhöhen, um ein Gesamtvolumen von 61% zu erreichen. Ziel der

In der Grafik CO2 Emissionen nach Brennstoffen, werden die jeweiligen CO2 Emissionen diverser Energieerzeuger dargestellt, bezogen auf eine Tonne Steinkohleeinheit. Eine Tonne Steinkohleeinheit entspricht einer Energie von 8,141 MWh. Abgebildet sind also die CO2 Emissionen der Brennstoffe um die Energie

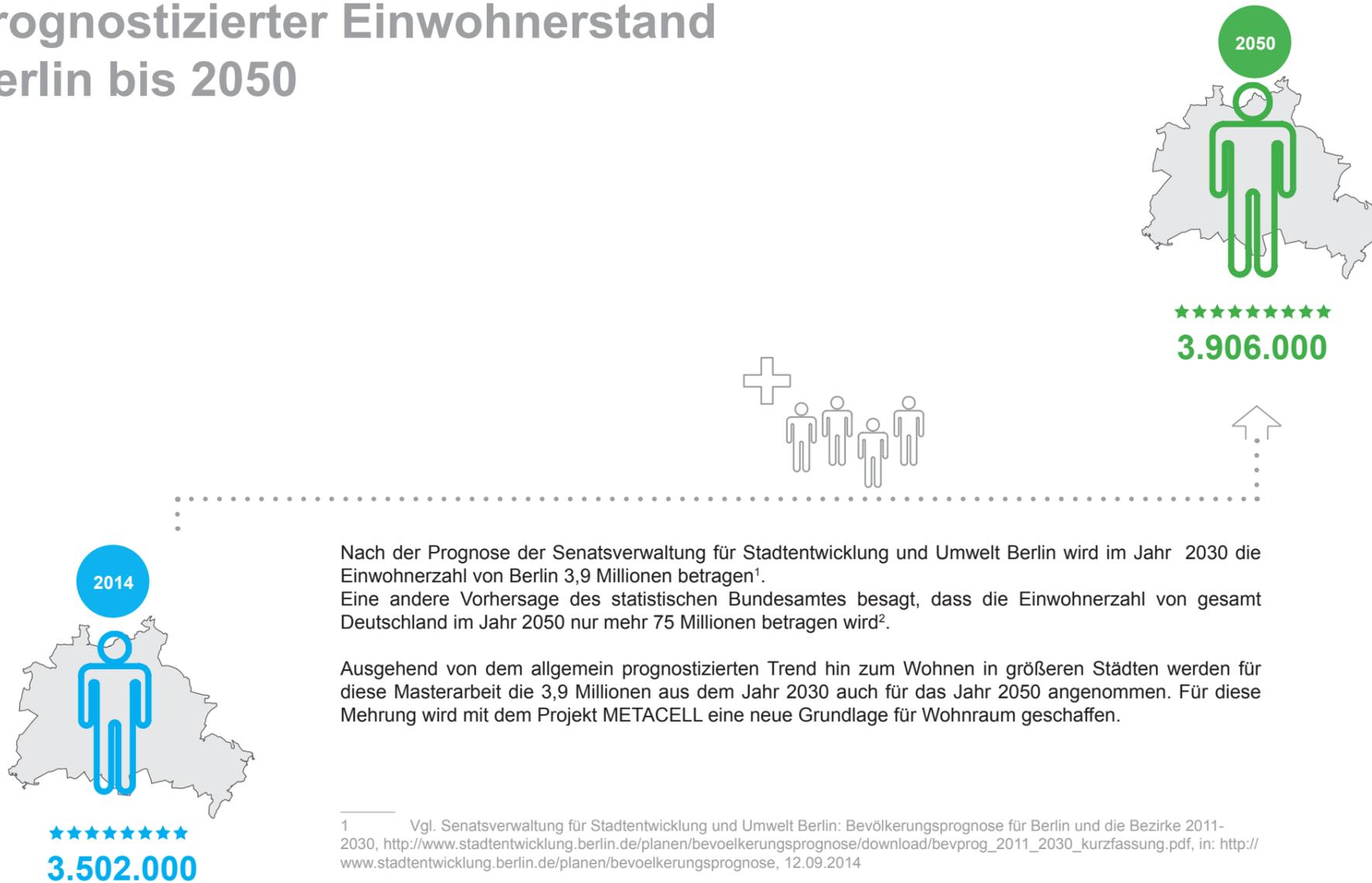
¹ Vgl. Senatsverwaltung für Stadtentwicklung und Umwelt Berlin: Brennstoffeinsatz bedeutender Heiz- und Kraftwerke für die Wärmeerzeugung, http://www.stadtentwicklung.berlin.de/umwelt/umweltatlas/karten/pdf/08_02_2_2005.pdf, 14.08.2014.



CO2 Emissionen nach Brennstoffen



Prognostizierter Einwohnerstand Berlin bis 2050



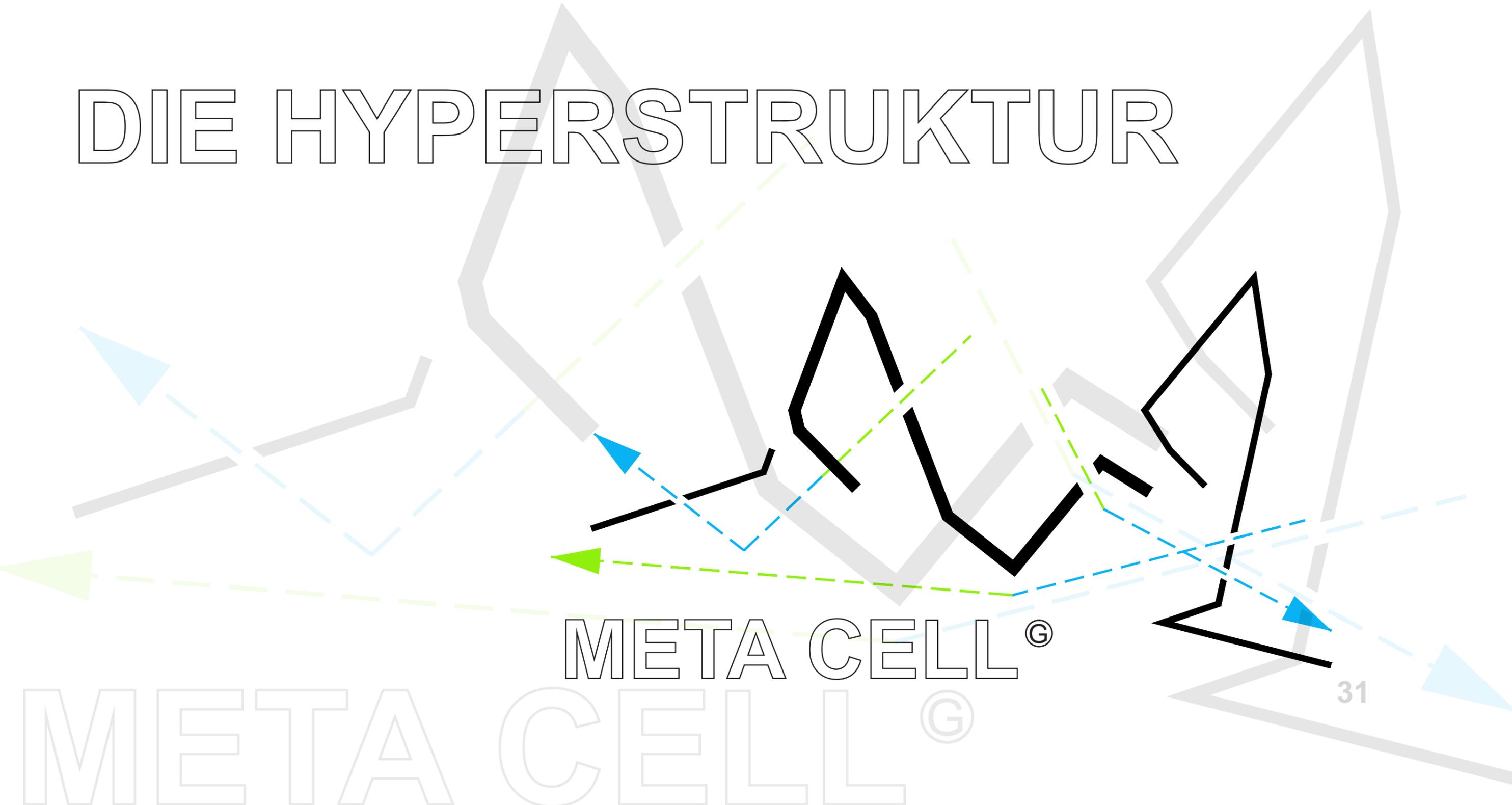
Nach der Prognose der Senatsverwaltung für Stadtentwicklung und Umwelt Berlin wird im Jahr 2030 die Einwohnerzahl von Berlin 3,9 Millionen betragen¹. Eine andere Vorhersage des statistischen Bundesamtes besagt, dass die Einwohnerzahl von gesamt Deutschland im Jahr 2050 nur mehr 75 Millionen betragen wird².

Ausgehend von dem allgemein prognostizierten Trend hin zum Wohnen in größeren Städten werden für diese Masterarbeit die 3,9 Millionen aus dem Jahr 2030 auch für das Jahr 2050 angenommen. Für diese Mehrgung wird mit dem Projekt METACELL eine neue Grundlage für Wohnraum geschaffen.

¹ Vgl. Senatsverwaltung für Stadtentwicklung und Umwelt Berlin: Bevölkerungsprognose für Berlin und die Bezirke 2011-2030, http://www.stadtentwicklung.berlin.de/planen/bevoelkerungsprognose/download/bevprog_2011_2030_kurzfassung.pdf, in: <http://www.stadtentwicklung.berlin.de/planen/bevoelkerungsprognose>, 12.09.2014

² Vgl. Statistisches Bundesamt Pressestelle, Wiesbaden: Bevölkerung Deutschlands bis 2050, 11. koordinierte Bevölkerungsvorausberechnung, https://www.destatis.de/DE/PresseService/Presse/Pressekonferenzen/2006/Bevoelkerungsentwicklung/bevoelkerungsprojektion2050.pdf?__blob=publicationFile, 10.07.2014

DIE HYPERSTRUKTUR



META CELL®

META CELL®

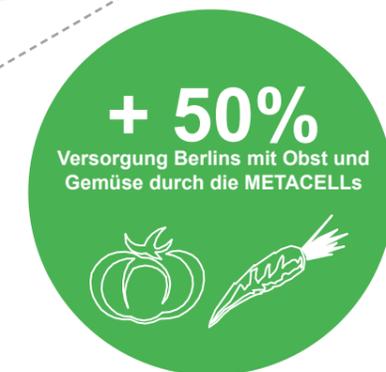
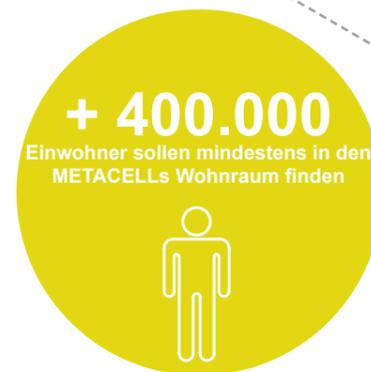
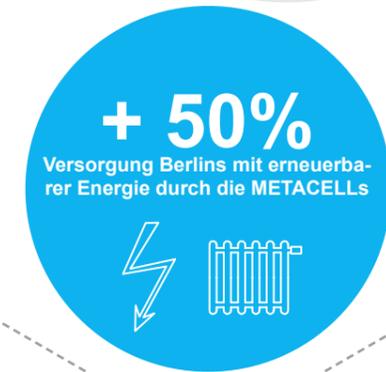
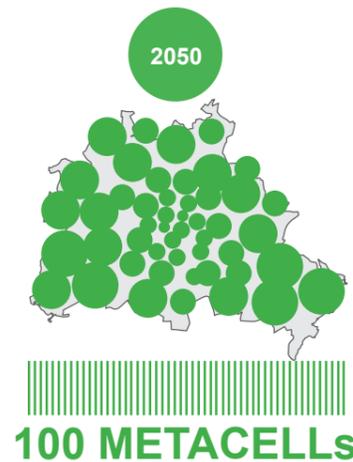
DEFINITION

und Zusammenfassung der Zielsetzung

Die Masterarbeit METACELL besteht aus methabohllischen Zellen verstreut über das komplexe Stadtgebiet von Berlin. Die einzelnen Zellen gehen untereinander und mit der Umgebung Synergien ein. Diese Synergien führen zu einer Verbesserung der sozialen, ökonomischen und lokalen Wechselbeziehungen.

Die "METACELL" als Gebäudestruktur folgt den Prinzipien eines Hyperbuildings bestehend aus einer dezentralen Zusammensetzung von urbanen Funktionen wie Wohnen, Arbeit, Ausbildung, Kultur, Industrie, Nahrungsmittelproduktion und Energieproduktion. Das alles eingebettet in einen öffentlichen Raum für soziale Zusammenkunft um lokale, soziale und ökonomische Unabhängigkeiten zu stärken.

100 METACELLS verstreut über das Stadtgebiet sollen zu einer 50 prozentigen Erhöhung der Produktion von erneuerbaren Energien und von Obst und Gemüse innerhalb der Stadtgrenzen Berlins führen. Des Weiteren wird neuer Lebensraum für den prognostizierten Bevölkerungsanstieg geschaffen. Die Realisierung sollte bis zum Jahr 2050 abgeschlossen sein.

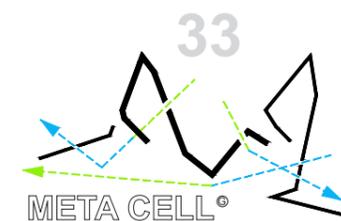


Das Programm jeder METACELL besteht im wesentlichen aus Wohnen, Arbeiten, Vertical Farming, Industrie, Freizeiteinrichtungen, sozialen Einrichtungen und Kulturrichtungen. So wird die existierende urbane Umgebung erweitert und aufgewertet.

Konzentrierte urbane Verdichtungen, eben einzelne Zentren die über Synergien zu einem großen, ganz Berlin überspannenden Netzwerk aus Energieerzeugung und Nahrungsmittelproduktion, aus Abfallverwertung und Industrie, aus öffentlichen Raum und Wohnung, aus Arbeitsplatz und sozialer Einrichtung, aus Lebensraum und Sportstätte, aus CO2 neutralem öffentlichen Verkehr und Individualverkehr, werden.

Die Vernetzung findet nicht nur an der Oberfläche statt, die unterirdische Industrie zur Energieerzeugung wird durch ein unterirdisches Netzwerk mit Abfallstoffen gespeist welche, an über die Stadt verteilten, Sammelstellen eingebracht werden und somit erreicht man eine Reduktion des Energieaufwandes für den Transport hin zu verarbeitenden Industrie.

Durch diese einzelnen konzentrierten METACELLS steigt in diesen Bereichen die Dichte, was in Folge zu einer natürlichen Reduktion des Energiebedarfs führt und somit erneut den Zweck des schonenden Umgangs mit Ressourcen, auch wenn diese erneuerbar sind, erfüllt.



METACELL



34

DEFINITION

der Parameter und Methoden zur Zielerreichung

Vertical Farming

Beim Vertical Farming handelt es sich um eine Nahrungsmittelanbaumethode geschaffen für den urbanen Raum. Verschiedenen Nutzpflanzen werden über einander gestapelt und können daher auf einer im Verhältnis zu Ihrer Anzahl geringen Grundfläche angebaut werden. Je nach Größe der Pflanze, dem benötigten und vorhandenen natürlichen sowie künstlichen Licht, der Bedienbarkeit für die Pflege und dem verwendeten Anbausystem variiert die Menge und daher auch die Anzahl der Pflanzen pro Quadratmeter Grundfläche.

Die Vorteile dieser Anbaumethode lesen sich wie folgt¹:

- Drastische Reduktion des Grundflächenbedarfs, daher Schaffung neuer Landflächen für verschiedenste Nutzungen (Anbau erneuerbarer Energielieferanten, Renaturierung, Ökosysteme, usw.)
- Reduktion des Verbrauchs von fossilen Brennstoffen durch kurze Wege von Produktion zu Verbraucher
- Wegfall Treibstoffe für Landmaschinen
- Reduktion des Wasserverbrauchs
- Höherer Ertrag pro m², da der Anbau nicht vom Wetter abhängig ist und das ganze Jahre Fruchterfolge heranwachsen können.
- Regenwasser wird zu Trinkwasser umgewandelt.

¹ Vgl. Association for Vertical Farming: Why Vertical Farming, <http://vertical-farming.net/vertical-farming/>, 13.06.2014

Produktionsmethoden Vertical Farming

3D Förderband

Am Anfang des Bandes steht auch für die Pflanze deren Einpflanzung. Das Pflanze durchfährt mit der Geschwindigkeit eines Wachstumszyklus das Gebäude von oben nach unten. Am Ende des Bandes findet daher die Ernte statt. Negativ ist der Platzbedarf. Auch muss aus Gründen der Kontrolle und der Wartung an mehreren Stellen der Zugang zum Förderband gesichert sein, also wieder zusätzliche Flächen geschaffen werden.



Abb.1 3D Förderband

Horizontal rotierende Elemente

Die Pflanzen sind auf Drehtellern fixiert um ausreichend Sonnenlicht zu erhalten. Der Flächenbedarf für Zugänglichkeit ist erhöht.



Abb.2 Horizontal rotierende Elemente

Vertikal rotierende Elemente

Auf Tischen fixierte Pflanzen welche vertikal entlang einer Fassade wandern. Tägliche Pflanzenkontrollen können von wenigen Standorten aus durchgeführt werden. Die Wartung des Systems beschränkt sich auch die Kettenglieder, die Umlenkrollen und die Motoren welche alle zugänglich sind ohne dafür einen stark erhöhten Flächenbedarf zu generieren.



Abb.3 Vertikal rotierende Elemente

Wahl der Produktionsmethode Vertical Farming

Ausgehend vom geringeren Platzbedarf von vertikal rotierenden Elemente und der damit einhergehenden Gebäudetiefe, wird dieses System bei der METACELL zur Anwendung kommen. Entsprechend der generellen Abmessungen von Hyperbuildings wird durch die geringe Gebäudetiefe auch der Einfluss auf die Umgebung reduziert.



Abb.4 Vertical Farm Singapur Ansicht



Abb.5 Vertical Farm Singapur, vertikal rotierende Elemente



Abb.6 Vertical Farm Singapur, Detail vertikal rotierende Elemente

Anbauflächenbedarf pro Person und METACELL

Die Methodiken zur Bestimmung der pro Kopf benötigten landwirtschaftlichen Anbaufläche variieren stark. Die dieser Arbeit zu Grunde liegende Studie von Atsuko Wakamiya definiert eine Anbaufläche von zirka 84,9 m² pro Person um deren Lebensmittelversorgung mit Obst und Gemüse sicher zu stellen¹.

Als Annahme für diese Masterarbeit wird eine Reduktion der Anbaufläche von zirka 5/6 zur herkömmlichen Landwirtschaft definiert, demzufolge beträgt die Fläche pro Person im vertikalen Anbau für das Projekt METACELL zirka 14,15 m², um den Jahresbedarf an Obst und Gemüse zu decken.

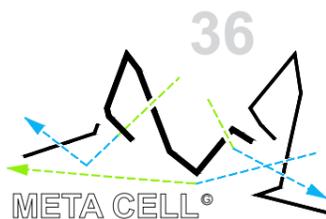
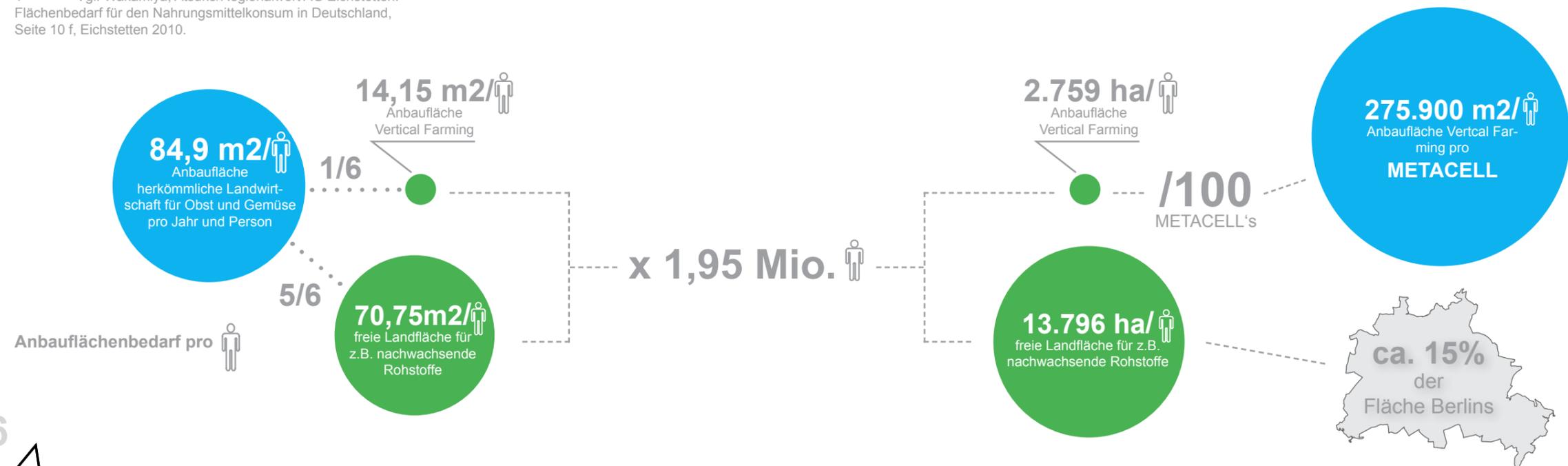
Um das Ziel, die Steigerung der Lebensmittelproduktion von Obst und Gemüse um 50% zu erreichen, sollten bis zum Jahr 2015 die Hälfte der 3,9 Millionen Einwohner der Stadt versorgt werden. Das bedeutet, dass pro METACELL 19.500 Einwohner mit Obst und Gemüse versorgt werden müssen. Wenn man wie oben genannt 14,15 m² vertikale Anbaufläche pro Person berücksichtigt muss eine METACELL 275.925 m² vertikale Anbaufläche zur Verfü-

gung stellen.

Flächensparnis gegenüber herkömmlicher Landwirtschaft

Pro Person werden 84,9 m² herkömmliche Anbaufläche benötigt um diese ein Jahr mit Obst und Gemüse zu versorgen. Im vertikalen Anbau reduziert sich diese Fläche auf 14,15 m². Daraus folgt pro Person werden 70,75 m² herkömmliche landwirtschaftliche Anbaufläche nicht mehr benötigt. Diese, dadurch frei gewordene, Landfläche kann anderen Nutzungen, wie zum Beispiel Anbau nachwachsender Rohstoffe, zugeführt werden.

¹ Vgl. Wakamiya, Atsuko/Regionalwert AG Eichstetten: Flächenbedarf für den Nahrungsmittelkonsum in Deutschland, Seite 10 f, Eichstetten 2010.



Biogas

Laut einer Studie des Bundesministerium für Ernährung Landwirtschaft und Verbraucherschutz werden in Deutschland jährlich 11.000.000 Tonnen Lebensmittel weggeworfen¹.

Umgerechnet auf die Einwohner Deutschlands landen pro Person also jährlich 130 kg Lebensmittel auf dem Müll. Für Berlin wiederum bedeutet das, dass jährlich 507.780 Tonnen anfallen.

Die Senatsverwaltung für Gesundheit Umwelt und Verbraucherschutz Berlin hat eine Studie herausgegeben aus welcher hervorgeht wieviel Grünschnitt und Laubabfälle pro Jahr in Berlin anfallen. Entsprechend dieser müssen 27.738

¹ Vgl. Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz: Ermittlung der Mengen weggeworfener Lebensmittel und Hauptursachen für die Entstehung von Lebensmittelabfällen in Deutschland, Zusammenfassung einer Studie der Universität Stuttgart, http://www.bmel.de/SharedDocs/Downloads/Ernaehrung/WvL/Studie_Lebensmittelabfaelle_Faktenblatt.pdf?__blob=publicationFile, 27.07.2014

Tonnen Mähgut und 52.532 Tonnen Laub pro Jahr von der Stadt Berlin entsorgt werden².

Ein Europäer produziert am Tag durchschnittlich 0,3 kg Fäkalien. Demzufolge produziert Berlin eine Jahresmenge von 427.707 Tonnen.

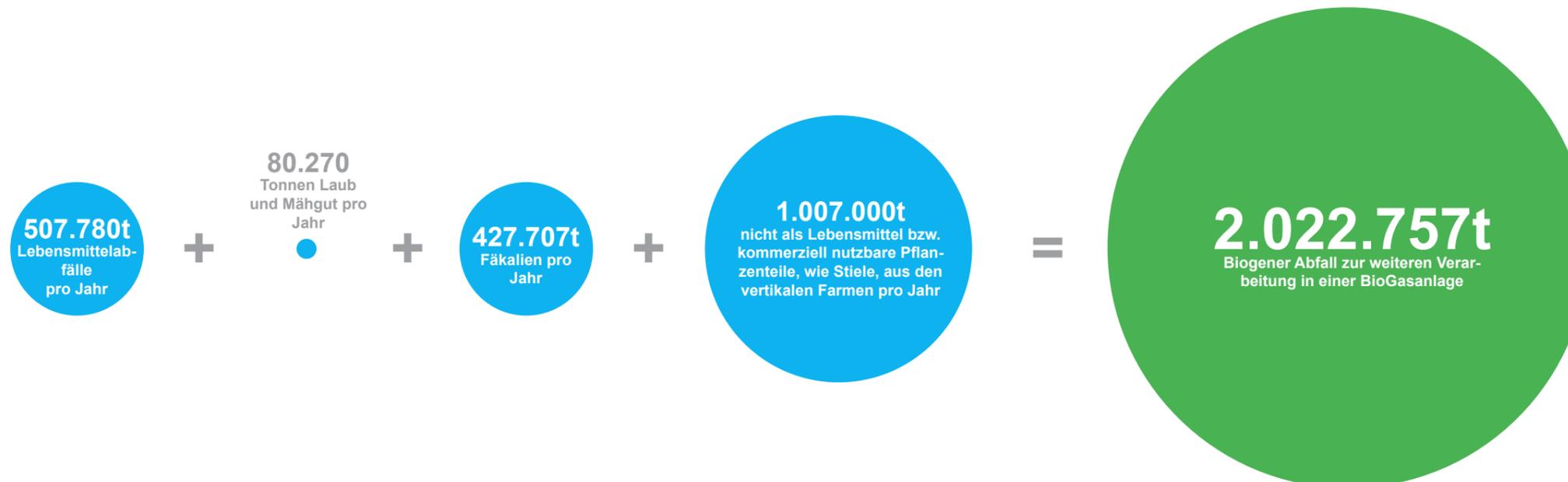
Eine vertikale Farm einer METACELL hat ungefähr das Ausmaß von 275.900 Quadratmetern. Ausgehend von der sechsfachen Pflanzendichte pro Quadratmeter gegenüber der herkömmlichen Landwirtschaft wird die Menge der nicht als Lebensmittel nutzbaren Pflanzenteile, wie zum Beispiel Stiele und nicht kommerziell verwertbare Pflanzenteile, mit 0,1 kg/m² und Tag an-

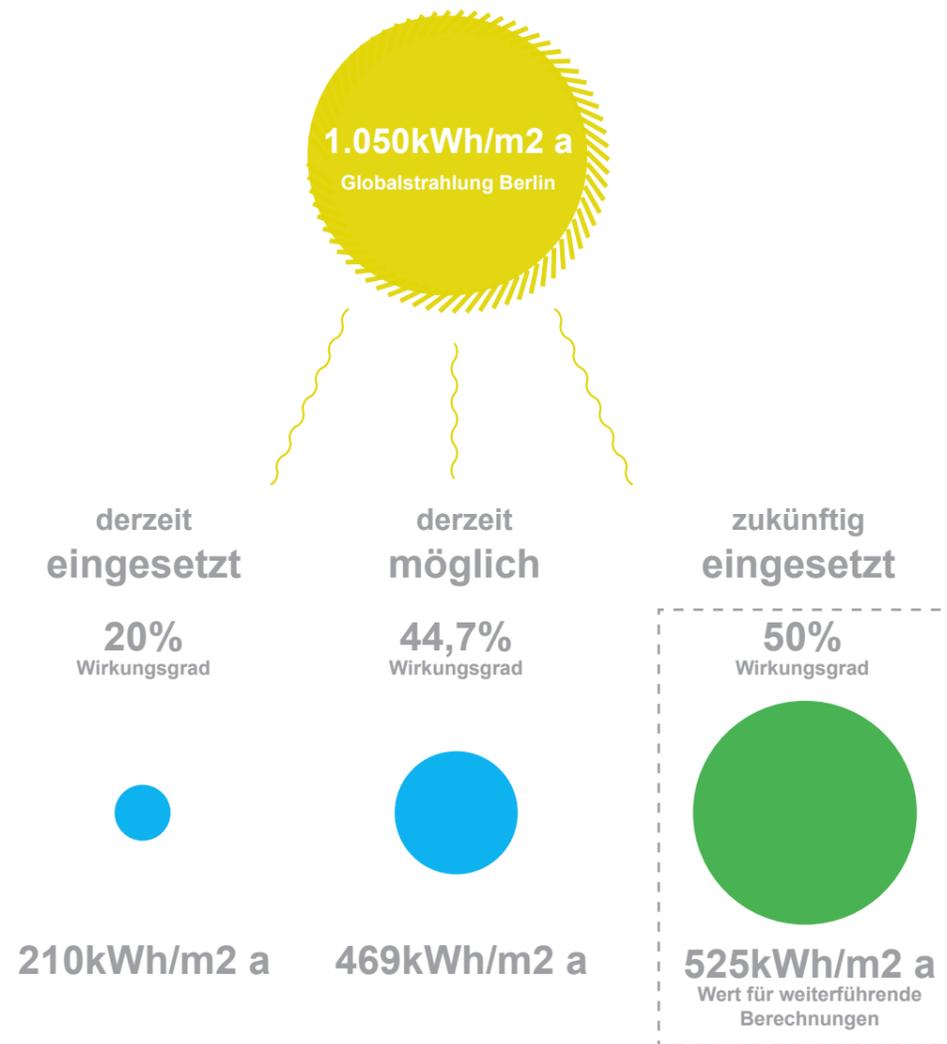
² Vgl. Dr. Wiegel, März und Partner Ingenieure/ICU - Ingenieurconsulting Umwelt und Bau/Senatsverwaltung für Gesundheit, Umwelt und Verbraucherschutz Berlin: Hochwertige und klimaschonende Verwertung von Mähgut und Laub im Land Berlin, http://www.stadtentwicklung.berlin.de/umwelt/abfallwirtschaft/downloads/biomasse/studie_maehgut.pdf, 22.06.2014

genommen. Dies ergibt bei 275.900 m² Vertical Farming eine Jahresmenge von 10.070 Tonnen biologischem Abfall für eine METACELL. Ausgehend von einhundert Zellen verteilt über das Stadtgebiet ergibt dies einen Wert von 1.007.000 Tonnen im Jahr.

Somit steht eine Gesamtjahresmenge von 2.002.757 Tonnen biogenem Abfall zur Verarbeitung in Biogasanlagen zur Verfügung.

Pro METACELL ist eine Biogasanlage vorgesehen. Ausgehend von den oben genannten Berechnungen muss jede Anlage mindestens 20.027 Tonnen Rohmaterial pro Jahr verarbeiten.





Photovoltaik

Der Wirkungsgrad der derzeit erzeugten PV-Paneele mit monokristallinen Zellen liegt bei zirka 20%¹. Die jährliche Globalstrahlung in Berlin liegt bei zirka 1050 kWh/m2 a². Das würde bedeuten ein Quadratmeter Paneel liefert eine jährliche Leistung von 210 kWh/m2 a.

Das Fraunhofer Institut für solare Energie konnte im September 2013 erstmals eine Photovoltaikzelle mit einem Wirkungsgrad von 44,7% herstellen und betreiben³. Es handelt sich dabei um sogenannte Mehrfachzellen. Eine Mehrfachzelle besteht aus übereinander gestapelten Zellen welche aus unterschied-

lichen Halbleitermaterialien hergestellt sind. Damit wird erreicht, dass ein grösserer Spektralbereich des Sonnenlichtes in Energie umgewandelt werden kann.

Ein Quadratmeter des oben erwähnten Photovoltaik-Paneels würde jährlich in Berlin 469 kWh/a Strom erzeugen.

Aufgrund dieser bereits heute erzielbaren Ergebnisse wird davon ausgegangen bis zum Start des Projektes METACELL serienreife Paneele mit einem Wirkungsgrad von 50% herstellen zu können. Daher wird für weiterführende Berechnungen bei dieser Masterarbeit ein Wirkungsgrad von 50% angenommen.

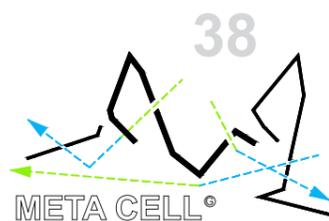
¹ Vgl. photovoltaic.org: Photovoltaic Wirkungsgrad, <http://www.photovoltaic.org/wissen/photovoltaik-wirkungsgrad>, 21.08.2014

² Vgl. Dr. Wirth, Harry, Fraunhofer Institut: Aktuelle Fakten zur Photovoltaik in Deutschland, Seite 45, Freiburg 2014.

³ Vgl. Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme ISE: Weltrekord-Solarzelle mit 44,7 Prozent Wirkungsgrad, <http://www.ise.fraunhofer.de/de/presse-und-medien/presseinformationen/presseinformationen-2013/weltrekord-solarzelle-mit-44-7-prozent-wirkungsgrad>, 29.06.2014



Vgl. Ziesing, Hans-Joachim/AG Energiebilanzen e.V.: Energieverbrauch in Deutschland im Jahr 2013, Seite 4, Berlin 2014.



Solarthermie

Dem heutigen Stand der Technik entspricht ein optischer Wirkungsgrad von zirka 80%¹. Dieser entspricht nur dann dem tatsächlichen Wirkungsgrad der Anlage wenn die Temperaturdifferenz zwischen Umgebung und Kollektor bei 0°C liegt. Wie dem Diagramm in Abbildung 7 zu entnehmen, verringert sich der Wirkungsgrad bei zunehmender Temperaturdifferenz, dass beispielhaft bei einer Temperaturdifferenz von 20°C der tatsächliche Wirkungsgrad bei einem Vakuumröhrenkollektor bei 76% und bei einem Flächenkollektor bei 73% liegt. Gemittelt wird für diese Masterarbeit ein Delta T von 70°C angenommen und daher ein tatsächlicher Wirkungsgrad von 65% für weitere Berechnungen verwendet.

¹ Vgl. Viessmann Deutschland GmbH: Planungshandbuch Solarthermie, Seite 25, Allendorf 2008.



Vgl. Ziesing, Hans-Joachim/AG Energiebilanzen e.V.: Energieverbrauch in Deutschland im Jahr 2013, Seite 4, Berlin 2014.

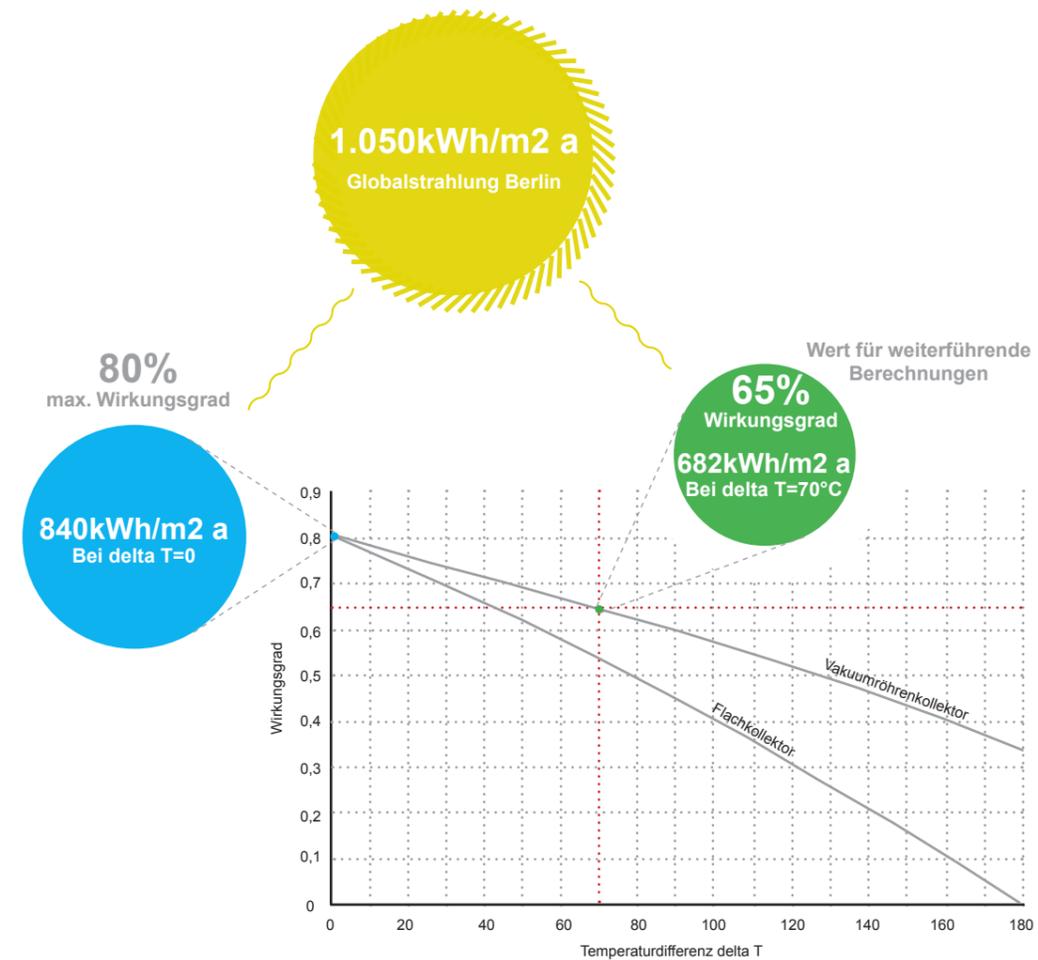
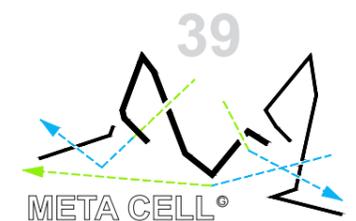


Abb.7 Wirkungsgradkurven Solarkollektoren



Geothermie, Wärmepumpen

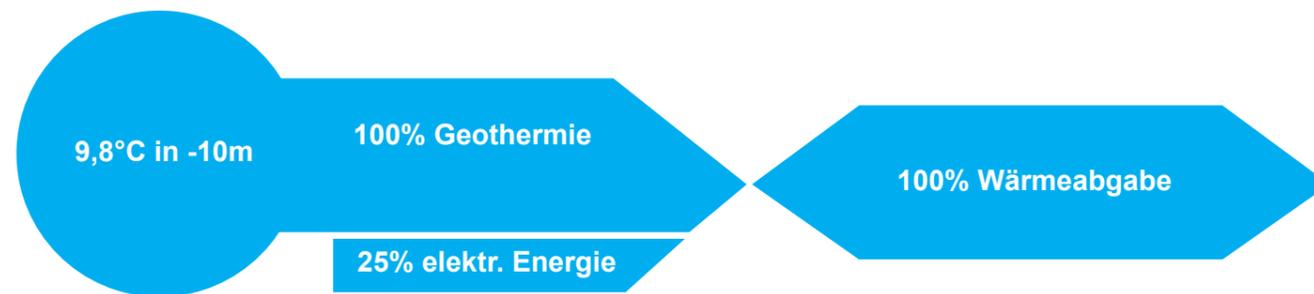
Die Arbeitszahl eines Wärmepumpensystem spiegelt dessen Wirkungsgrad wieder. Sie gibt das Verhältnis zwischen elektrischer Energie und Wärmeabgabe der Anlage an.

Diese Zahl ist auch abhängig von dem Temperaturunterschied zwischen dem Wärmeverteilsystem und der Temperatur der Wärmequelle. Wenn dieser Unterscheid möglichst gering ist wird dadurch die Arbeitszahl erhöht¹.

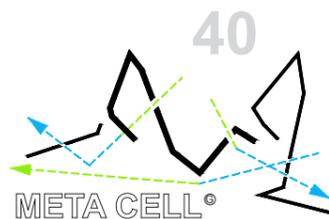
Durch die anschließende Verwendung eines Niedertemperaturheizsystems kann somit der Wirkungsgrad erhöht werden.

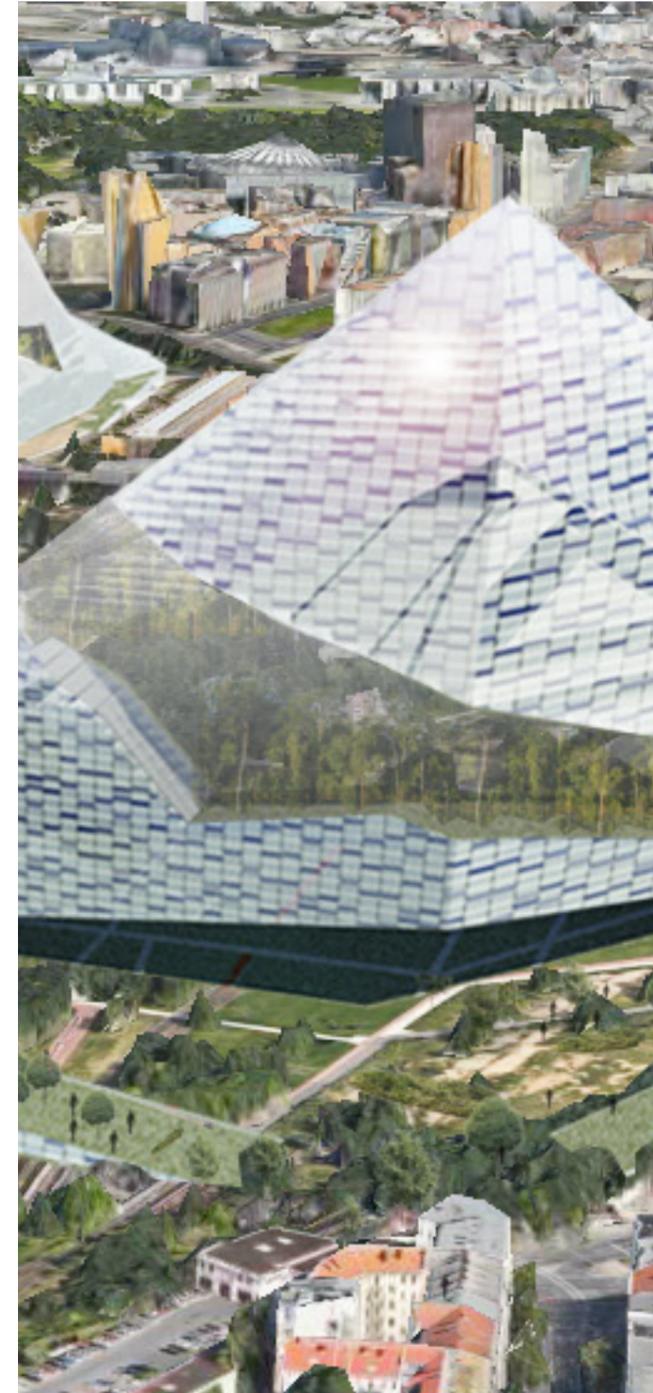
Für die METACELL wird daher ein System mit Tiefenbohrung-Wärmepumpe- und Niedertemperaturabgabesystem verwendet mit einer Arbeitszahl der Wärmepumpe von 4.

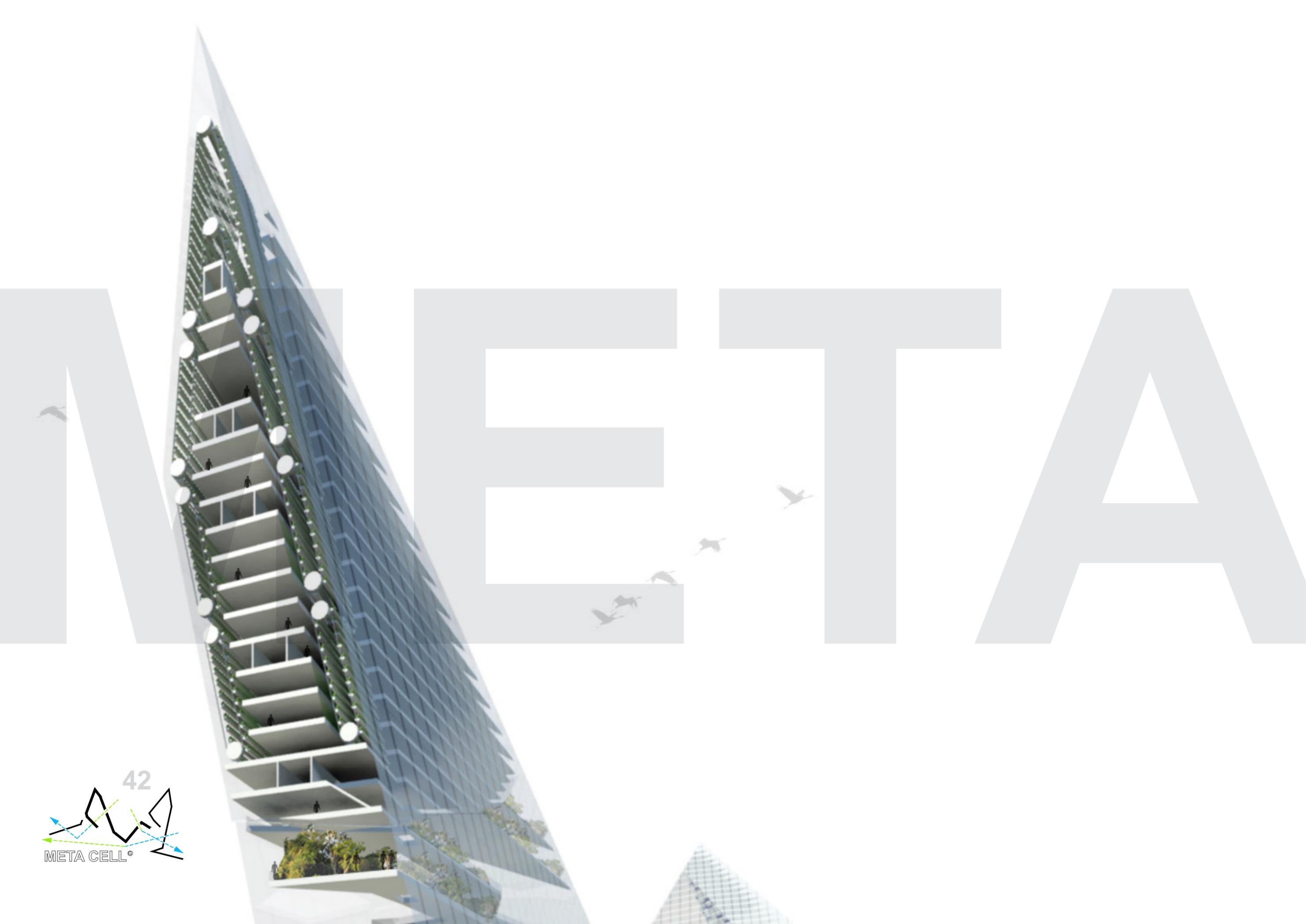
¹ Wärmepumpe Austria: <http://www.waermepumpe-austria.at/die-waermepumpe/effizienz-optimierung.html>, in: <http://www.waermepumpe-austria.at/>, 29.07.2014



Vgl. Ziesing, Hans-Joachim/AG Energiebilanzen e.V.: Energieverbrauch in Deutschland im Jahr 2013, Seite 4, Berlin 2014.







METACELL

4. METACELL • Synergiepotenzial

Mensch • Natur • Technologie



W E T A



C

E

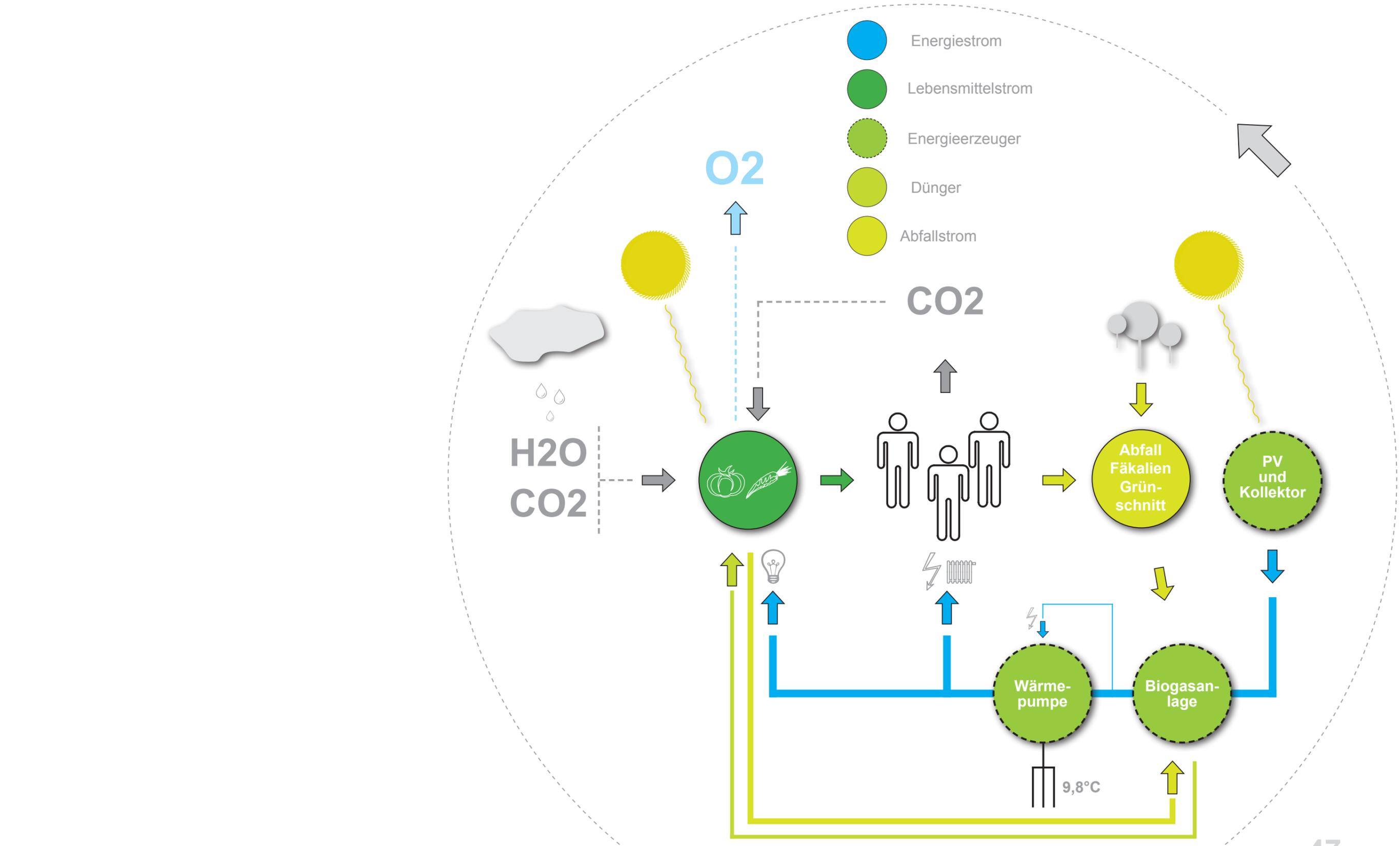
L

45

Definition Planungsumfang

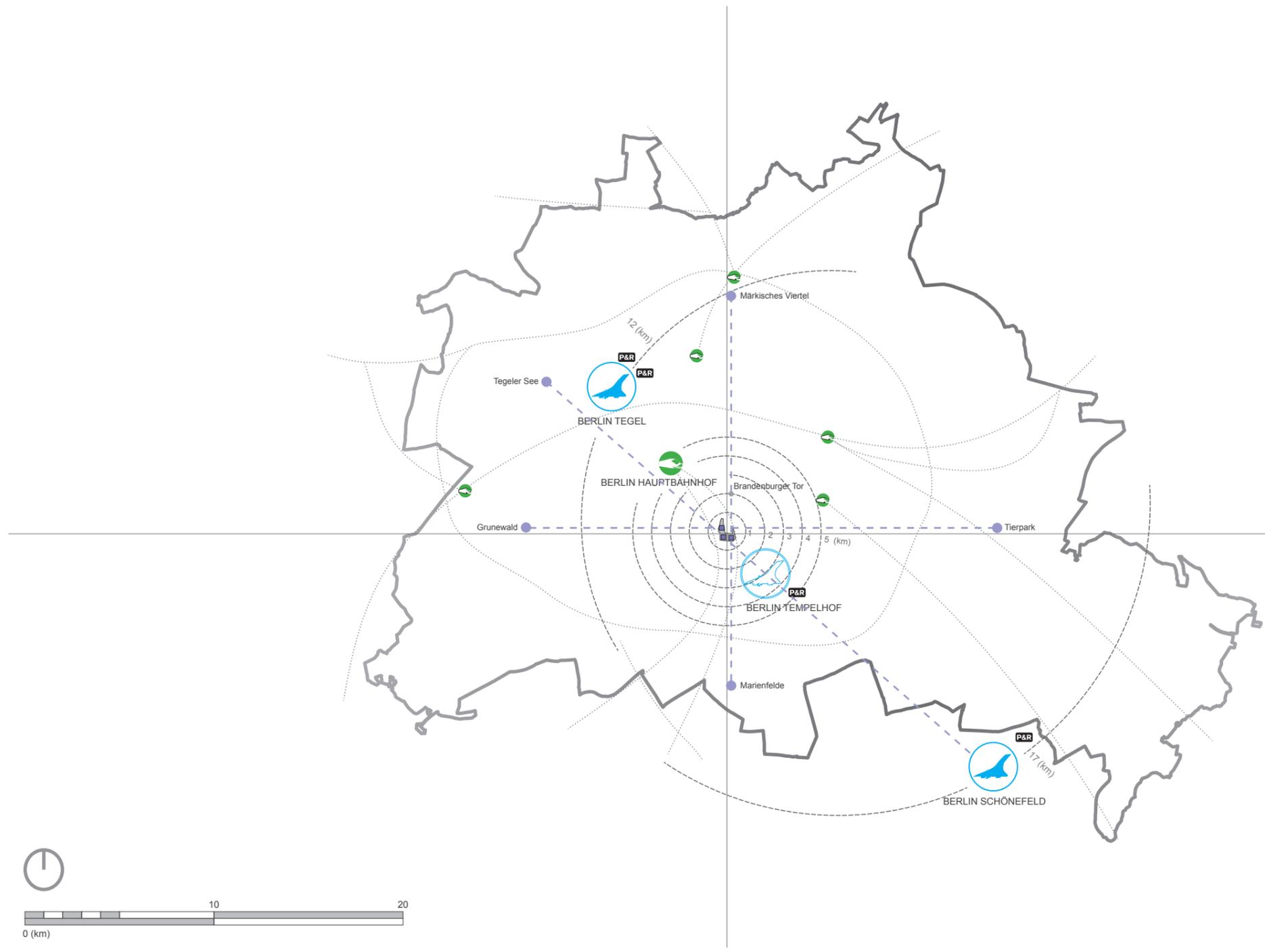
Dieses Kapitel befasst sich mit einer METACELL an einem spezifischen Standort, anhand welcher untersucht wird ob die in Kapitel drei genannten Zielsetzungen erreicht werden können.

Jede der einhundert Zellen passt sich an die spezifischen Gegebenheit des Bauplatzes und der Umgebung an. Das bedeutet, jede METACELL wird einem anderen Formfindungsprozess unterzogen und somit individuell an alle standortspezifischen Erfordernisse angepasst. Das prinzipielle Raumprogramm besteht jedoch immer aus Vertical Farming, Wohnen, Arbeit, Industrie, öffentlichem Raum sowie kulturellen Einrichtungen.

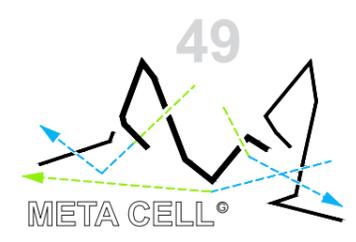


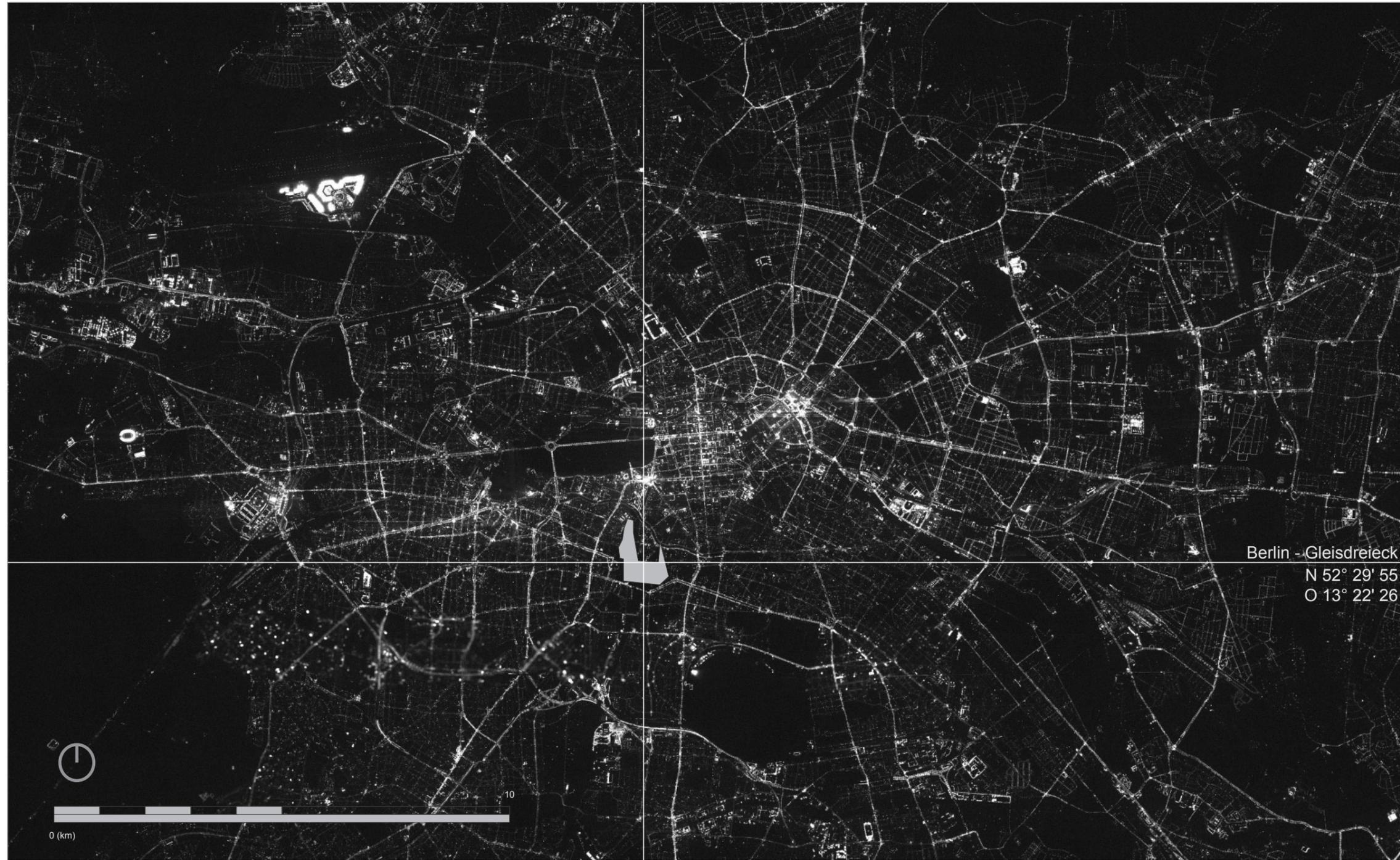
SYNERGIEN



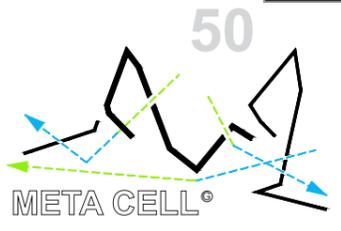
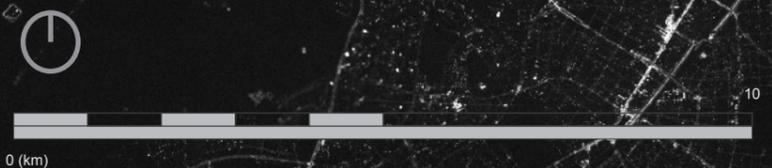


Berlin - Gleisdreieck
 N 52° 29' 55
 O 13° 22' 26





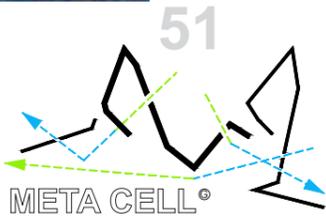
Berlin - Gleisdreieck
N 52° 29' 55"
O 13° 22' 26"





Berlin - Gleisdreieck

N 52° 29' 55
O 13° 22' 26



Berlin
Gleisdreieck



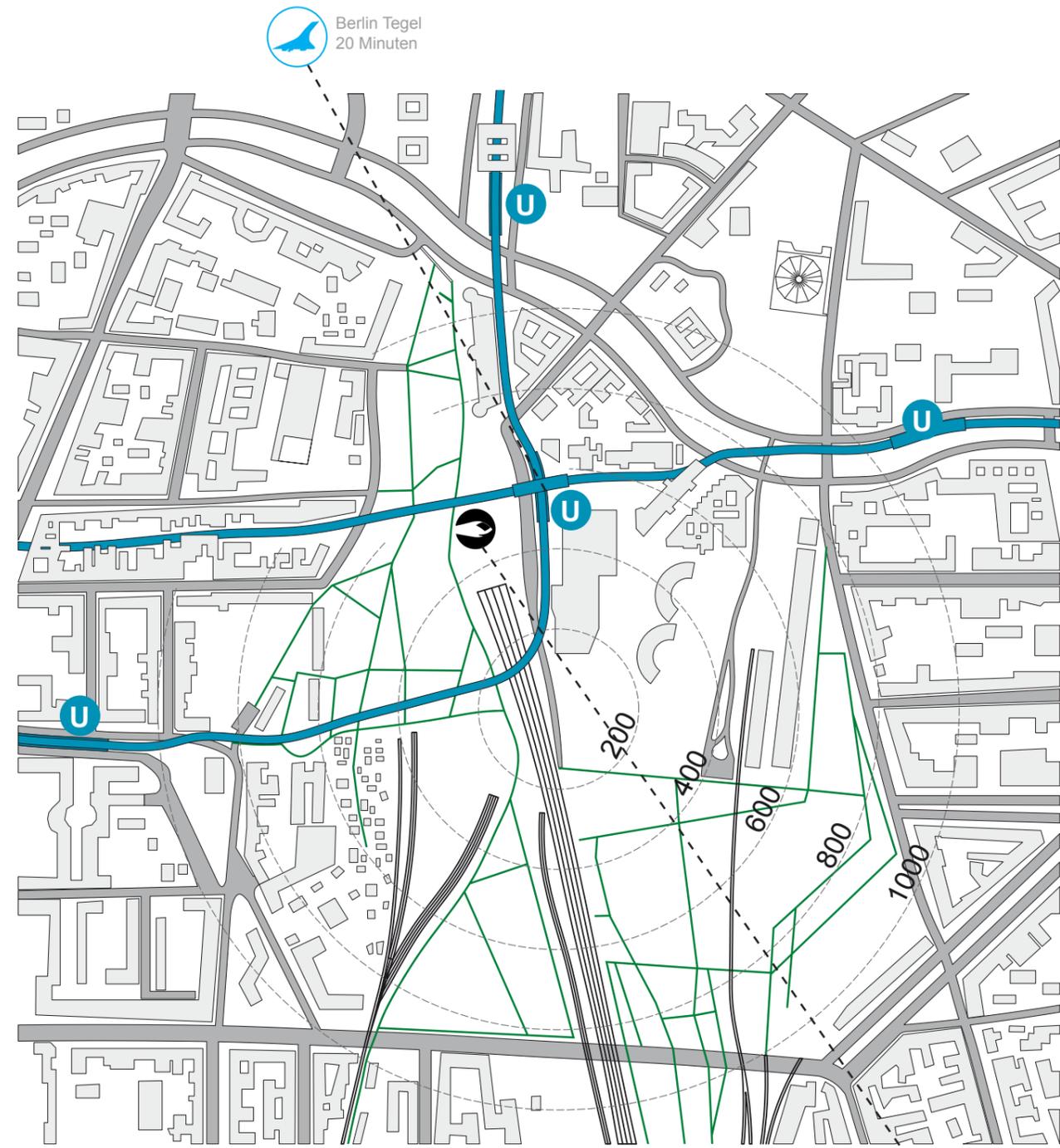
Lageplan 1

Privater Verkehr

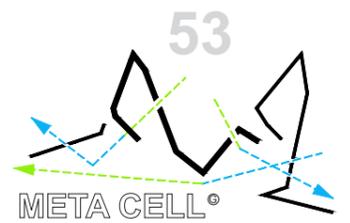
- Straßen
- Geh - und Radfahrwege

Öffentlicher Verkehr

- U-Bahn
- Bahn



Berlin Schönefeld
45 Minuten



Bauplatz - Bestand - Schwarzplan - Durchwegung



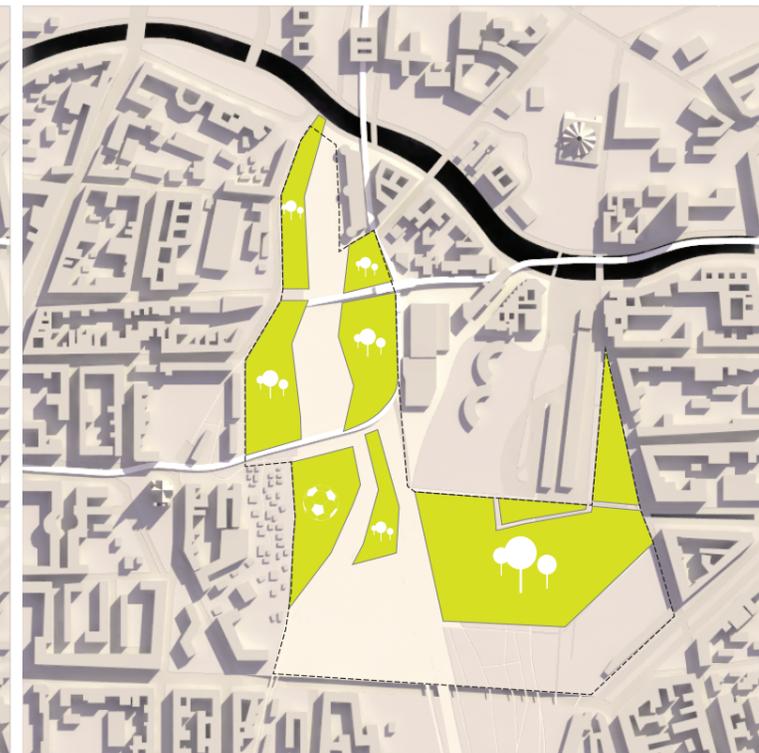
Satellitenbild:

Der Bauplatz am Gleisdreieck besteht derzeit aus aktiven öffentlichen Grünflächen, ungenutzten Brachen sowie stillgelegten und sich in Betrieb befindlichen Gleiskörpern.



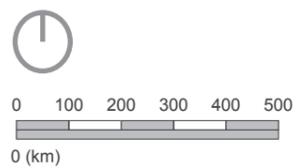
Bauplatz:
Fläche 40.120 m²

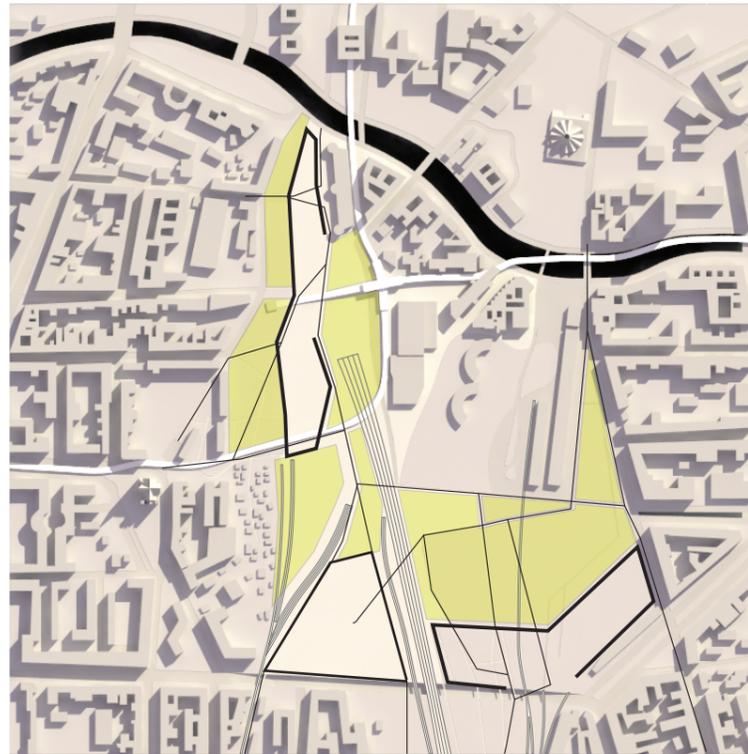
Der Bauplatz umschließt Grün- und Brachflächen zwischen Landwehrkanal und Goebenstraße.



Grünflächen:
Fläche 18.540 m²

Parks, Sportflächen und Erholungsgrünflächen bleiben bestehen und werden in das Freiraumkonzept integriert.





Durchwegung:

Die Grenzen der Grünräume und die bestehende Durchwegung für Fußgänger und Radfahrer definieren die zukünftigen Gebäudekanten.



Schwarzplan:

Die Hauptkanten zwischen Grünflächen und Hauptverkehrsadern bilden die äußeren Grenzen des *building footprints*.

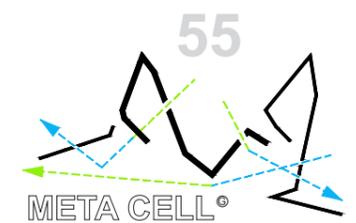


Kontinuität:

Unterbrochene Verkehrswege und wieder hergestellte Anbindungen an Personen- und Nahverkehr werden in der z-Achse der Gebäude berücksichtigt und erhalten somit die Kontinuität der Durchwegung.



0 100 200 300 400 500
0 (km)



RAUMPROGRAMM

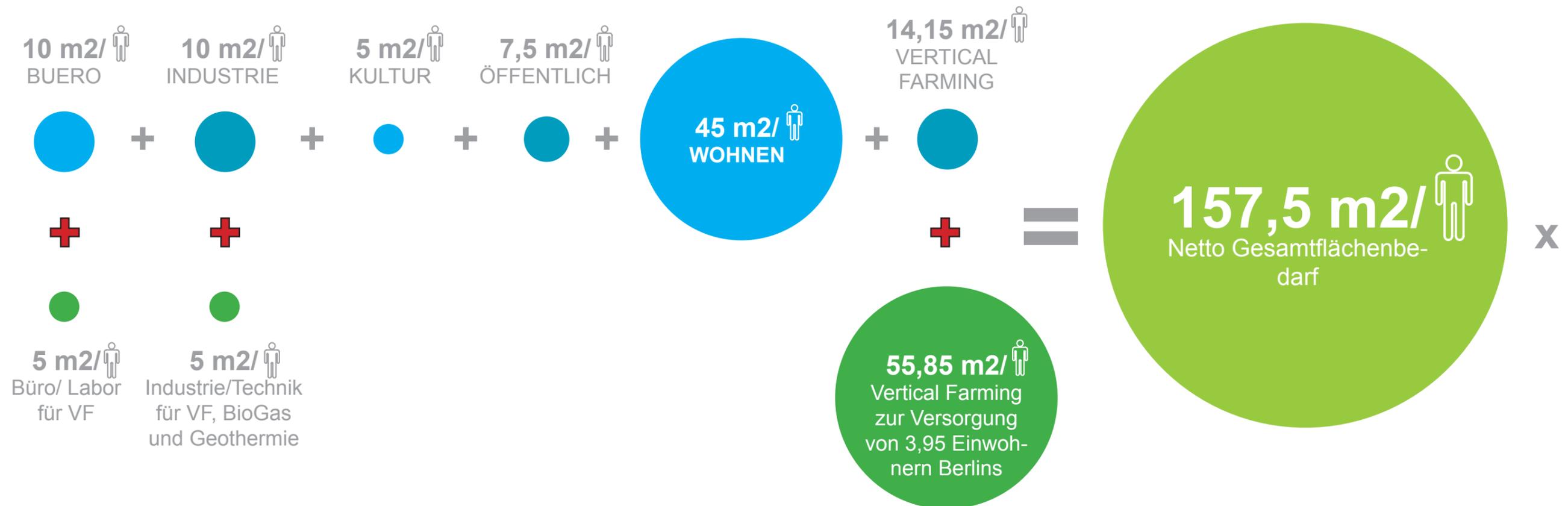
Jede Zelle muss die oben genannten Mindestanforderungen von 275.900 m² Vertical Farming und Lebensraum für 4.000 Bewohnern erfüllen. Aus diesen Anforderungen werden die Massen für den Quadratmeterbedarf pro Person errechnet beziehungsweise abgeleitet.

Die 4000 Einwohner pro METACELL müssen inklusive ihnen selbst 19.500 Personen mit Obst und Gemüse versorgen.

Umgerechnet auf einen Einwohner der METACELL muss dieser inklusive sich selbst 4,95 Menschen versorgen. Der Flächenbedarf von 14,15 m² pro Person multipliziert mit 4,95 ergibt zirka 70 m² Fläche für vertikalen Anbau.

Bei einhundert Zellen werden damit 1,95 Millionen Menschen mit Obst und Gemüse verköstigt. Dies entspricht der Zielvorgabe.

+ Erhöhung für Mitversorgung Umgebung



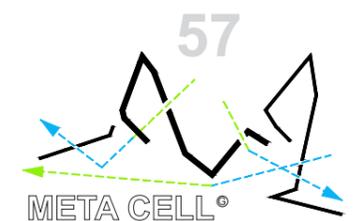
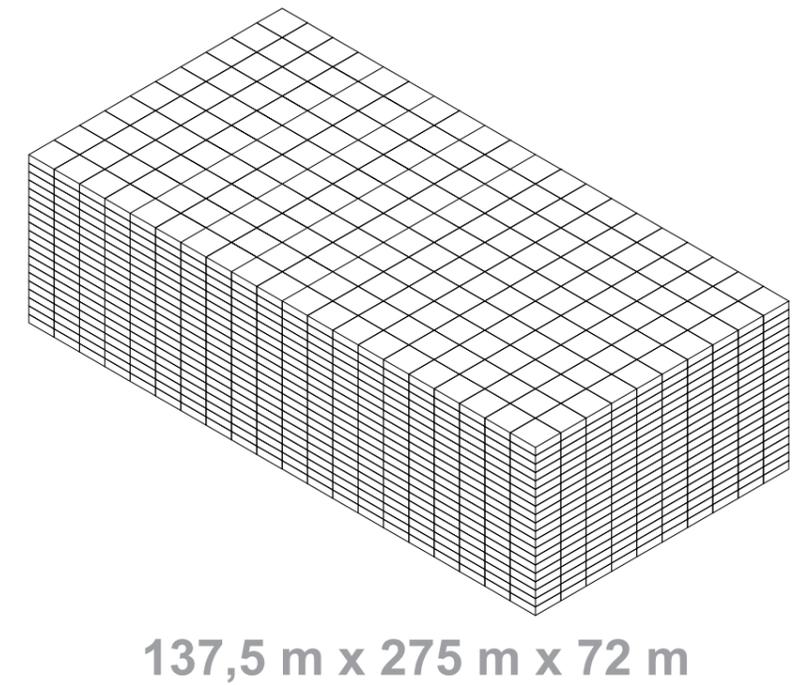
Brutto Gesamtvolumen für eine METACELL

1,2 = **189 m²/** 
 Brutto Gesamtflächenbedarf

Umrechnung von Netto auf Brutto m²

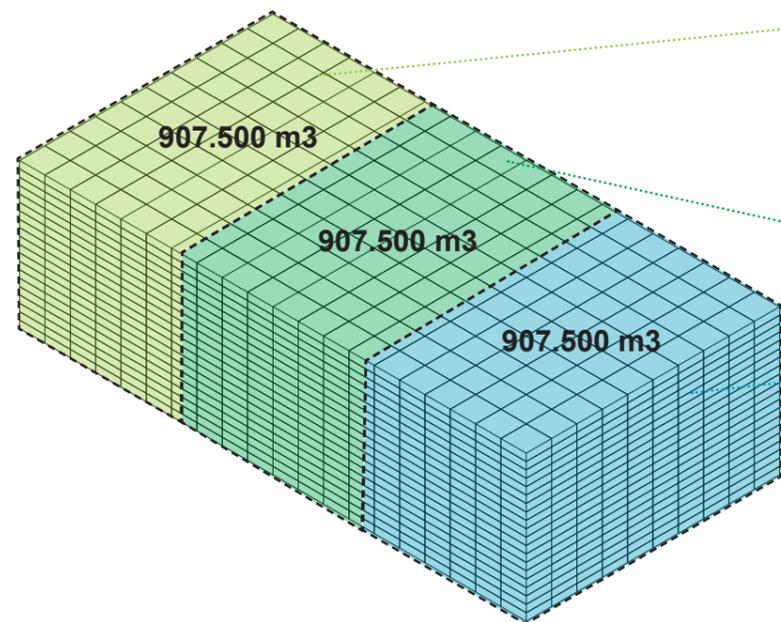
$$\begin{aligned}
 &= \underbrace{A}_{13,75 \text{ m} \times 13,75 \text{ m}} \times \underbrace{h}_{3,6 \text{ m}} = \underbrace{V}_{13,75 \text{ m} \times 13,75 \text{ m} \times 3,6 \text{ m}} \times \underbrace{4.000}_{\text{Definierte Mindestanforderung Einwohnerzahl pro METACELL}} \text{ Person} \\
 &\quad \text{Ja nach Nutzung 2,8 und 3 m Lichte Höhe + 0,8 und 0,6 m Decke und Aufbau}
 \end{aligned}$$

2.722.500 m³
 Brutto Gesamtvolumen für eine METACELL

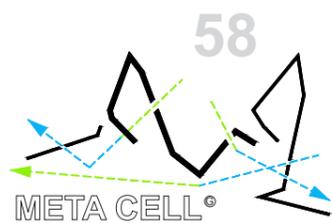
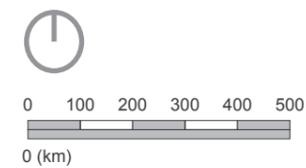


Brutto Gesamtvolumen je bebaubarem Bereich

2.722.500 m³
Brutto Gesamtvolumen
für eine METACELL



137,5 m x 275 m x 72 m



FORMFINDUNGSPROZESS

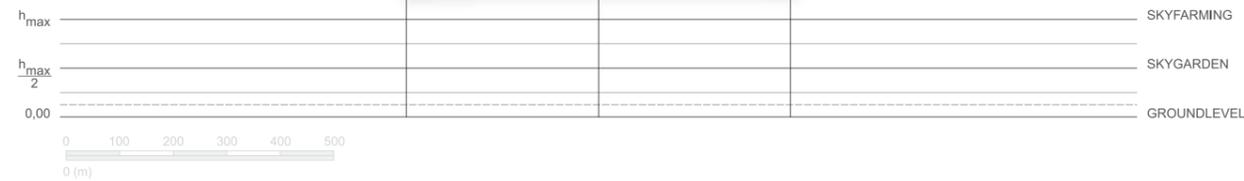
Formfindung in der z-Achse:

Blickachsen und Blickbeziehungen innerhalb des Ensembles und zur umliegenden Stadt sowie die Gewährleistung von Kontinuität und Transparenz sind die entscheidenden Entwurfsparameter in der Höhenentwicklung.



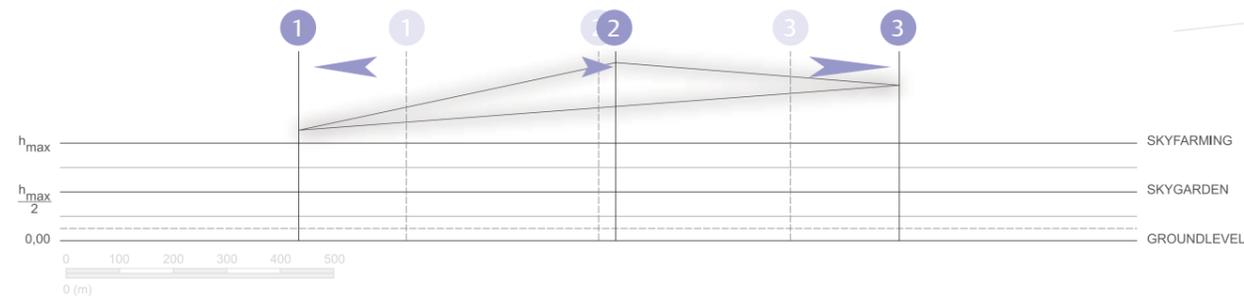
Höhenverteilung:

Die Baumassenform lehnt an die Symbolik des Gleichdreiecks an. Drei markante Erhöhungen sollen als Ensemble erkennbar sein.



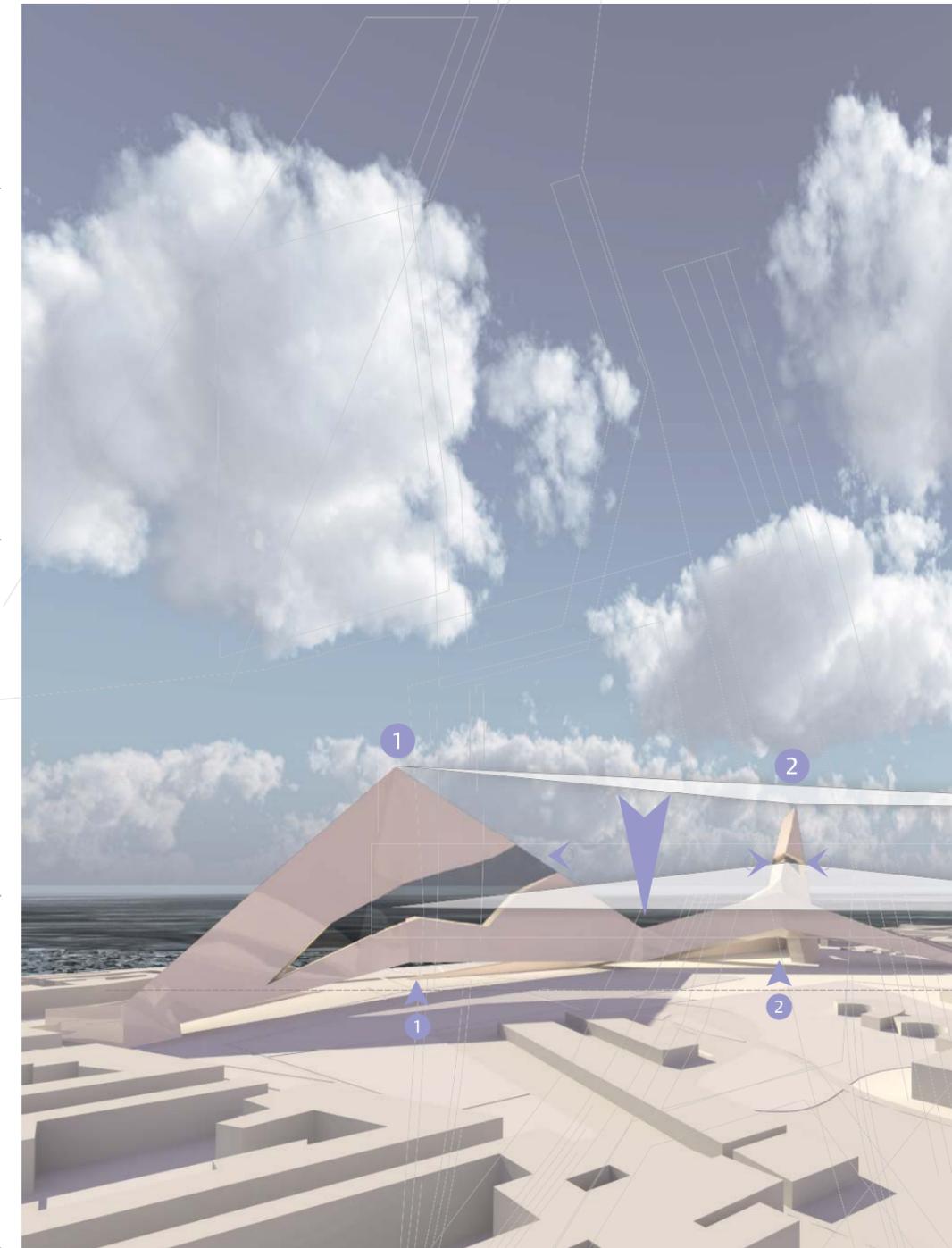
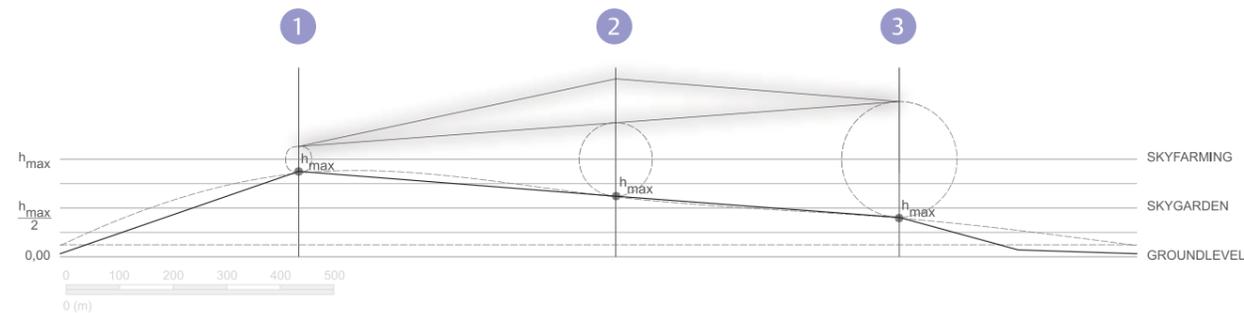
Höhenposition:

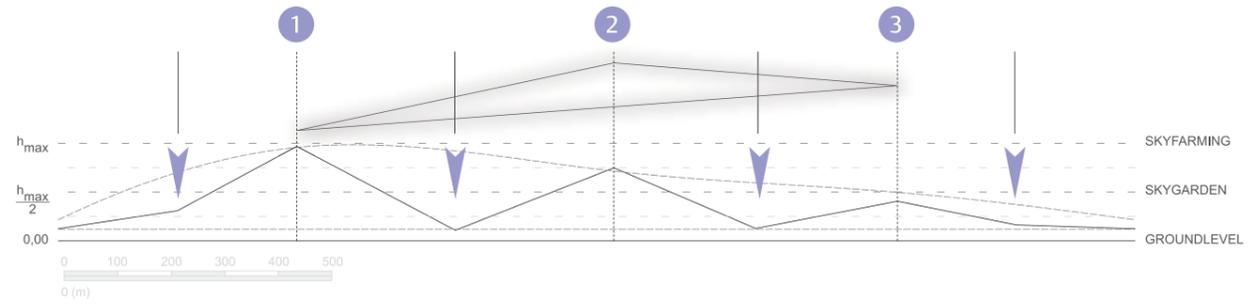
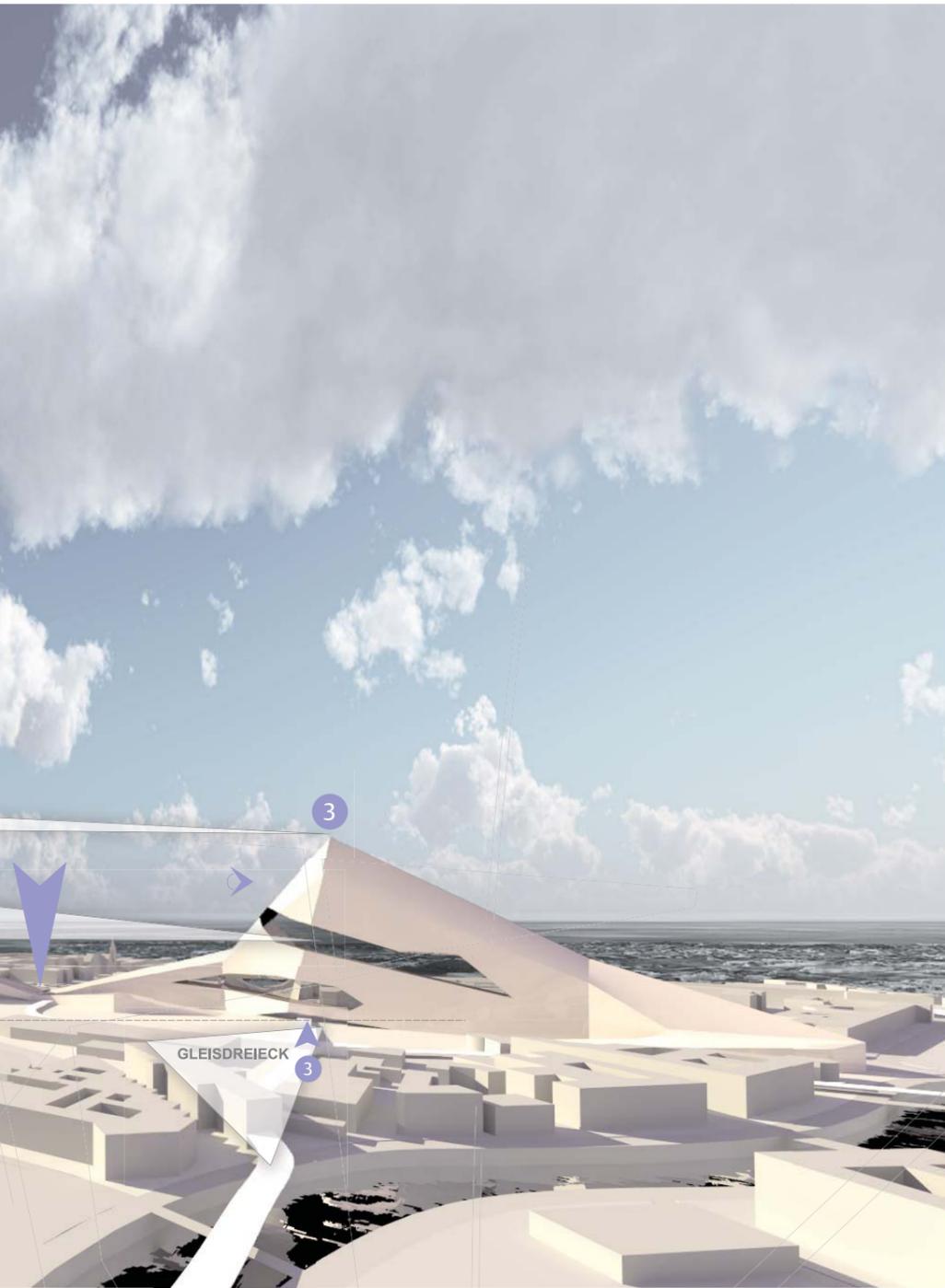
Dabei positionieren sich die maximalen Gebäudehöhen auf ausgewählte Sichtachsen der Stadt Berlin.



Maximale Höhe:

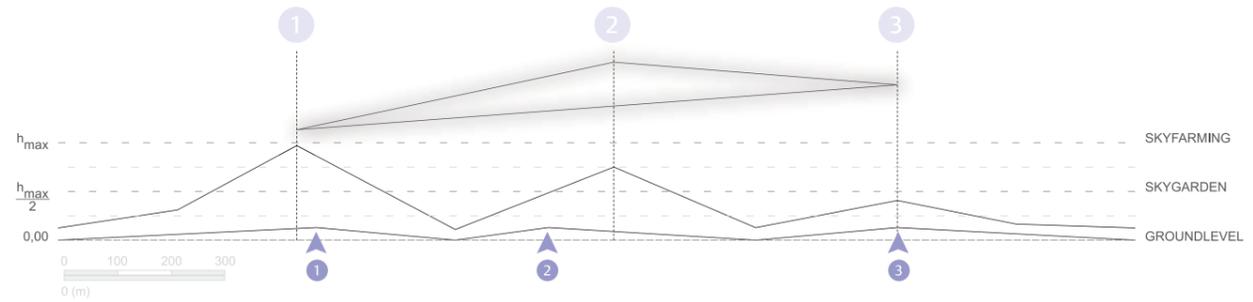
Die Höhe bezieht sich auf Funktionsdichte der Gebäude und aus designtechnischer Dynamik der Ensemblewirkung.





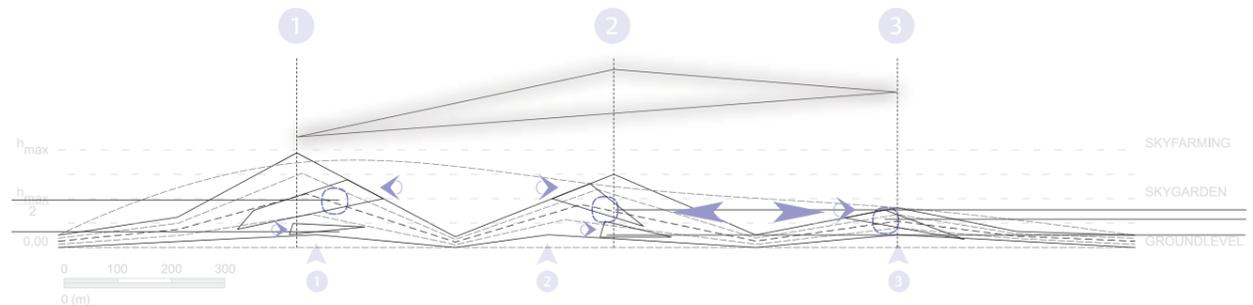
Höhenverteilung:

Um Sichtachsen auf dem Bauplatz wieder herzustellen werden jeweils auf halber Strecke zwischen h_{max} die Gebäudehöhen auf das Minimum reduziert.



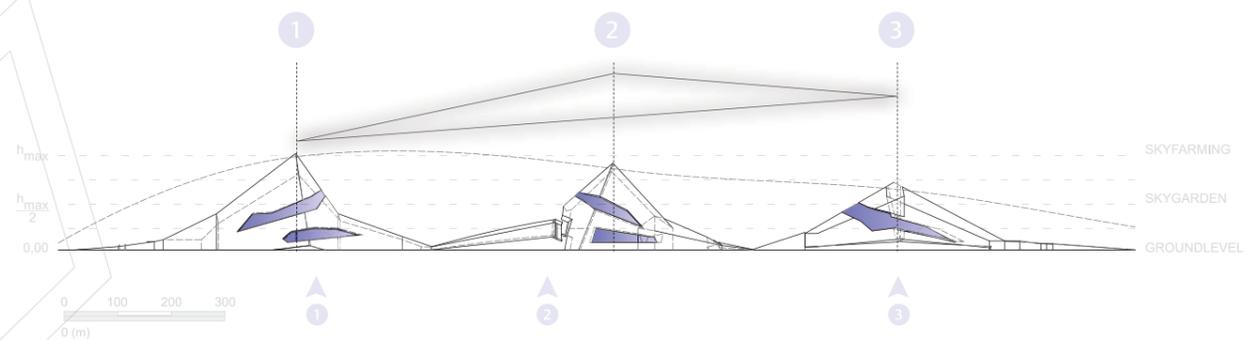
Kontinuität:

Um die Kontinuität für Fußgänger und Verkehr beibehalten zu können, werden die Baumassen an wichtigen Knotenpunkten in die z-Richtung verschoben.



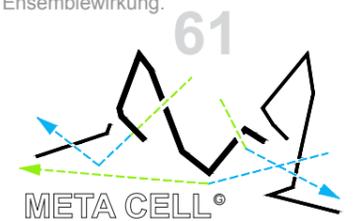
Blickbeziehungen:

Die Skygardens, welche in der Gebäudemitte positioniert sind, wurden angeordnet, um im Gebäudeinneren Blickbeziehungen innerhalb des Ensembles zu verstärken. Sie gewähren zusätzliche Transparenz für die Umgebung und lockern somit die Massenwirkung auf.

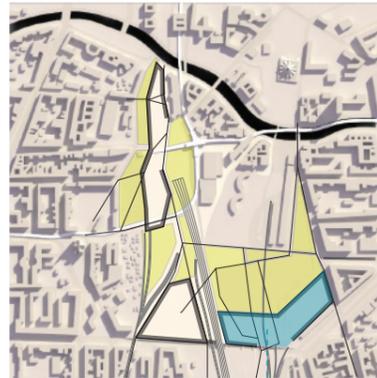


Maximale Höhe:

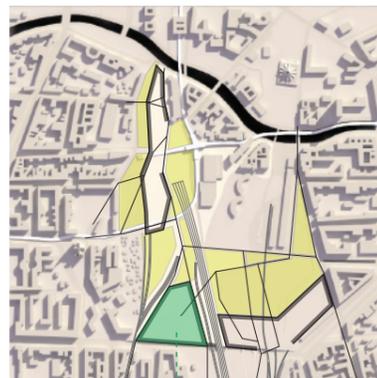
Die Höhe bezieht sich auf Funktionsdichte der Gebäude und aus designtechnischer Dynamik der Ensemblewirkung.



Formfindung der einzelnen Bereiche im Detail



Bereich 1



Bereich 2



Building Footprint:

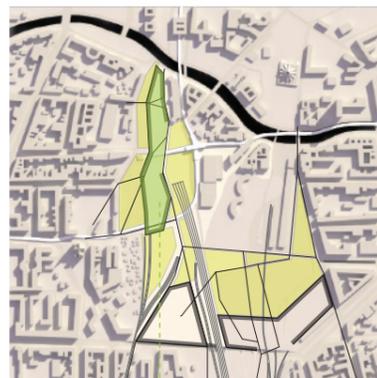
Die im Schwarzplan definierte Gebäudegrenze wird um 20 Meter nach Innen versetzt und bildet den *building footprint*.



Volumen:

Jeder der drei *building footprints* wird über ein Drittel des Gesamtvolumen von 2.722.500 m³ definiert, dementsprechend sind dies 907.500 m³.

V= 907.500 m³



Bereich 3

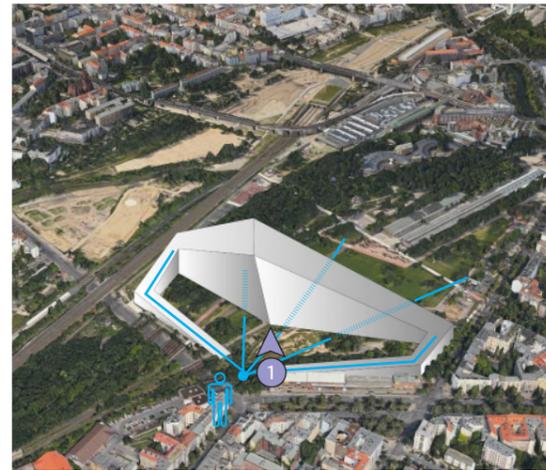




Erhöhung und Zugang:

Um den Flächenbedarf des Vertical Farmings zu generieren wird das Gebäude im Norden erhöht. Der Punkt der maximalen Gebäudehöhe ist definiert durch die ausgewählte Sichtachse. Die METACELL wird den öffentlichen Raum erweitern und ein neuer Teil davon werden. Aus diesem Grund wird der Komplex in Süden abgesenkt um den Zugang zum neu geschaffenen öffentlichen Raum zu gewährleisten.

V= 907.500 m3

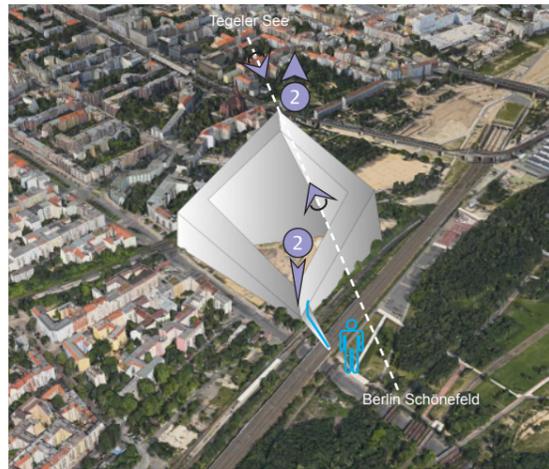


Öffnung und Kontinuität:

Um die Kontinuität der Durchwegung für Fußgänger und Verkehr beibehalten zu können, werden die Baumassen an wichtigen Knotenpunkten in z- Richtung angehoben. Das dadurch verlorene Gesamtvolumen wird später einer neuen Nutzung zugeführt.

V= 907.500 m3 - 123.100 m3 = 784.400 m3

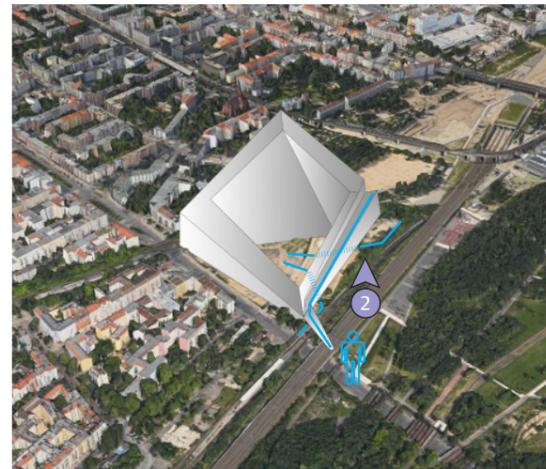
Volumen Differenz
Bereich 1



Erhöhung und Zugang:

Um den Flächenbedarf des Vertical Farmings zu generieren wird das Gebäude im Norden erhöht. Der Punkt der maximalen Gebäudehöhe ist definiert durch die ausgewählte Sichtachse. Die METACELL wird den öffentlichen Raum erweitern und ein neuer Teil davon werden. Aus diesem Grund wird der Komplex im Südosten abgesenkt um den Zugang zum neu geschaffenen öffentlichen Raum zu gewährleisten.

V= 907.500 m3

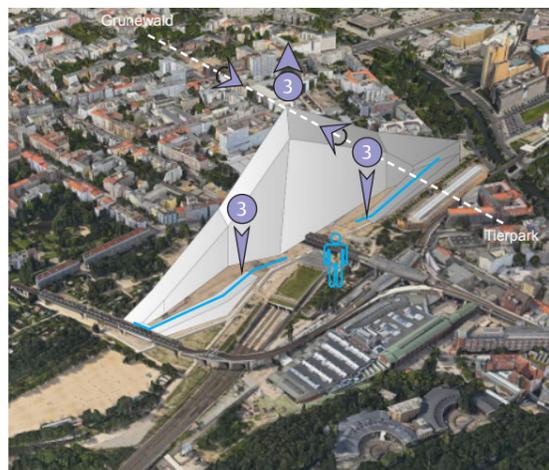


Öffnung und Kontinuität:

Um die Kontinuität der Durchwegung für Fußgänger und Verkehr beibehalten zu können, werden die Baumassen an wichtigen Knotenpunkten in z- Richtung angehoben. Das dadurch verlorene Gesamtvolumen wird später einer neuen Nutzung zugeführt.

V= 907.500 m3 - 28.300 m3 = 879.200 m3

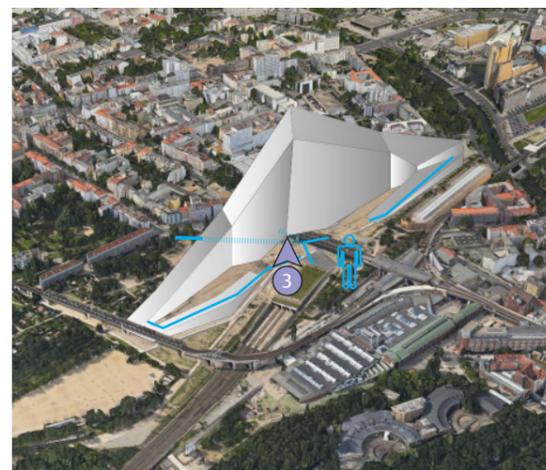
Volumen Differenz
Bereich 2



Erhöhung und Zugang:

Um den Flächenbedarf des Vertical Farmings zu generieren wird das Gebäude im Westen erhöht. Der Punkt der maximalen Gebäudehöhe ist definiert durch die ausgewählte Sichtachse. Die METACELL wird den öffentlichen Raum erweitern und ein neuer Teil davon werden. Aus diesem Grund wird der Komplex im Osten abgesenkt um den Zugang zum neu geschaffenen öffentlichen Raum zu gewährleisten.

V= 907.500 m3

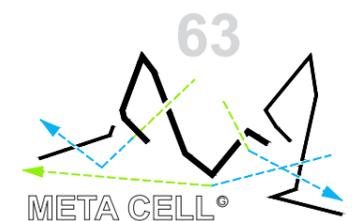


Öffnung und Kontinuität:

Um die Kontinuität der Durchwegung für Fußgänger und Verkehr beibehalten zu können, werden die Baumassen an wichtigen Knotenpunkten in z- Richtung angehoben. Das dadurch verlorene Gesamtvolumen wird später einer neuen Nutzung zugeführt.

V= 907.500 m3 - 12.700 m3 = 894.800 m3

Volumen Differenz
Bereich 3



Rückführung der Bereiche auf eine METACELL anhand des Gesamtvolumens



Gebäude 3
 $V = 784.400 \text{ m}^3$

Gebäude 2
 $V = 879.200 \text{ m}^3$

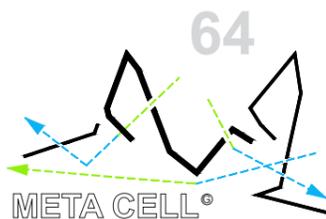
Gebäude 1
 $V = 894.800 \text{ m}^3$

2.558.400 m³
Brutto Gesamtvolumen
Gebäude 1, 2 und 3

102.900 m³
Brutto Gesamtvolumen
Verbindung 1 und 2

Draufsicht:

Nach dem Formgebungsprozess sind hier die drei Hauptgebäude, welche eine MET-CELL auf diesem Bauplatz bilden in der Draufsicht dargestellt.



Volumen Differenz aus den Bereichen 1, 2 und 3
164.100 m³



Verbindung 2
V = 53.700 m³

Verbindung 1
V = 49.200 m³

Draufsicht Verbindungen:

Das bei der Formfindung subtrahierte Volumen wird nun einerseits für die Verbindungen 1 und 2 genutzt sowie für unterirdische Bereiche für die Biogasindustrie und Energietechnik.

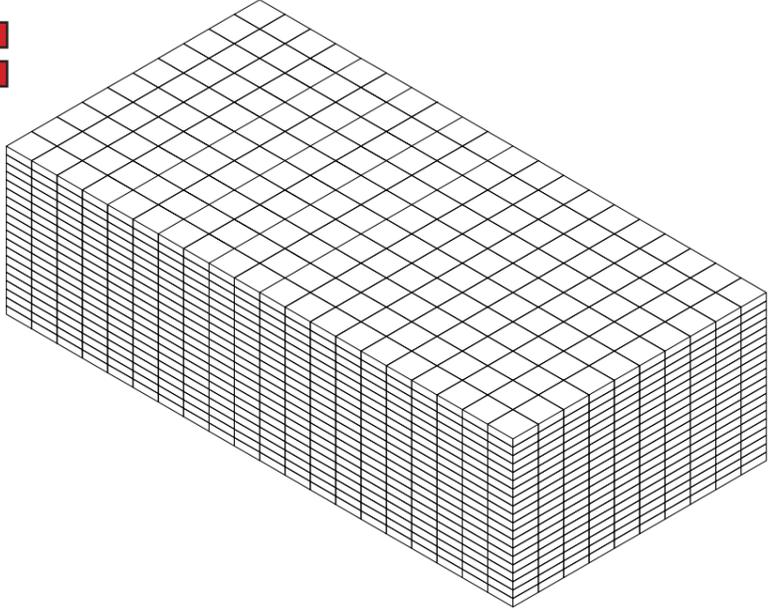
61.200 m³
Brutto Gesamtvolumen
Industrie unterirdisch

+

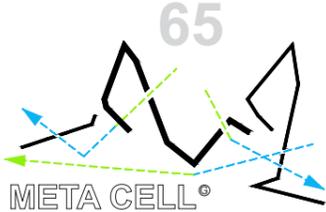
•

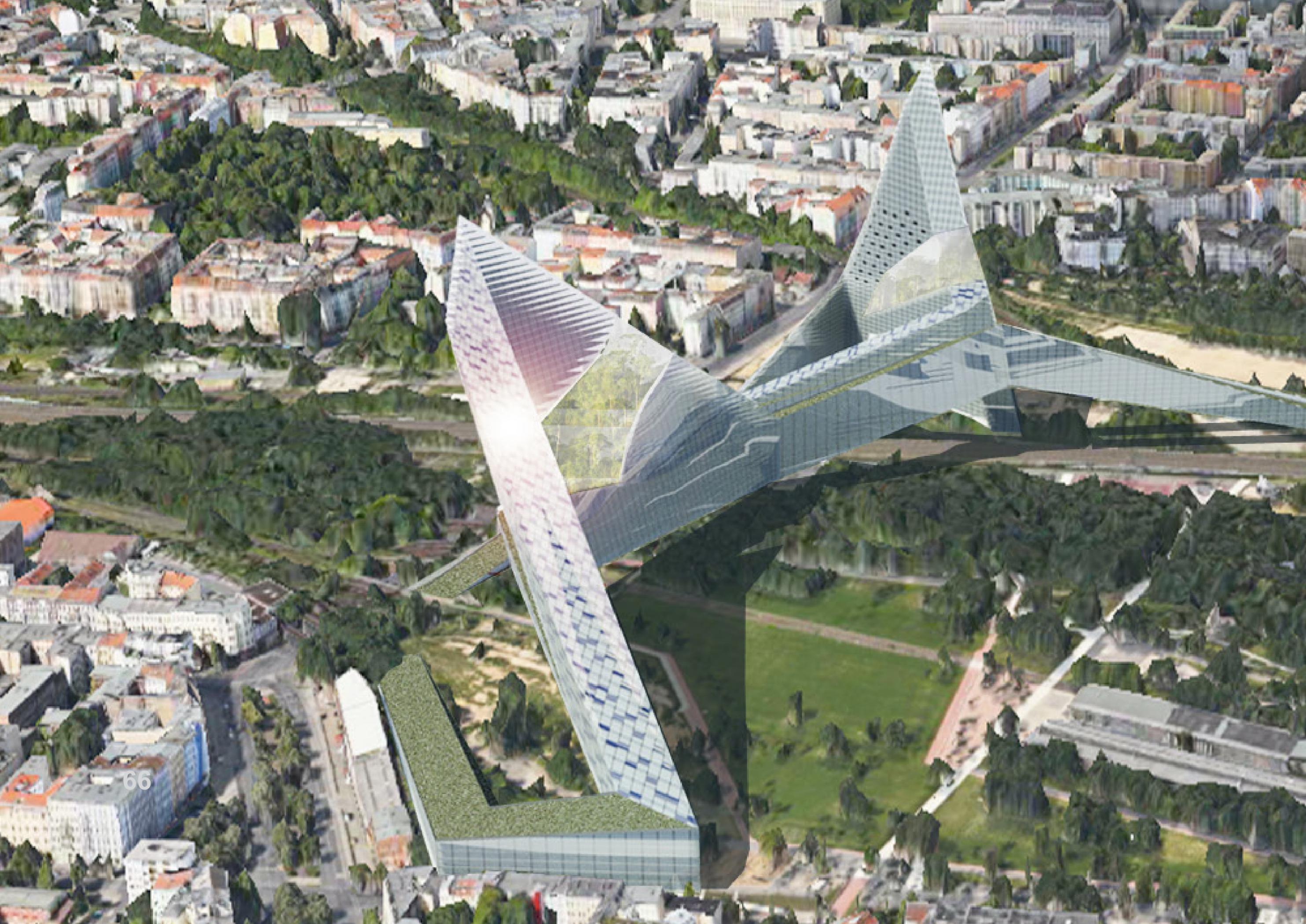
=

2.722.500 m³
Brutto Gesamtvolumen



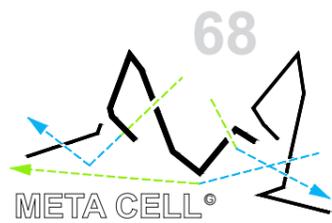
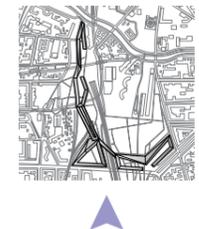
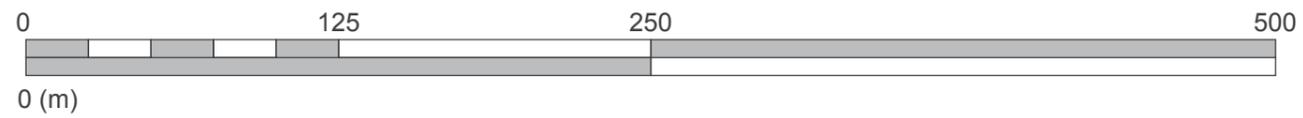
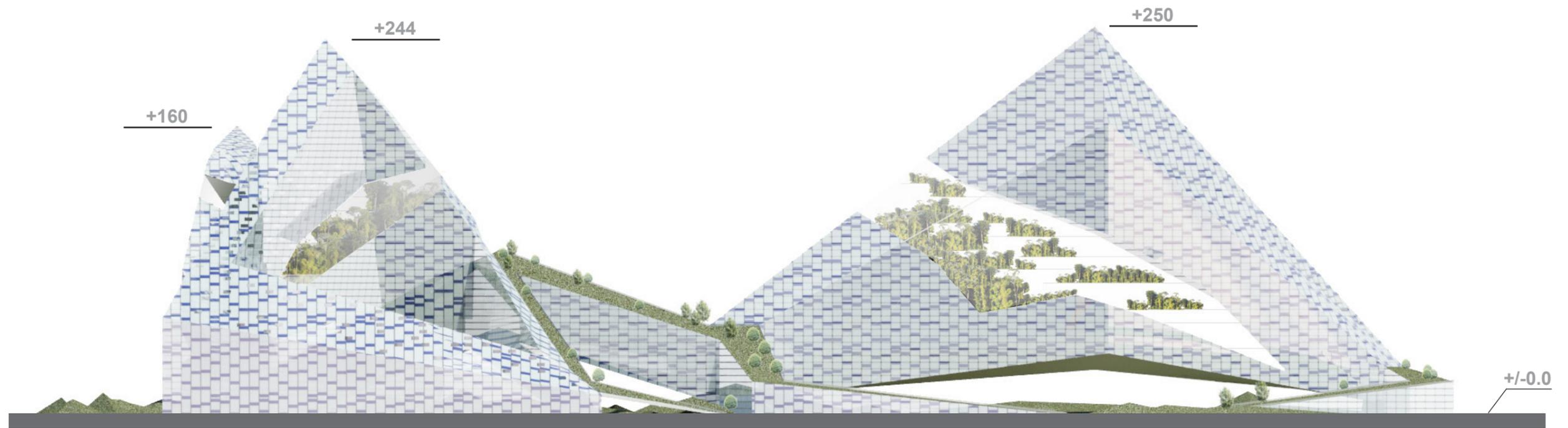
137,5 m x 275 m x 72 m



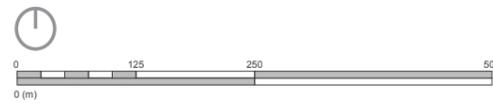
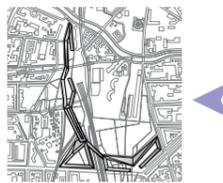
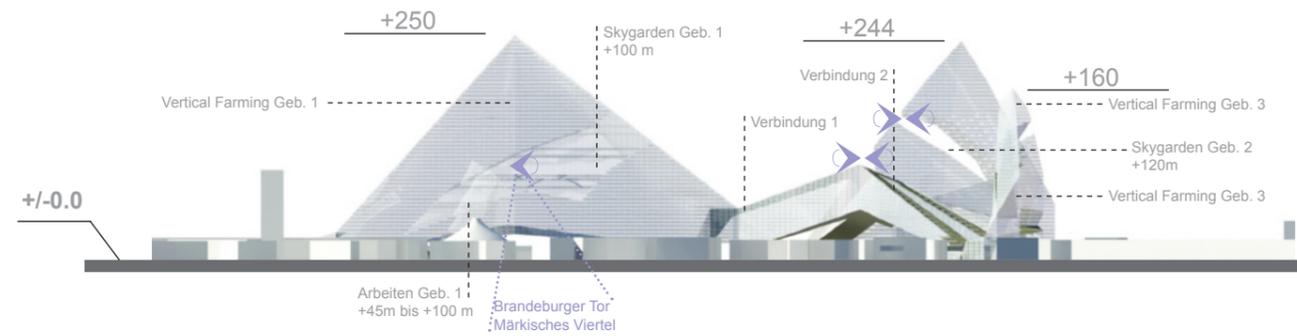
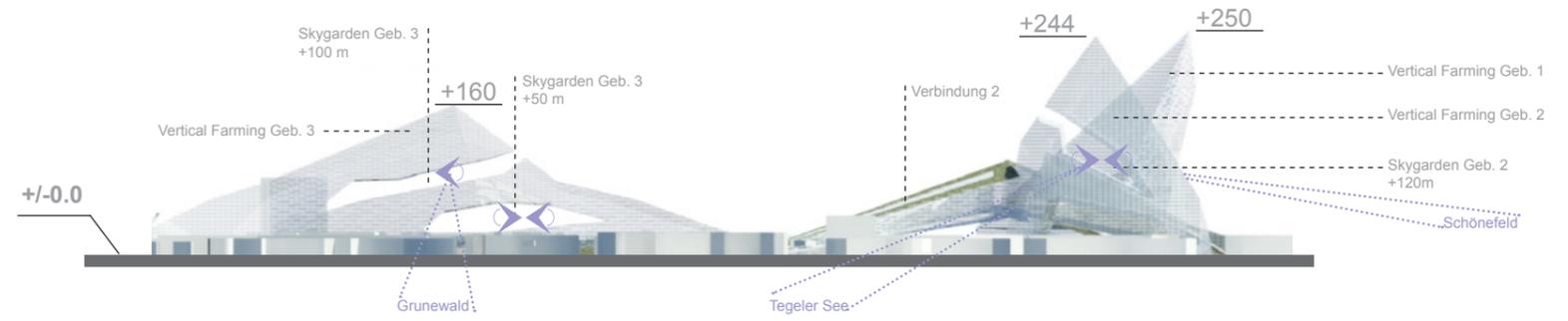
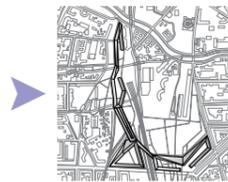




Ansicht Süd



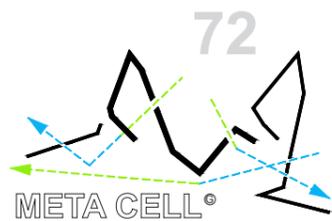
Ansichten West, Nord und Ost

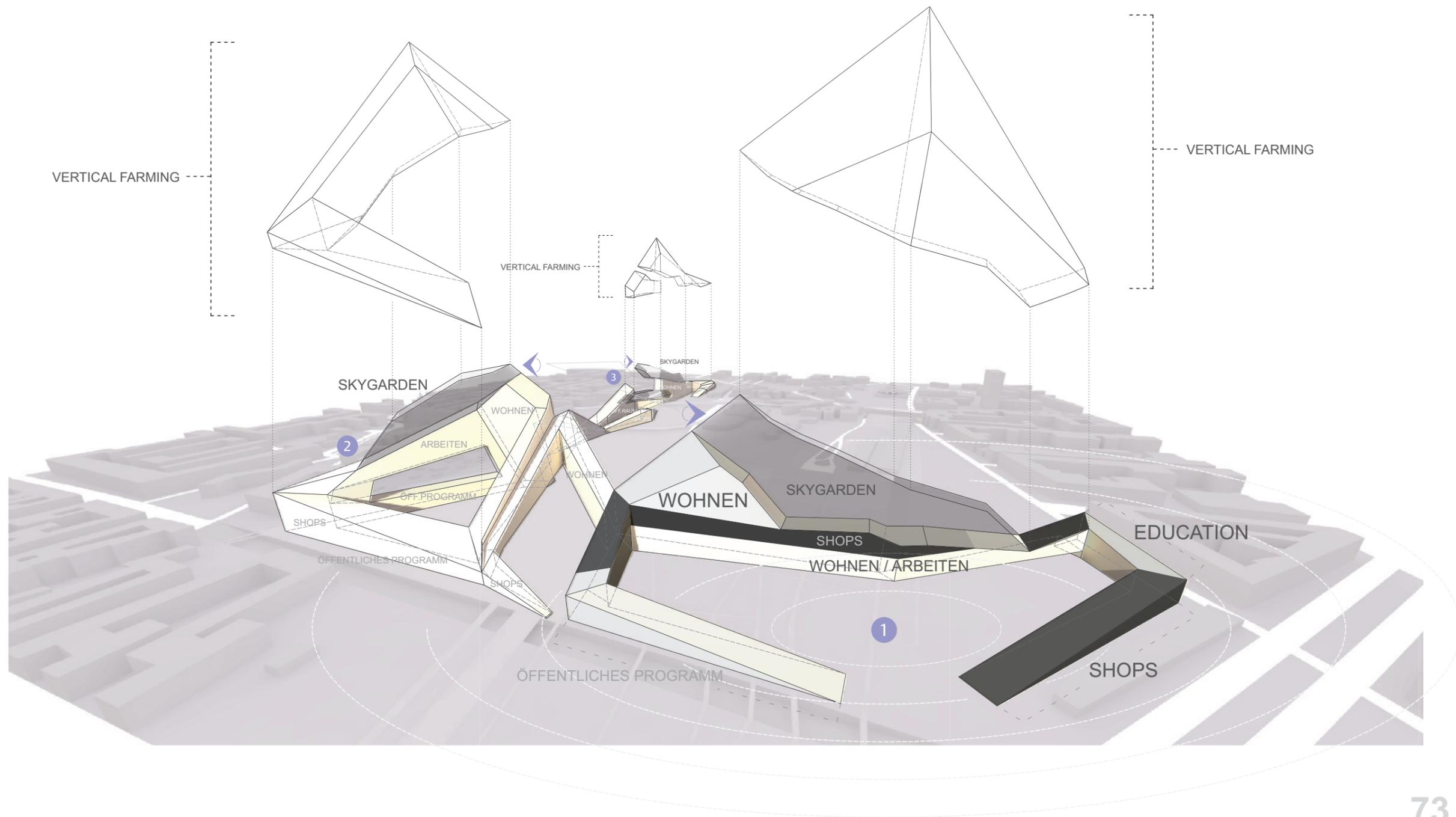






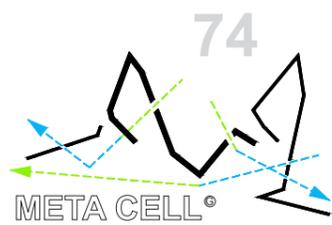
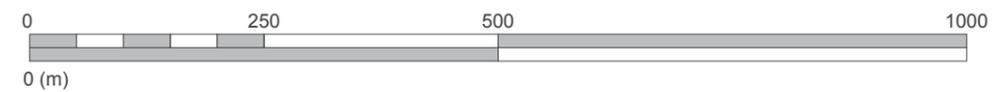
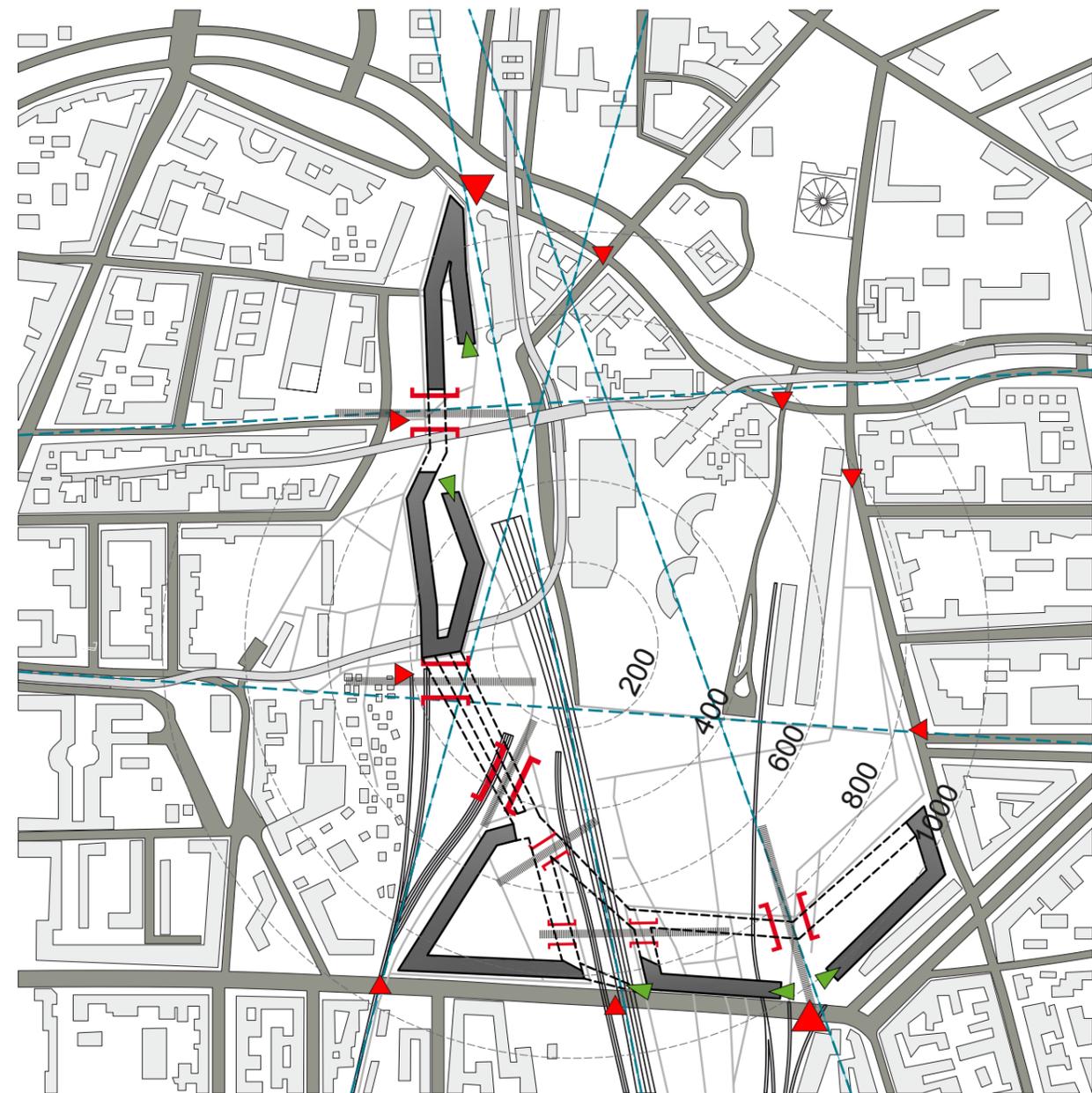
PROGRAMM



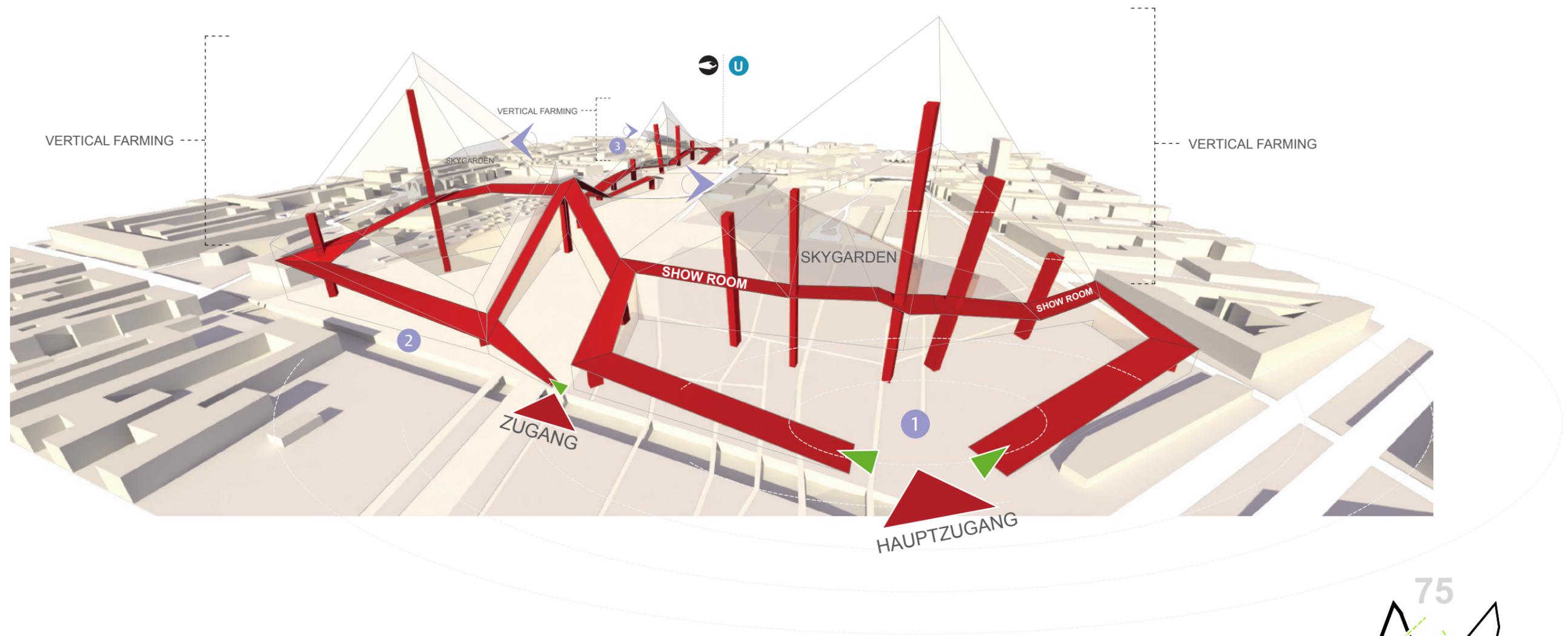


Lageplan 2

-  Haupt und Nebenzugänge
-  Zugänge öffentlicher Raum METACELL
-  Sichtachsen
-  Durchwegung öffentlicher Raum Bestandsflächen

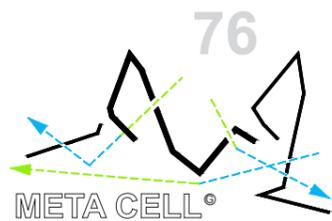


ERSCHLIESSUNG



Vertical Farming Show Room

Als Teil der Durchwegung des durch die METACELL neu geschaffenen öffentlichen Raumes definiert der Vertical Farming Show Room eine visuelle Schnittstelle zwischen Mensch, Natur, Nahrung und Technik.
Man sieht sozusagen sein Abendessen auf dem Weg zur Arbeit oder beim Joggen.



SHOW ROOM



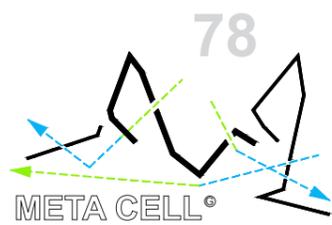


DOM

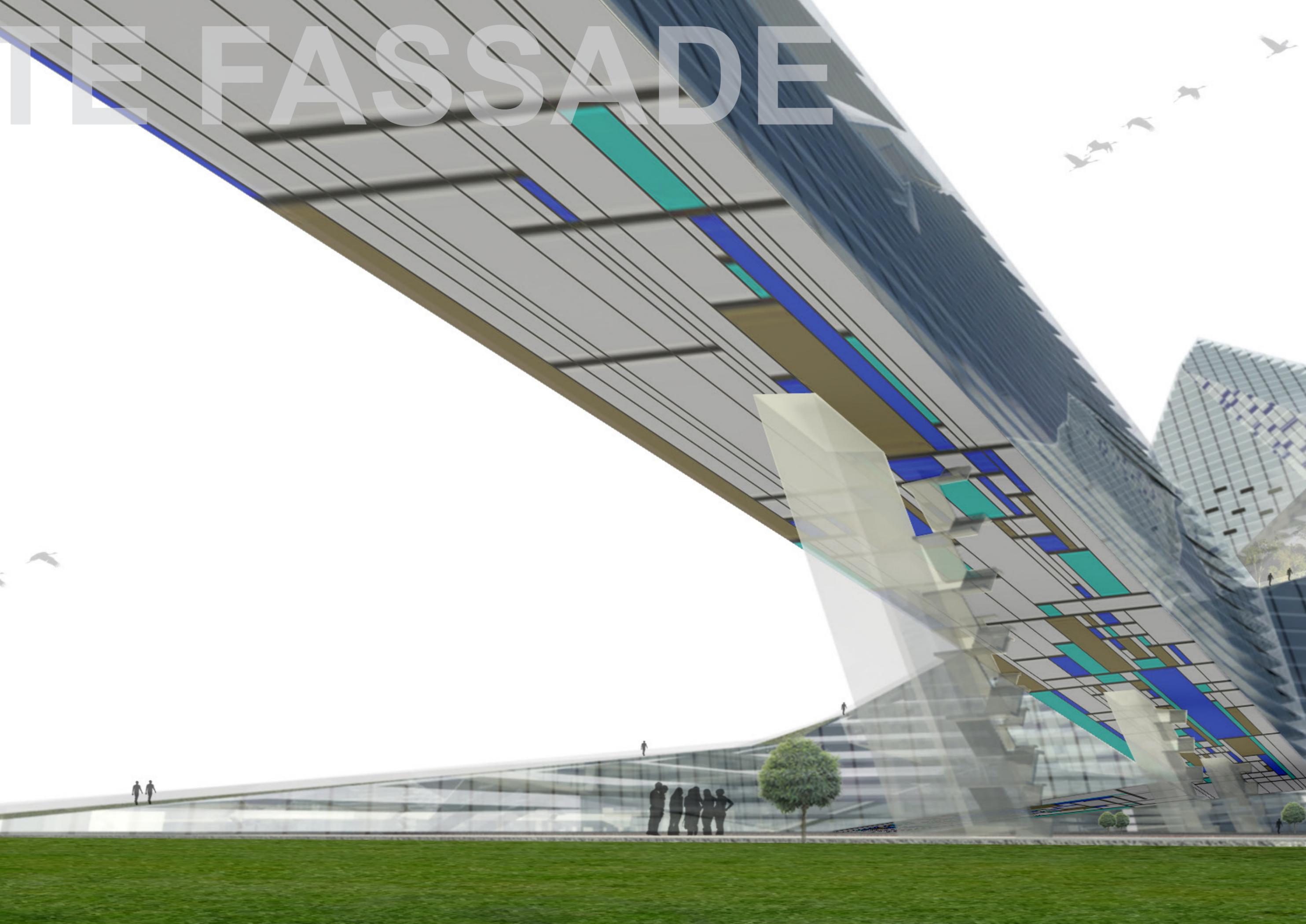
SECHS

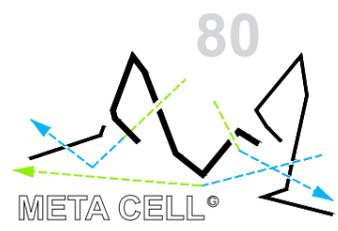
Aktivierung *sechste* Fassade

Durch die Öffnung der Gebäudestrukturen für die Durchwegung entstehen große Flächen mit Deckenunteransichten. Diese sollen Künstlern als Leinwand dienen und so den öffentlichen Raum aufwerten.

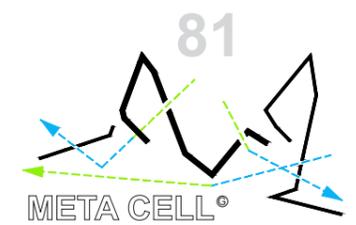
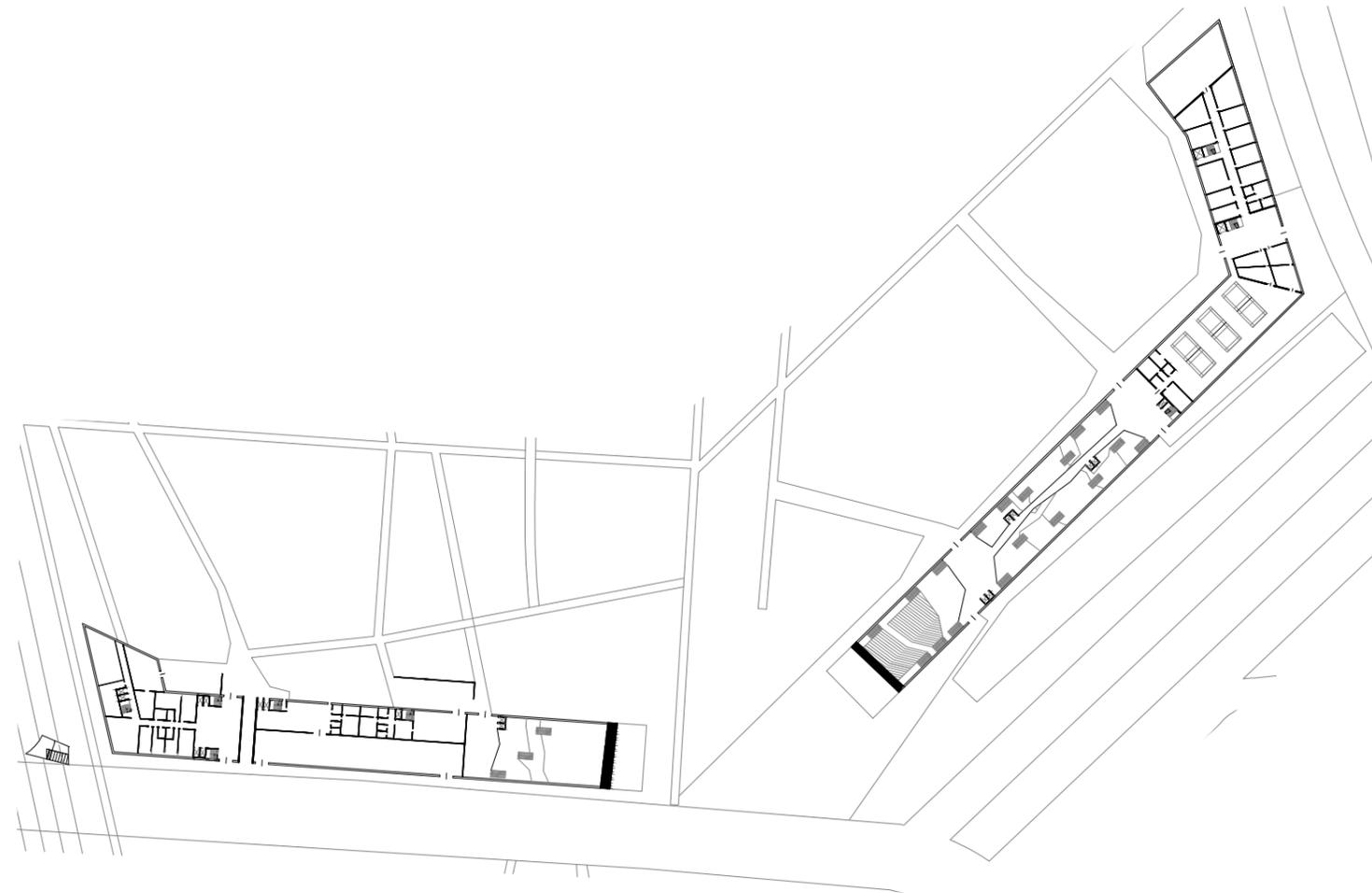


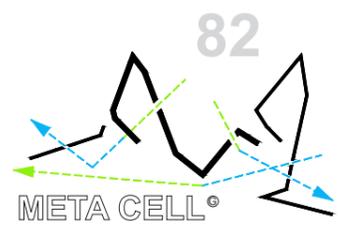
TE FASSADE



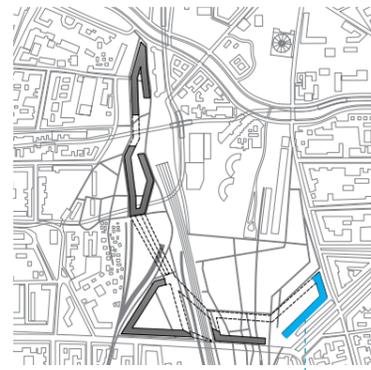


Gebäude 1, Grundriss M 1:2000

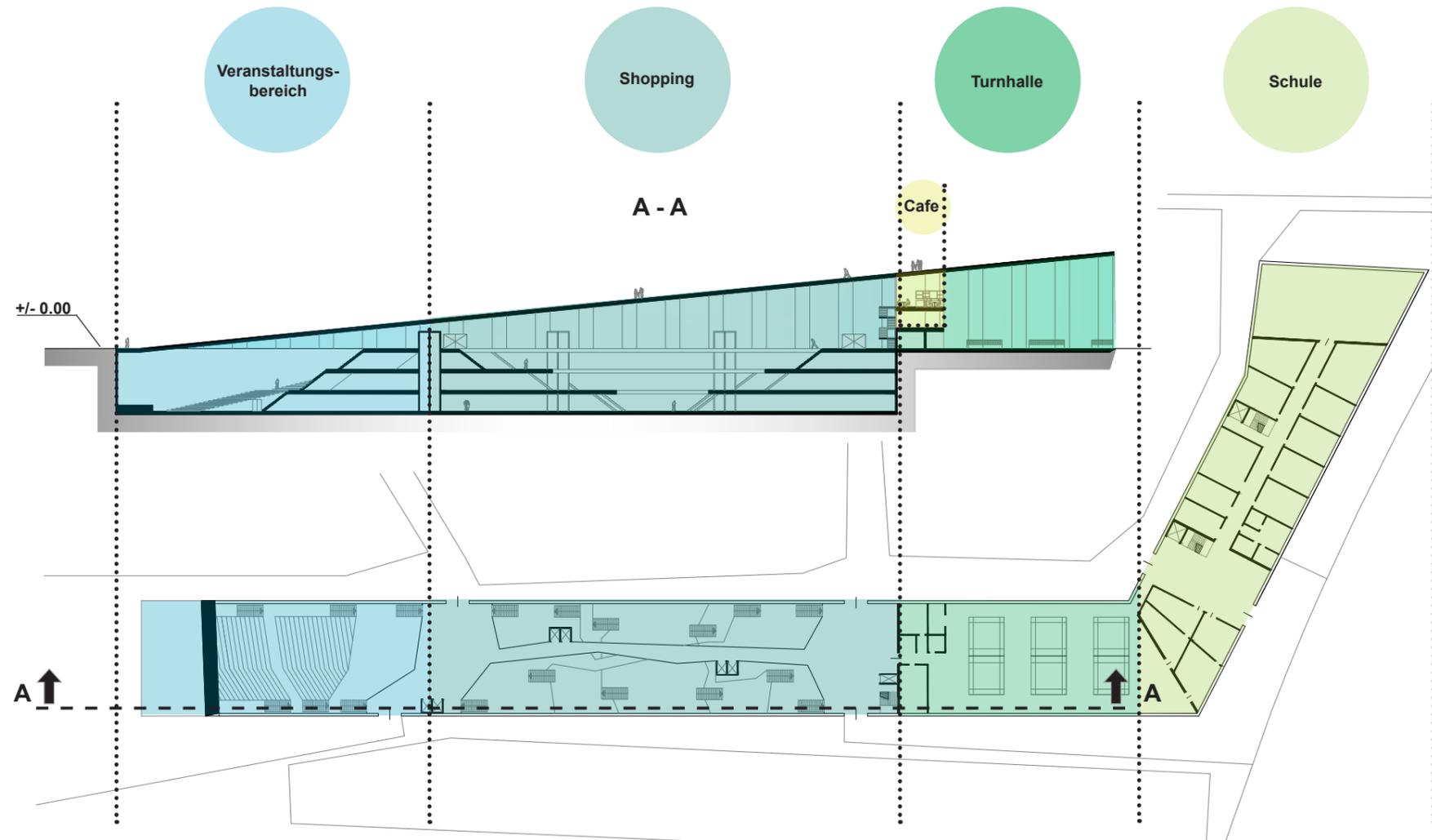


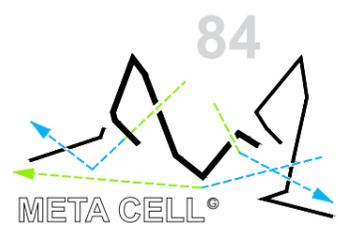


Gebäude 1, Bereich Süd-Ost, Grundriss und Schnitt M 1:1000

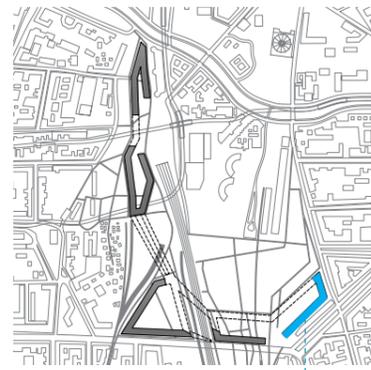


Gebäude 1
Süd-Ost

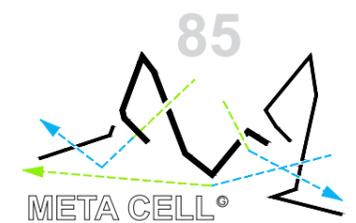
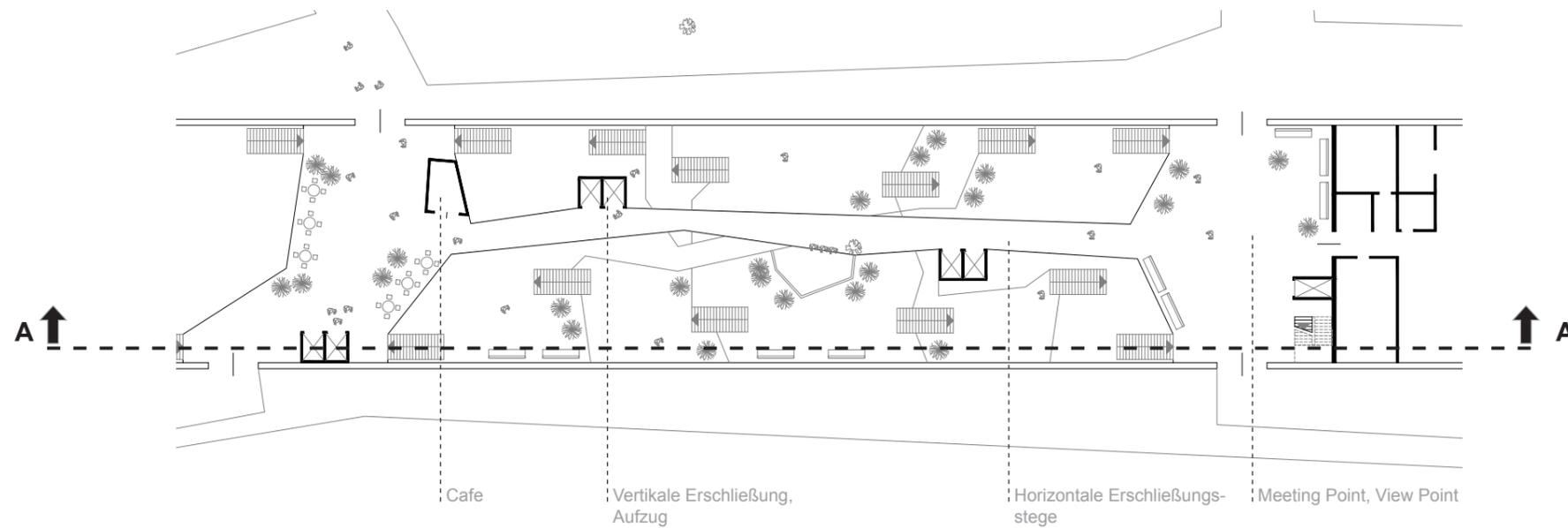
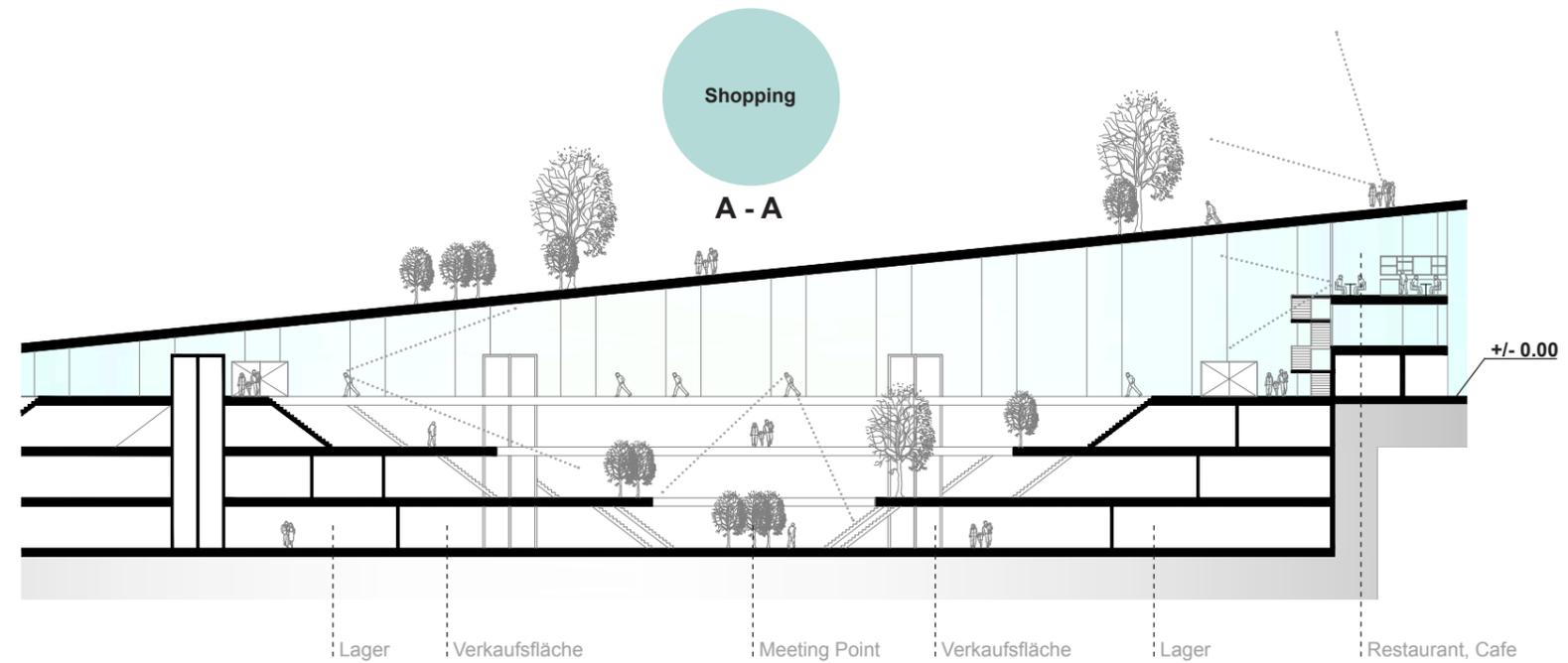


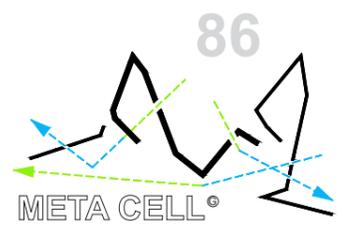


Gebäude 1, Ausschnitt Bereich Süd- Ost, Grundriss und Schnitt M 1:500

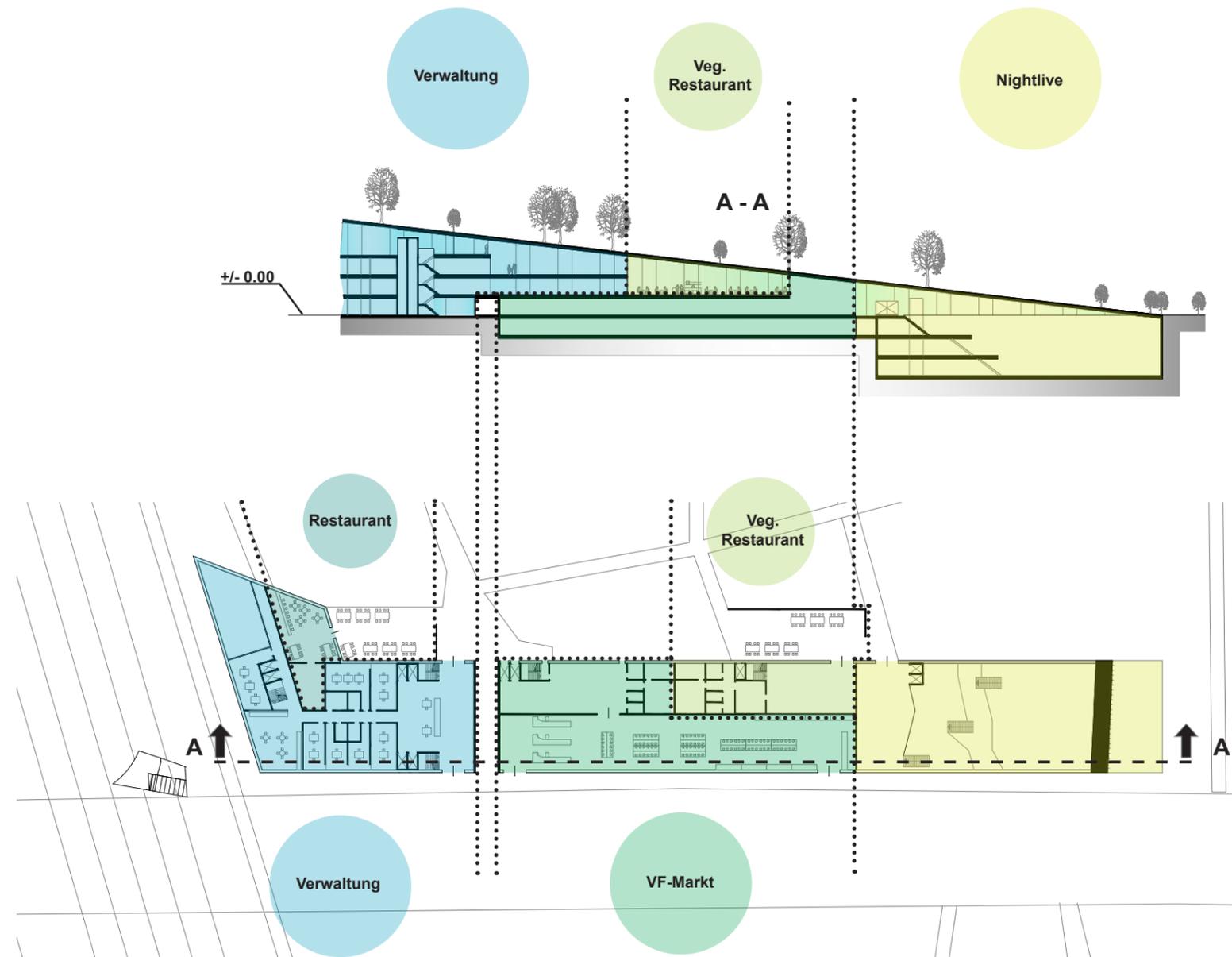
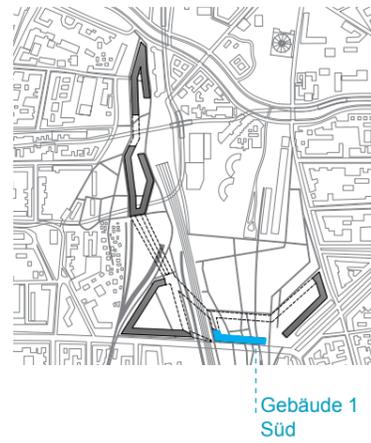


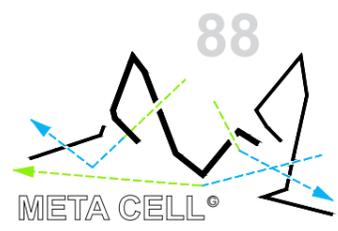
Gebäude 1
Süd-Ost



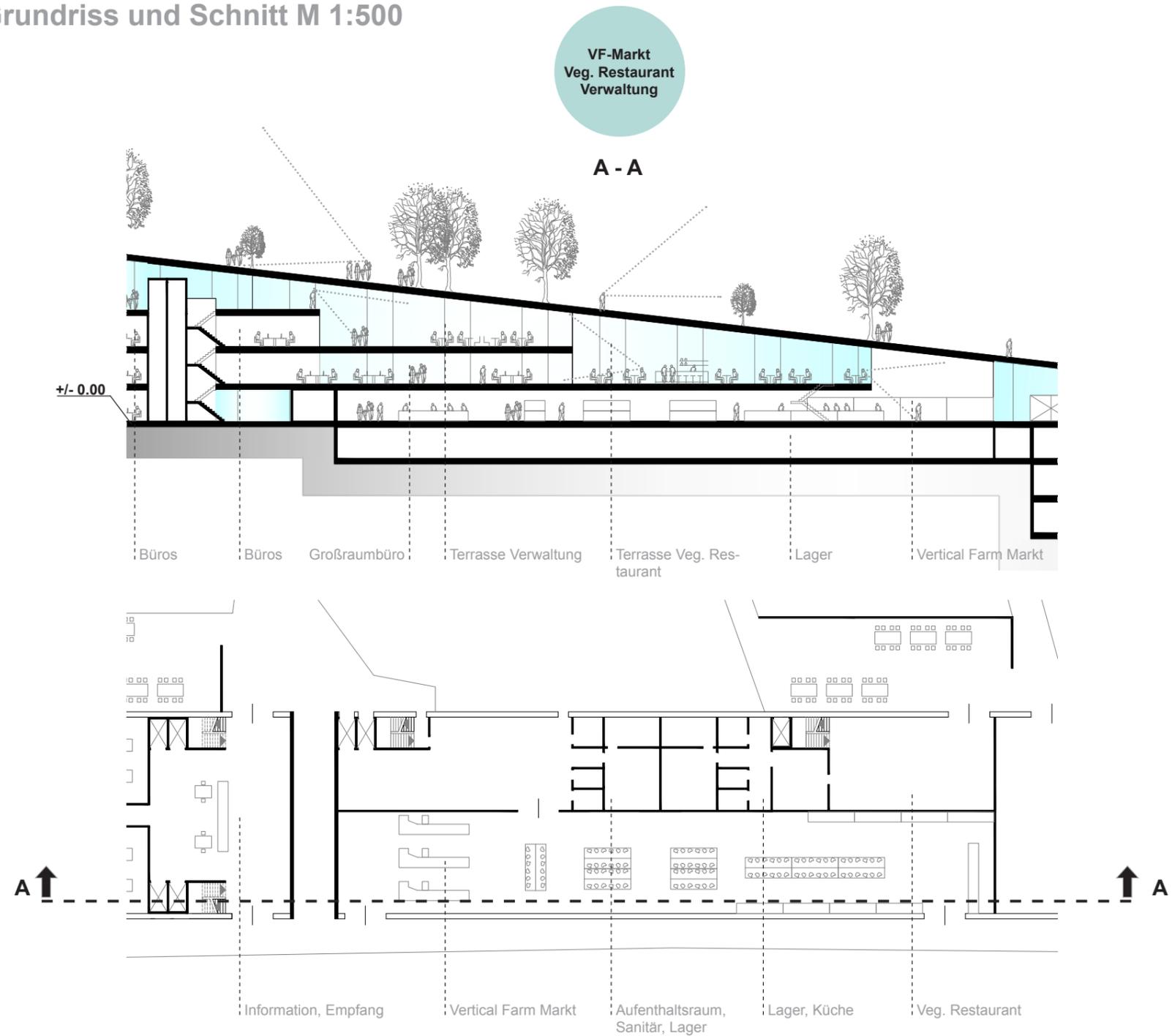
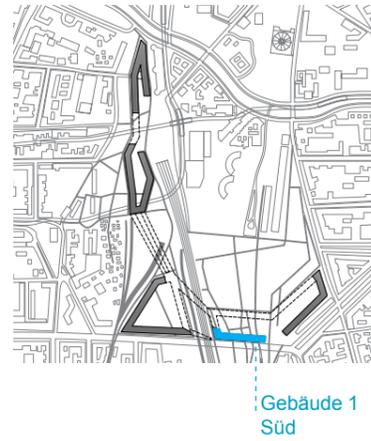


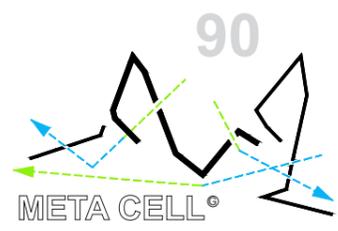
Gebäude 1, Süd Grundriss und Schnitt M 1:1000



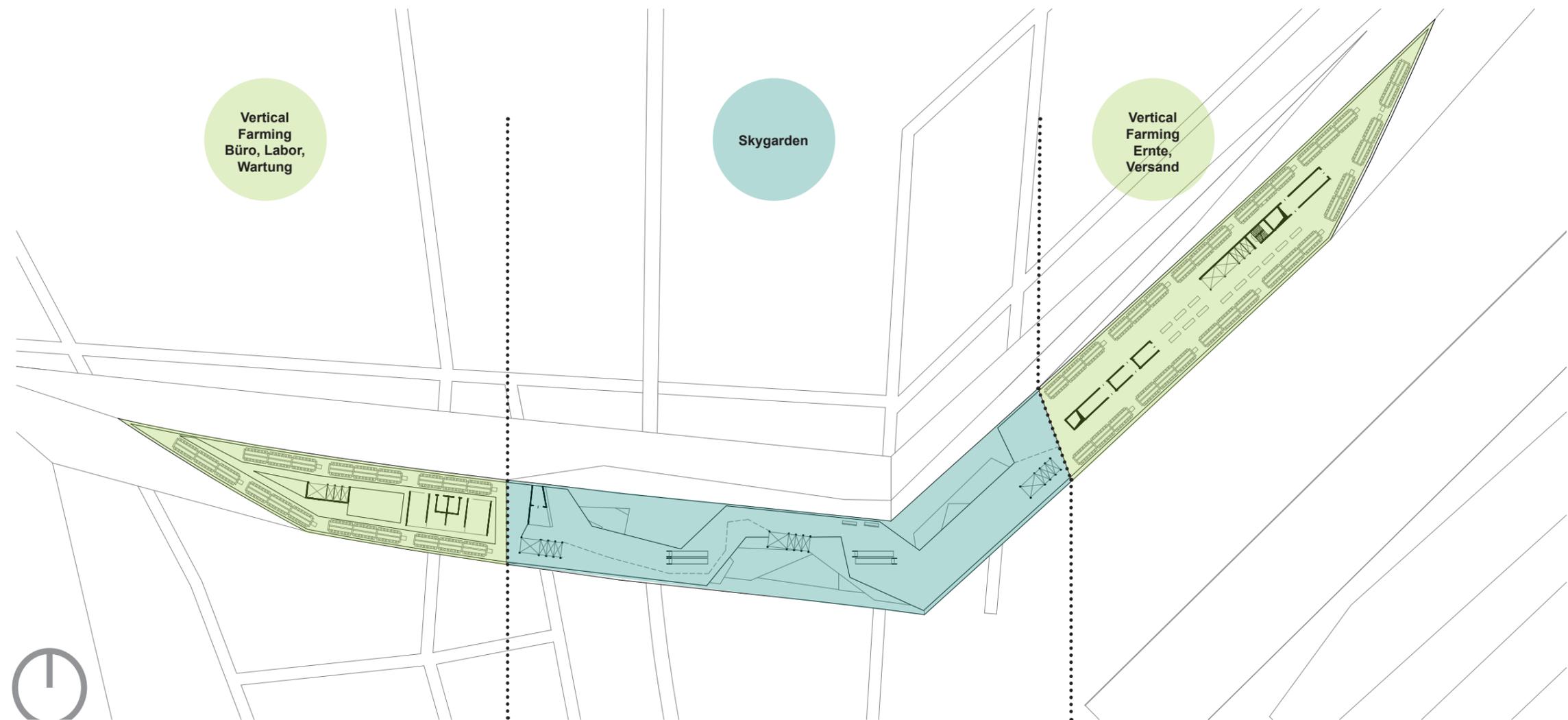
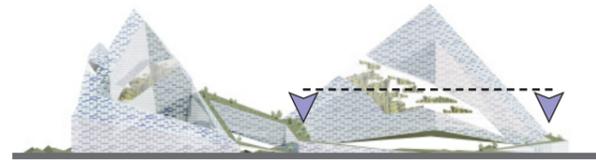


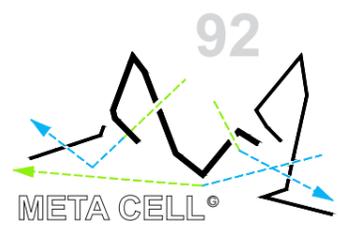
Gebäude 1, Ausschnitt Süd, Grundriss und Schnitt M 1:500



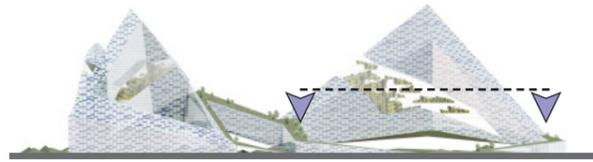


Grundriss Gebäude 1, M1:1000

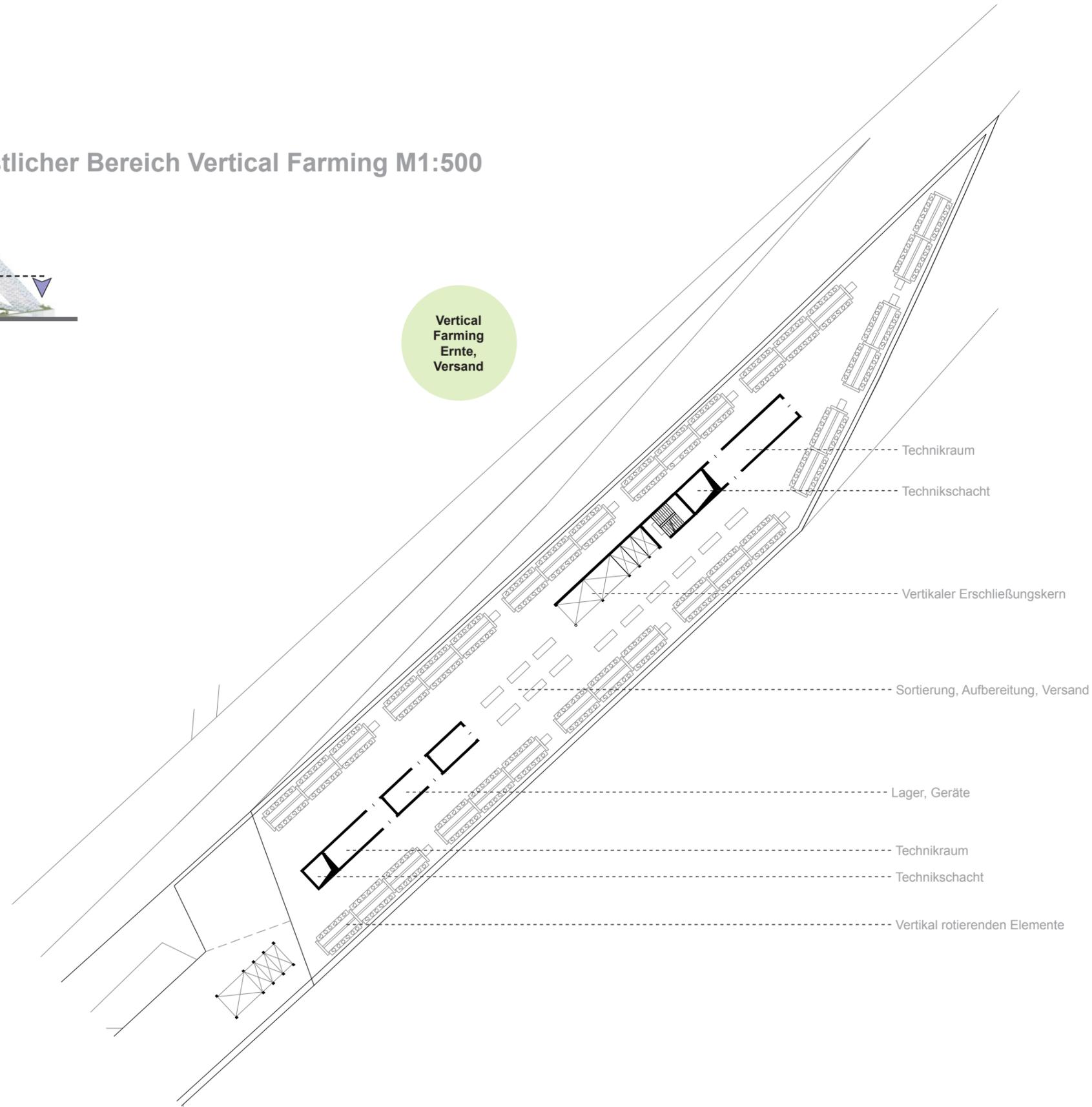


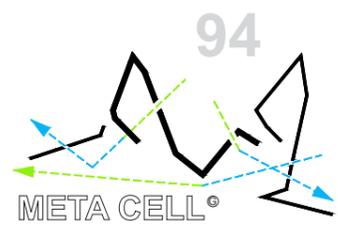


Grundriss Gebäude 1, östlicher Bereich Vertical Farming M1:500

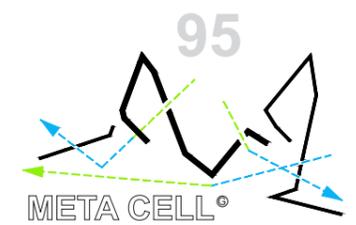
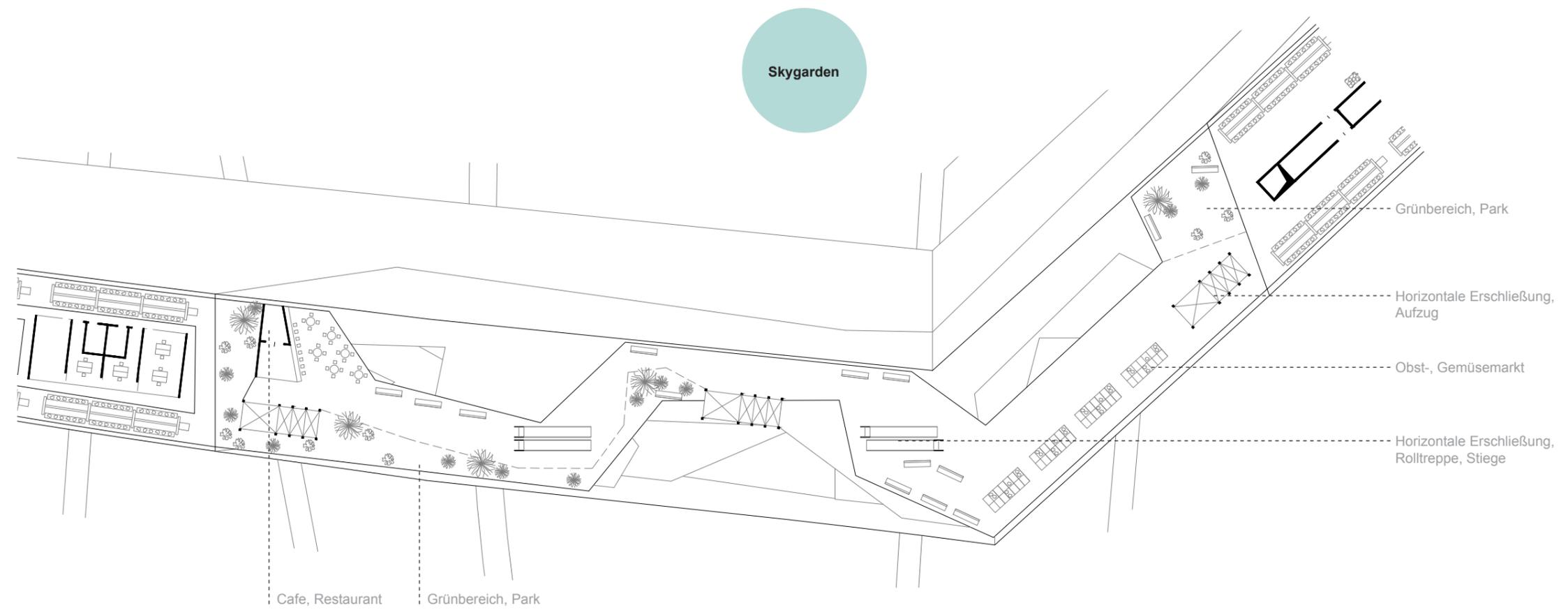
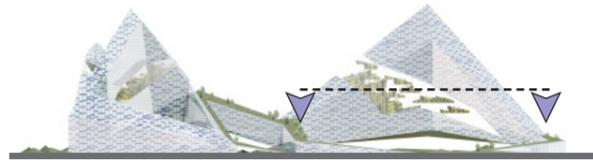


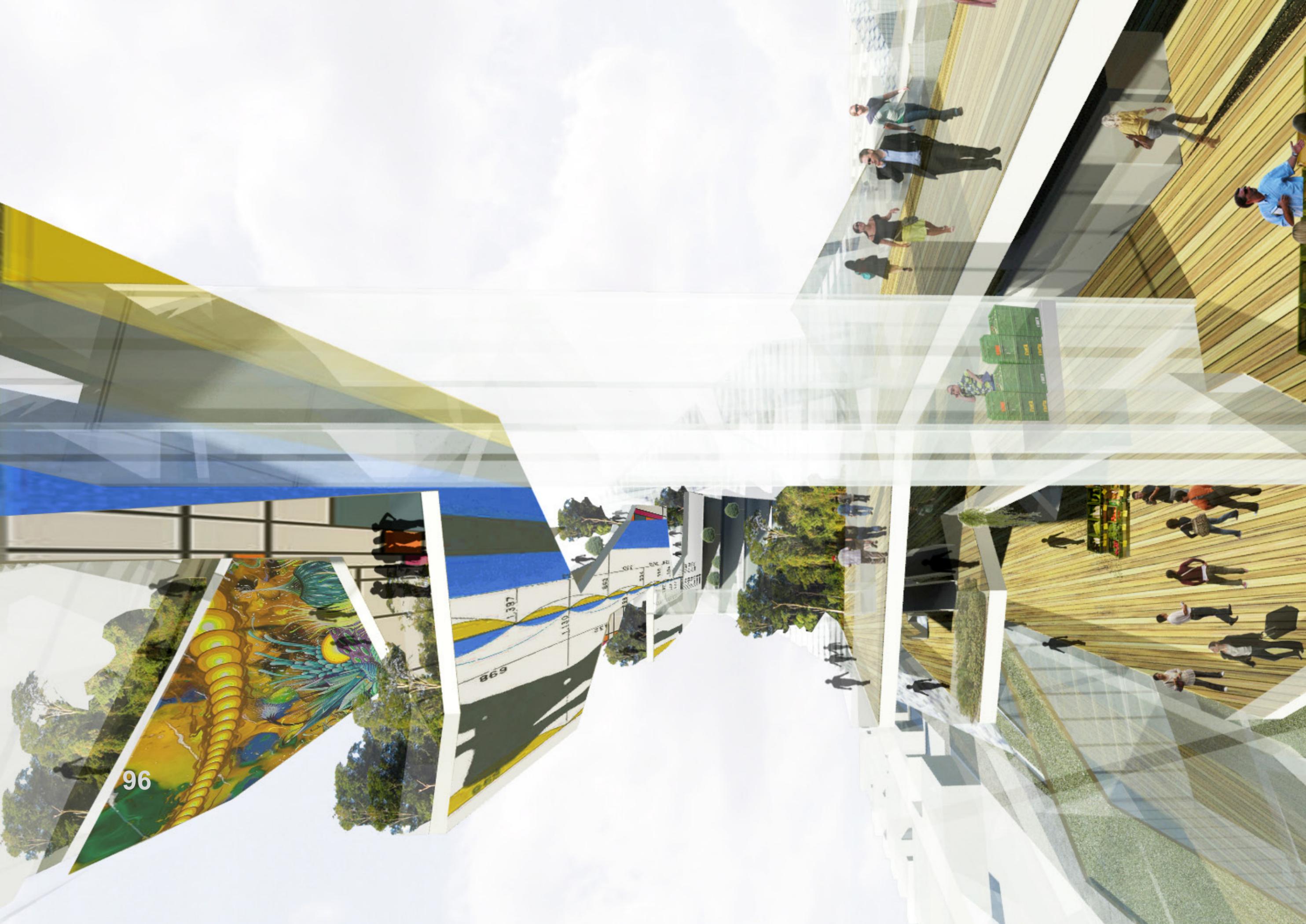
Vertical Farming
Ernte,
Versand





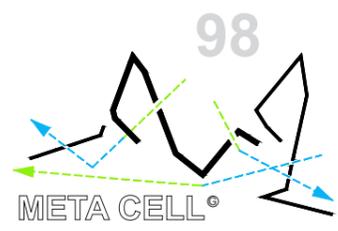
Grundriss Gebäude 1, mittlerer Bereich Skygarden M1:500



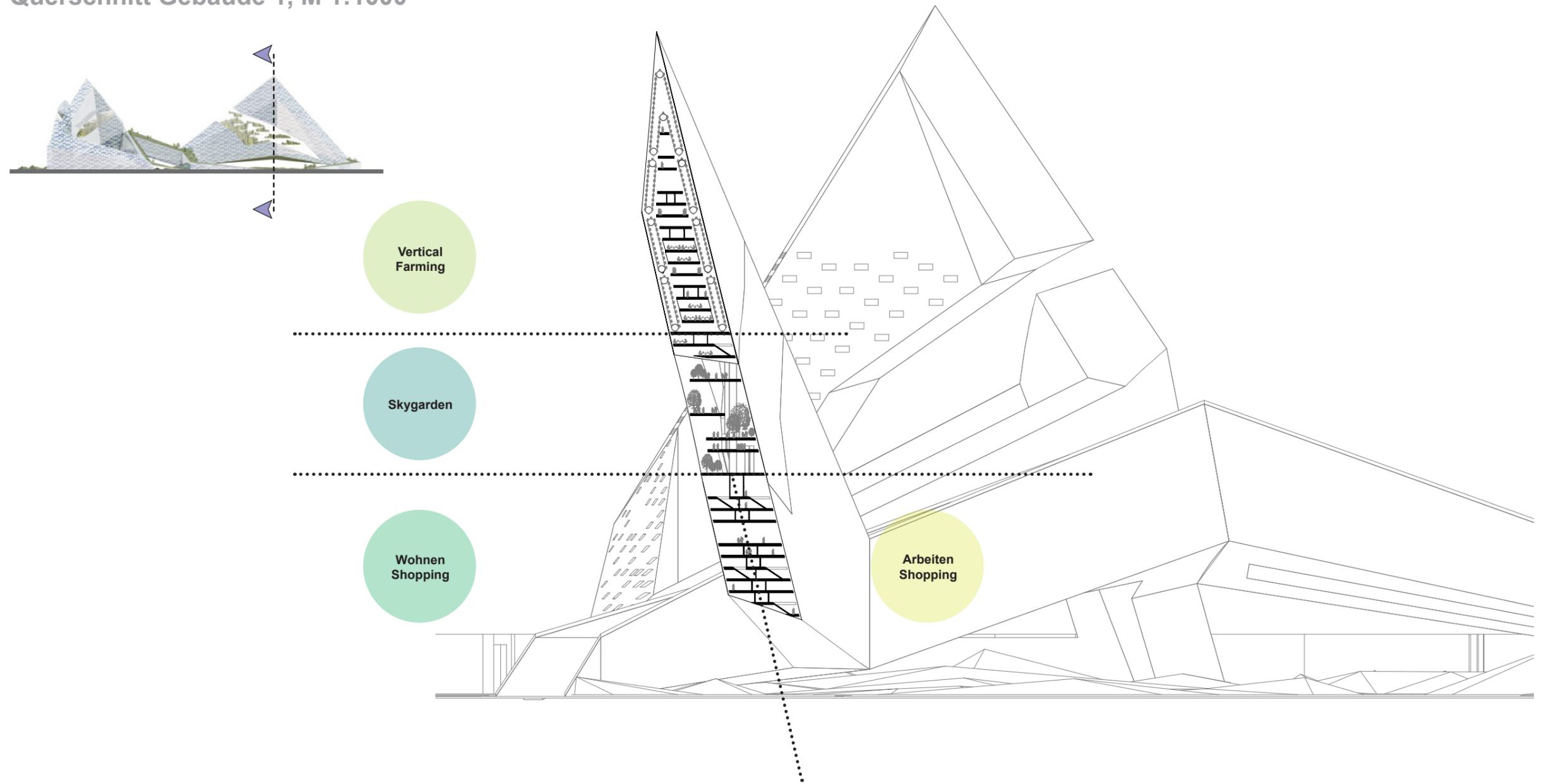




SKYGGARDEEN



Querschnitt Gebäude 1, M 1:1000

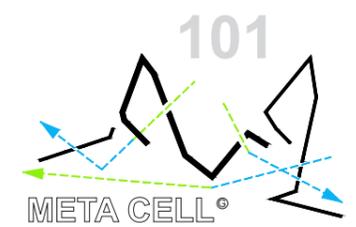


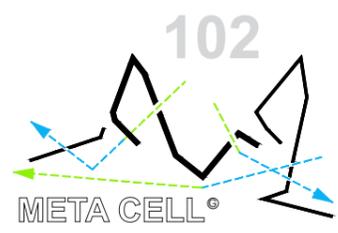


TATA

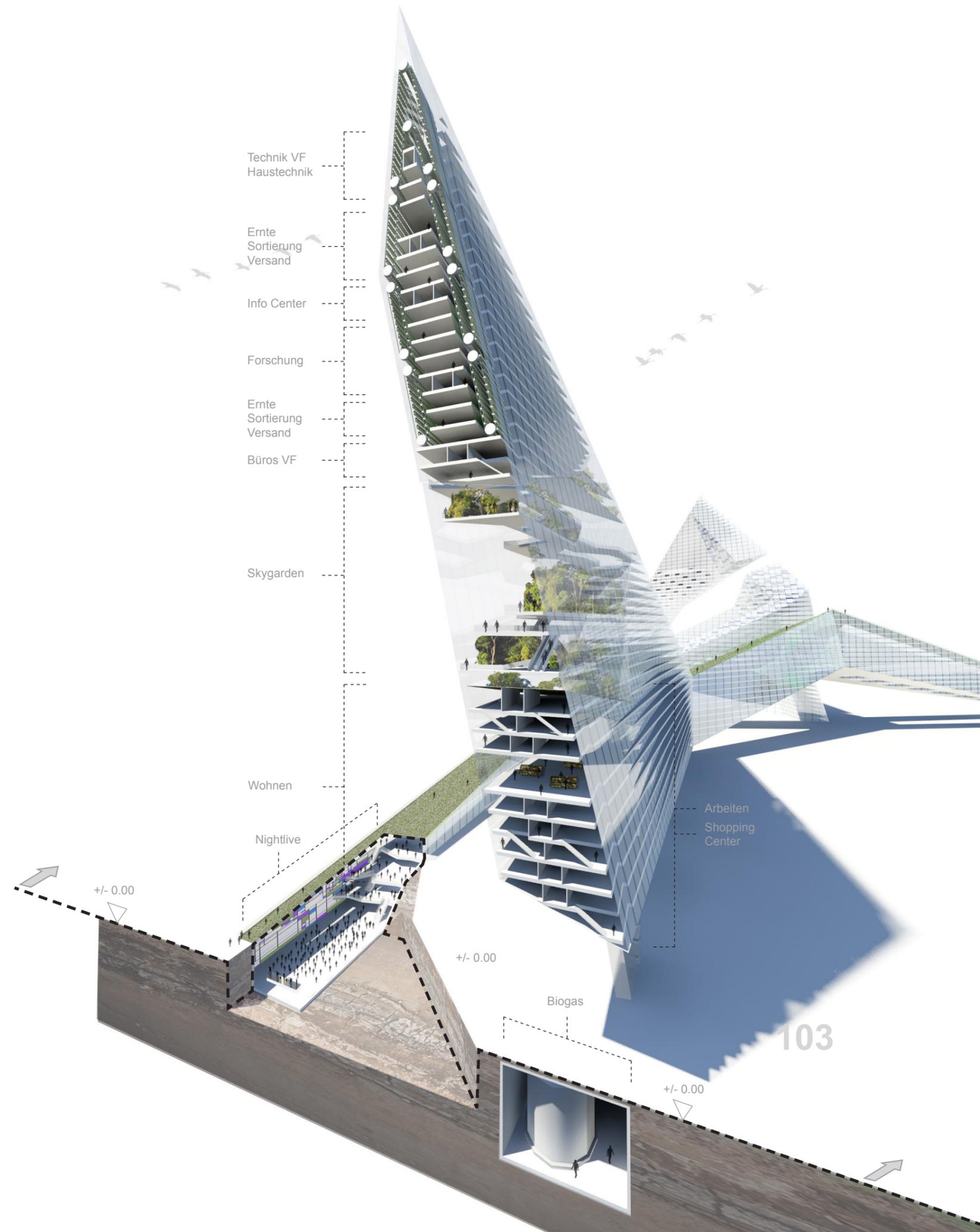
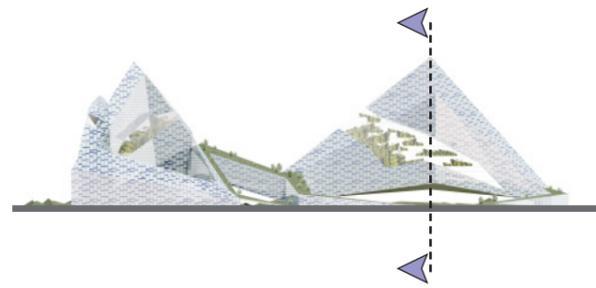
100

MACELL





Querschnitt Gebäude 1, dreidimensional



VERTICAL FARMING

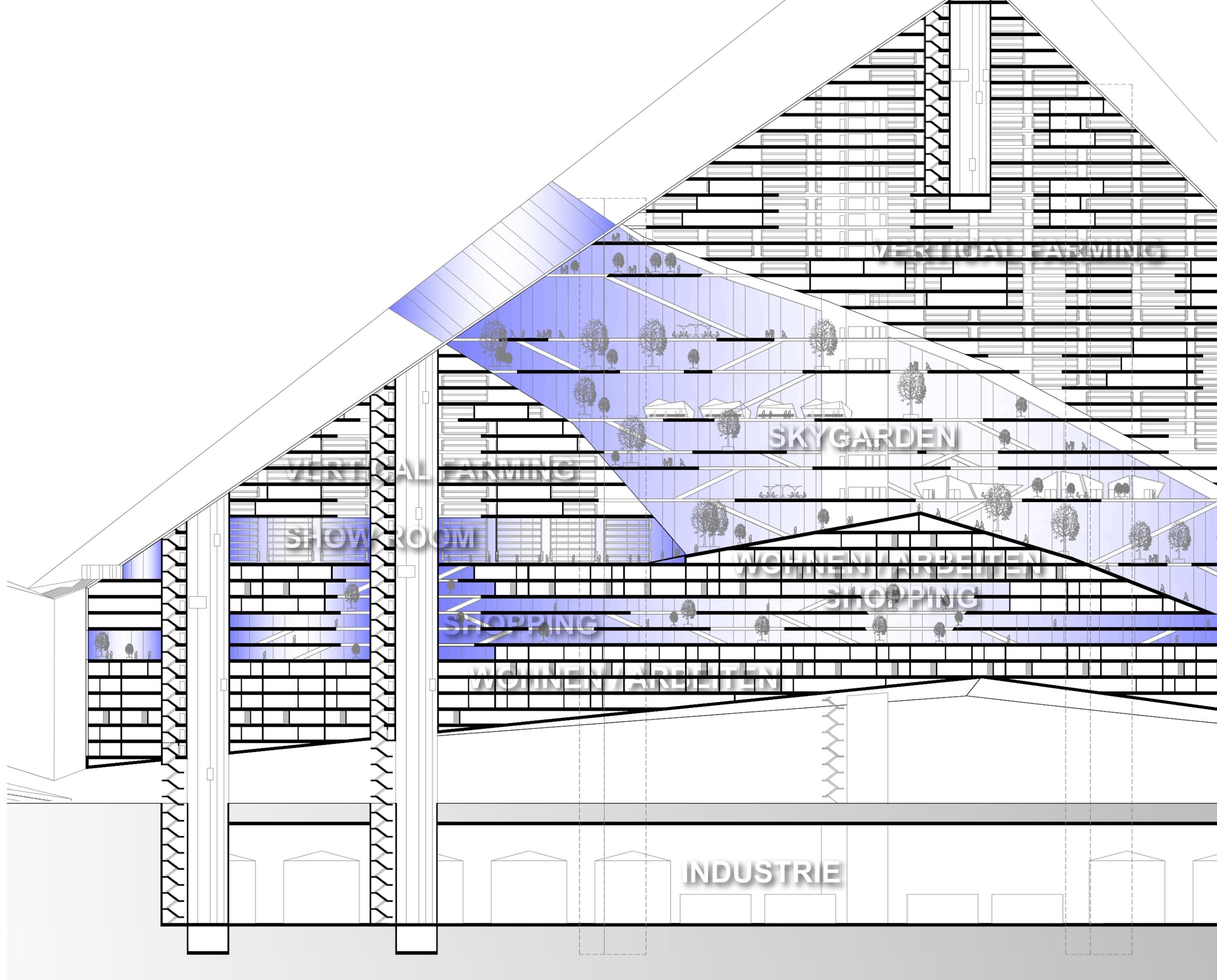
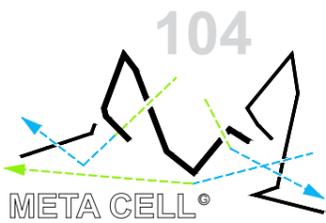
SKYGARDEN
VERTICAL FARMING

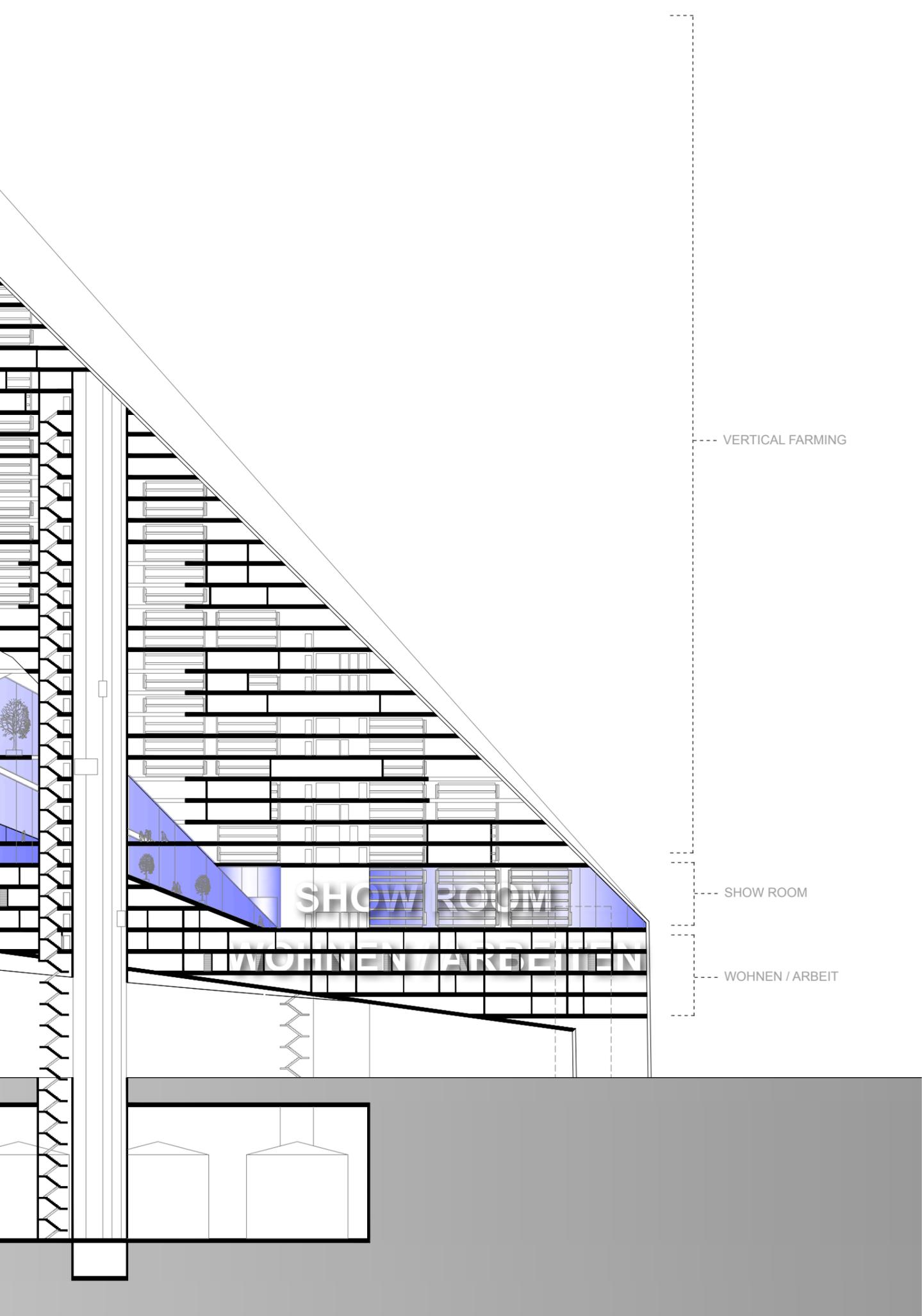
SHOW ROOM

ARBEITEN / WOHNEN

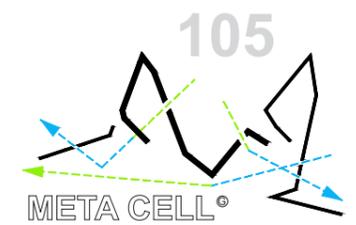
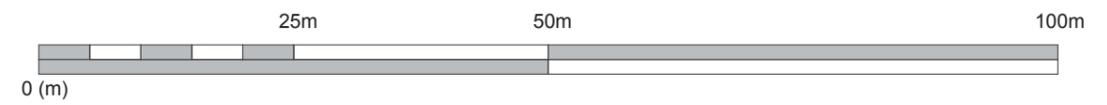
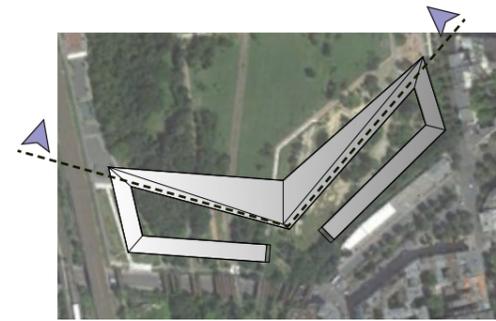
SHOPPING

ARBEITEN / WOHNEN

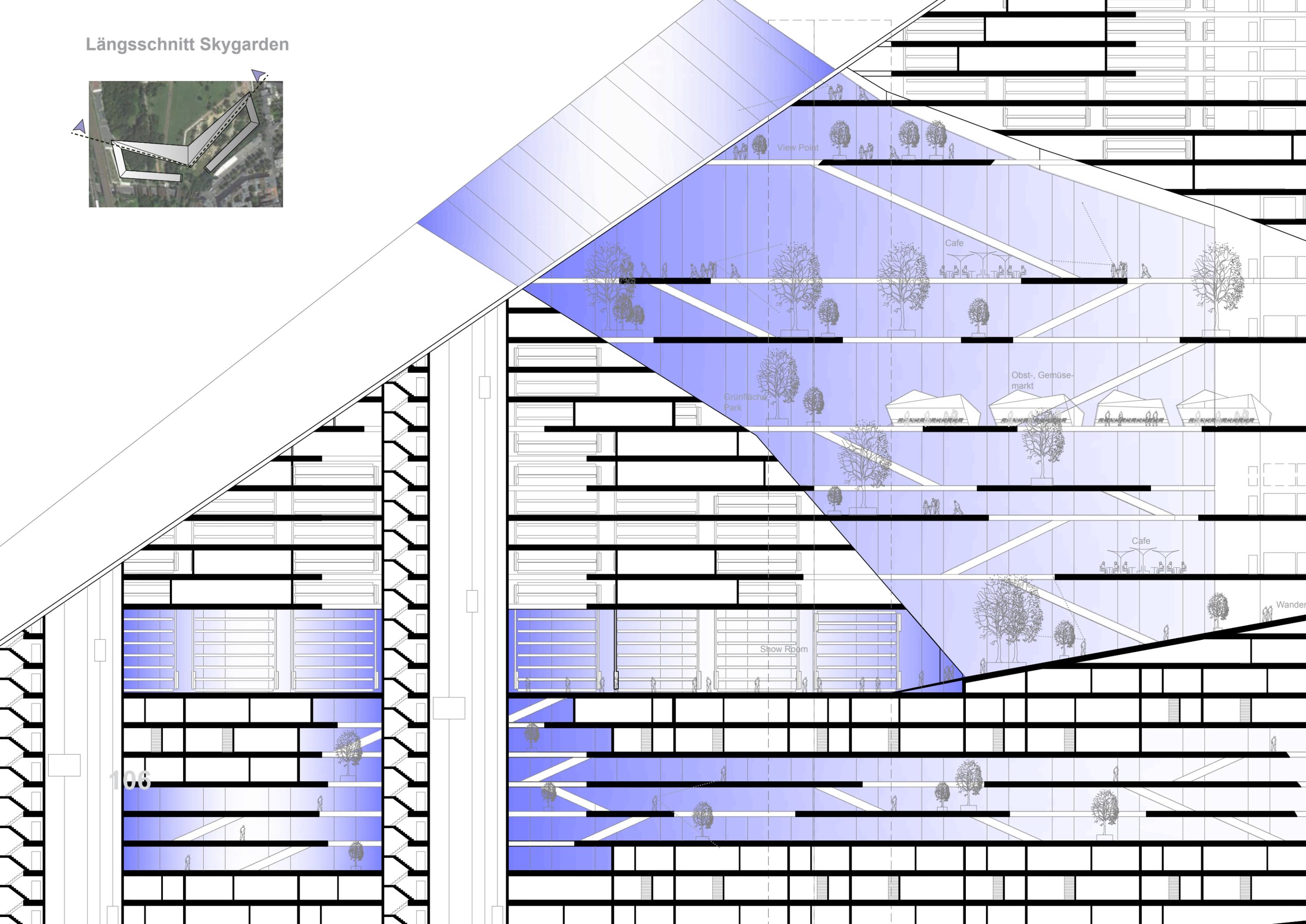
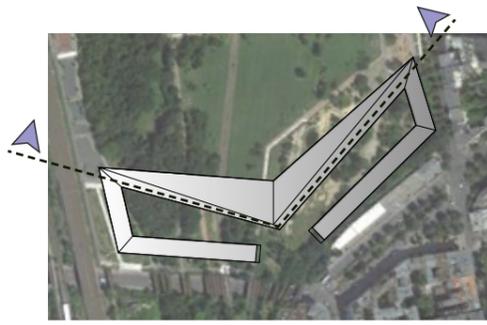




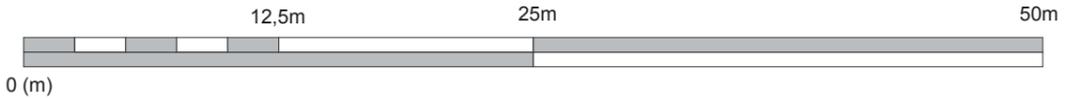
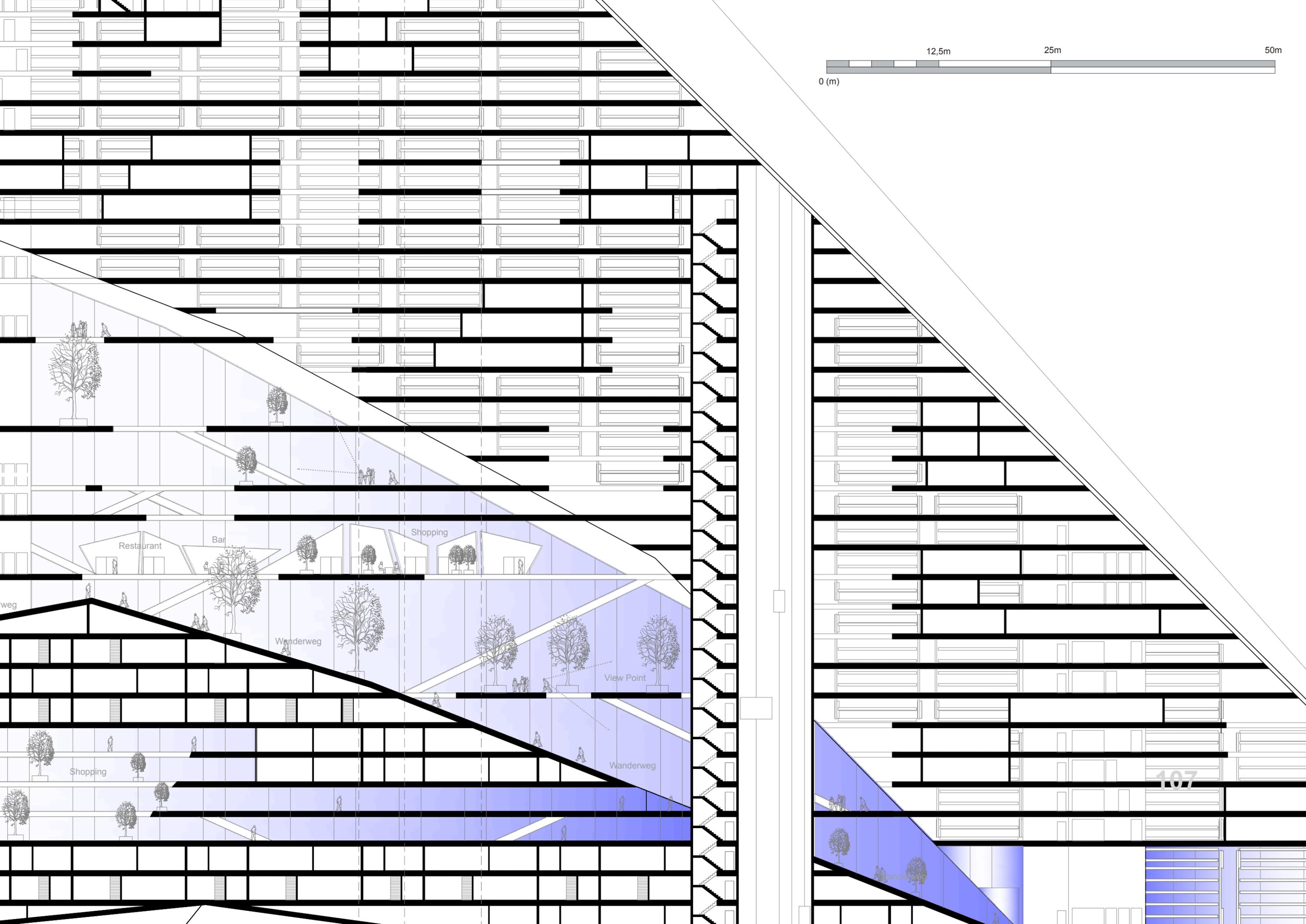
Längsschnitt Gebäude 1



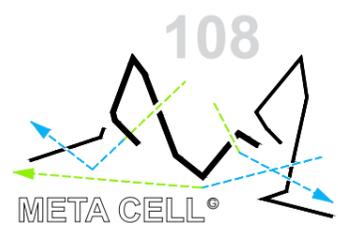
Längsschnitt Skygarden



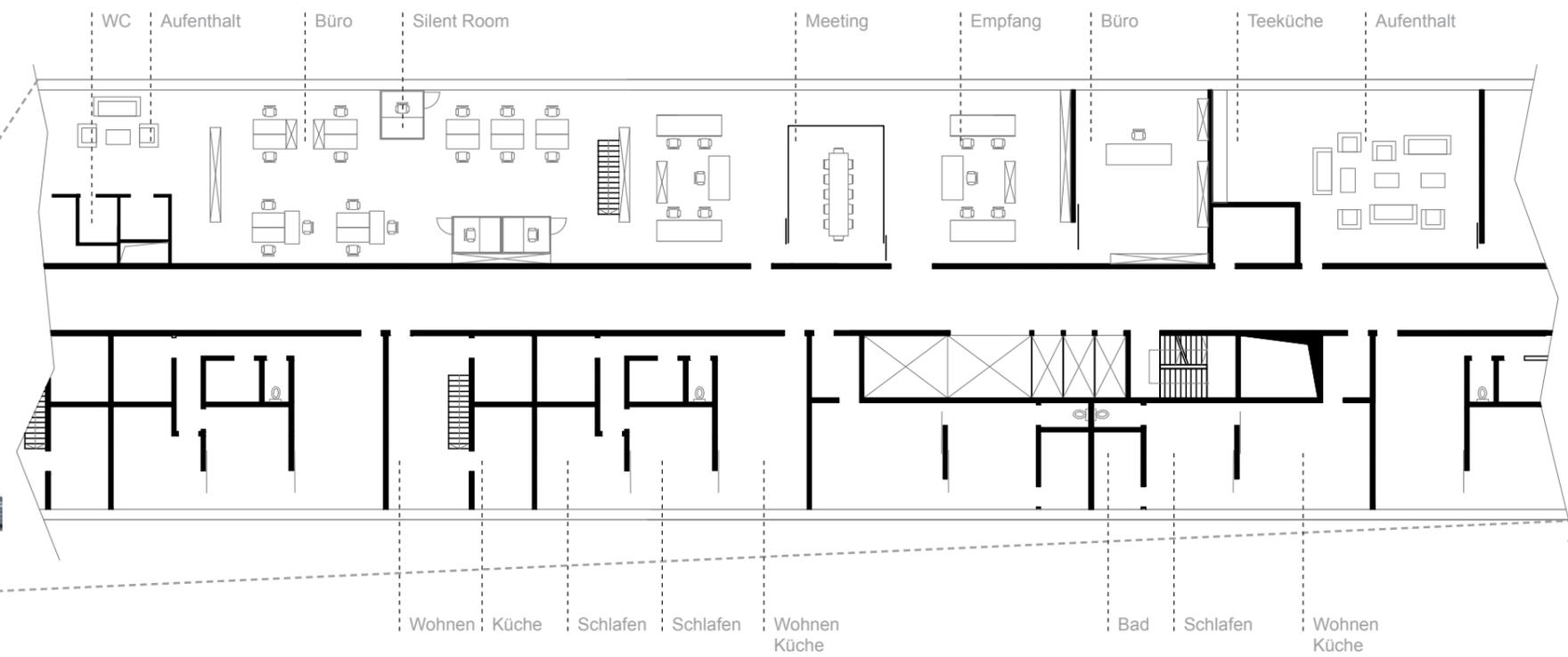
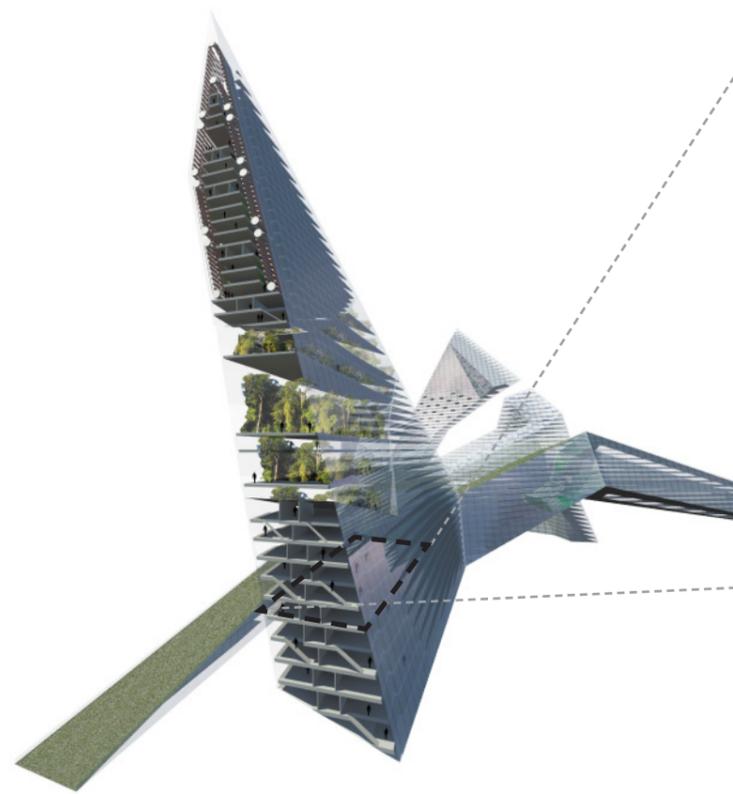
106



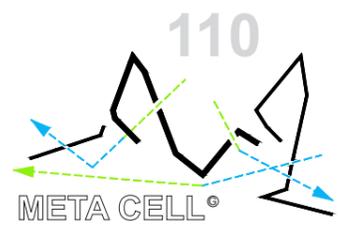
107

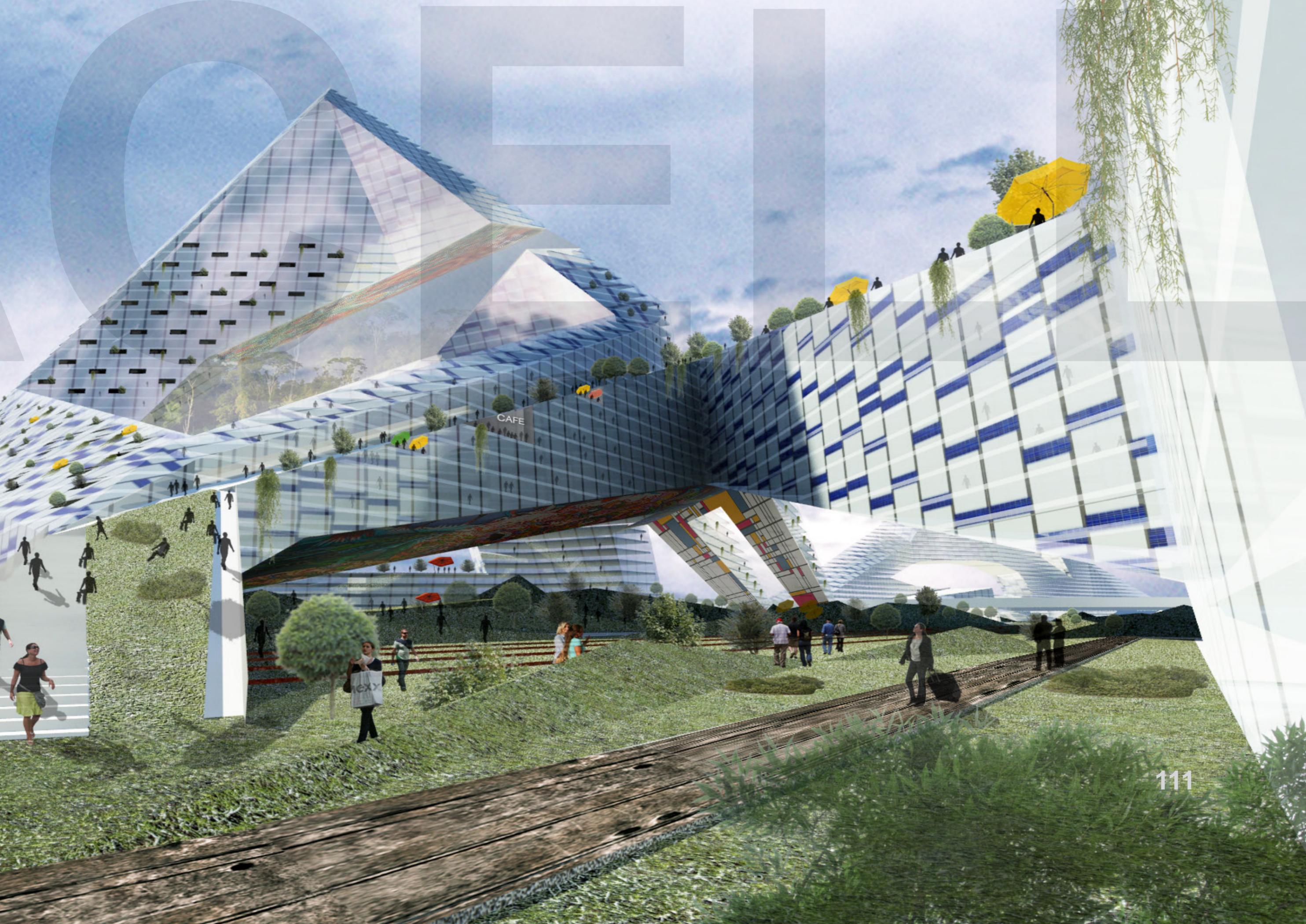


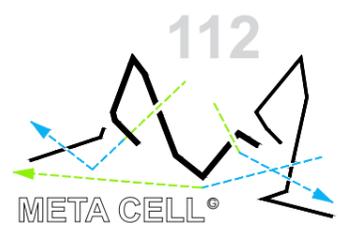
Grundriss Wohnen/Arbeiten M 1:300



META

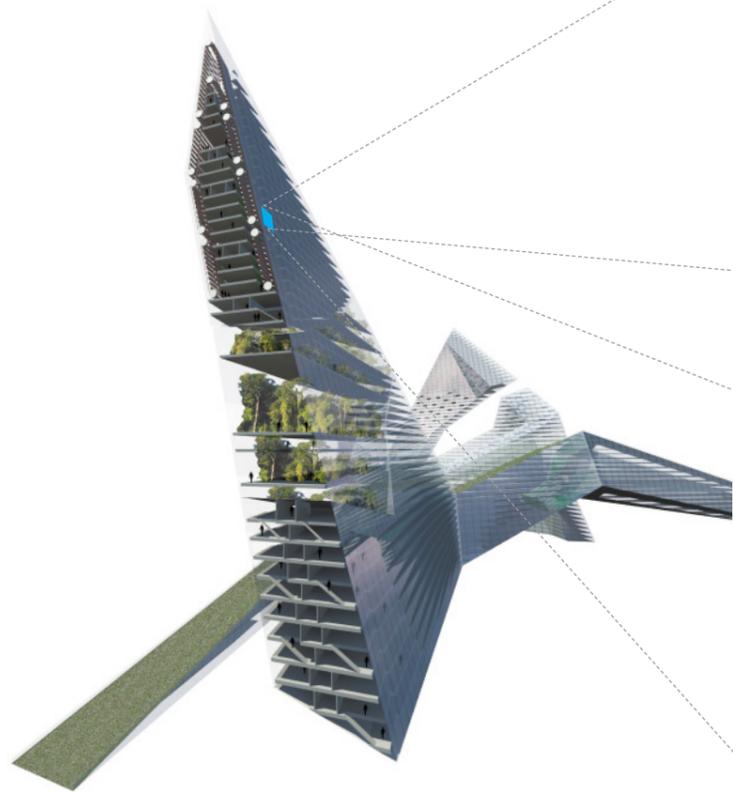




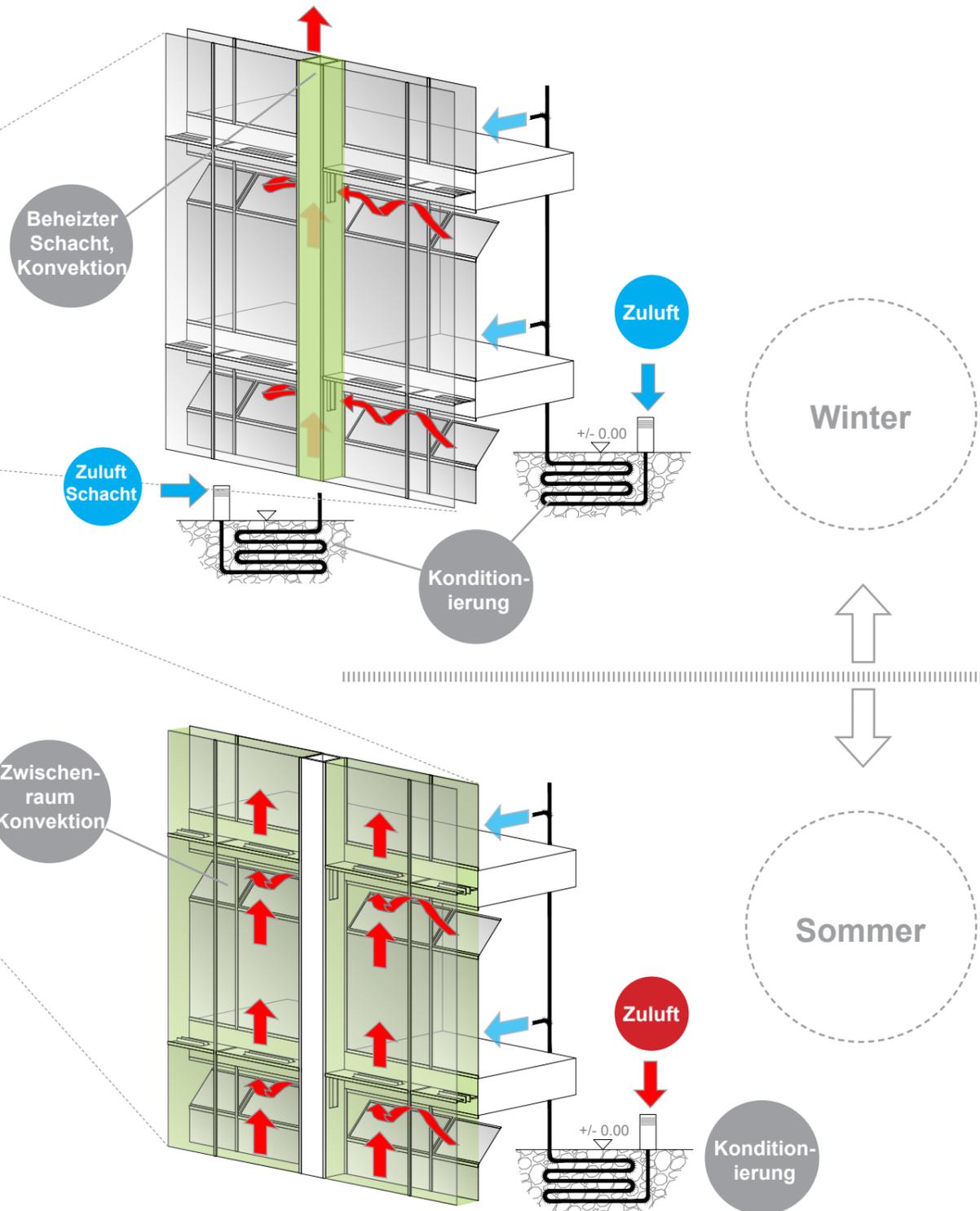


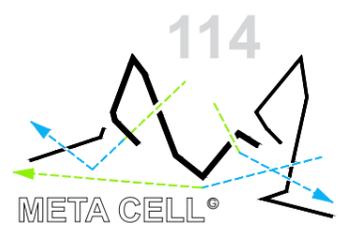
Konzept Natürliche Lüftung

In der Winter- und Übergangszeit wird der Schacht beheizt um eine thermische Konvektion zu erzeugen. Die Abluft Klappen des Schachtes sind geöffnet und die konditionierte Raumluft wird über diese abgeführt



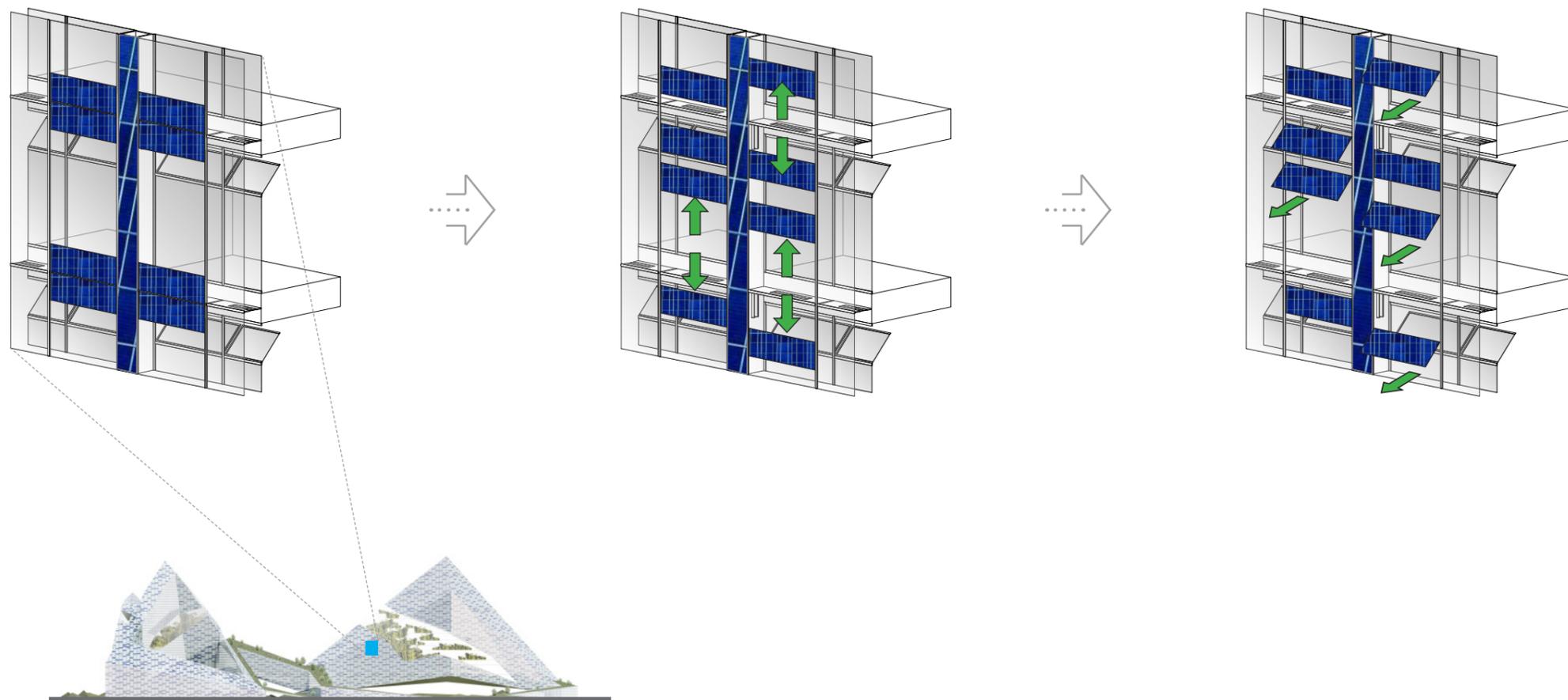
In der Sommerzeit entsteht durch die erhöhte Strahlung ein natürlicher Auftrieb in dem Zwischenraum der Doppelglasfassade. Die konditionierte Raumluft wird über diesen Zwischenraum nach oben hin abgeführt.





Konzept Beschattung, Photovoltaic- und Solarthermiepaneele

Die vertikale Position der Paneele sowie deren Neigungswinkel wird automatisch angepasst oder kann manuell angepasst werden. Bei der manuellen Einstellung kann jeder Bewohner selbst den Grad der Verschattung und den Grad an effizienter Energieerzeugung bestimmen. Je nach erzeugter Energie wird der jährliche Mietzins angepasst. Bewohner welche mehr Energie erzeugen werden sozusagen materiell entlohnt. Als positiver Nebeneffekt wird dadurch auch das Bewusstsein in Bezug auf den haushaltsinternen Energieverbrauch geschärft. Dies wird über die Jahre zu einer Reduktion des Gesamtenergiebedarfs der METACELL führen.



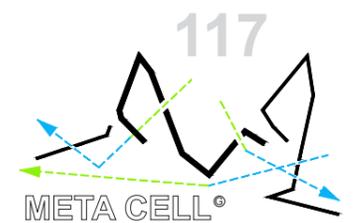


Berlin - Gleisdreieck

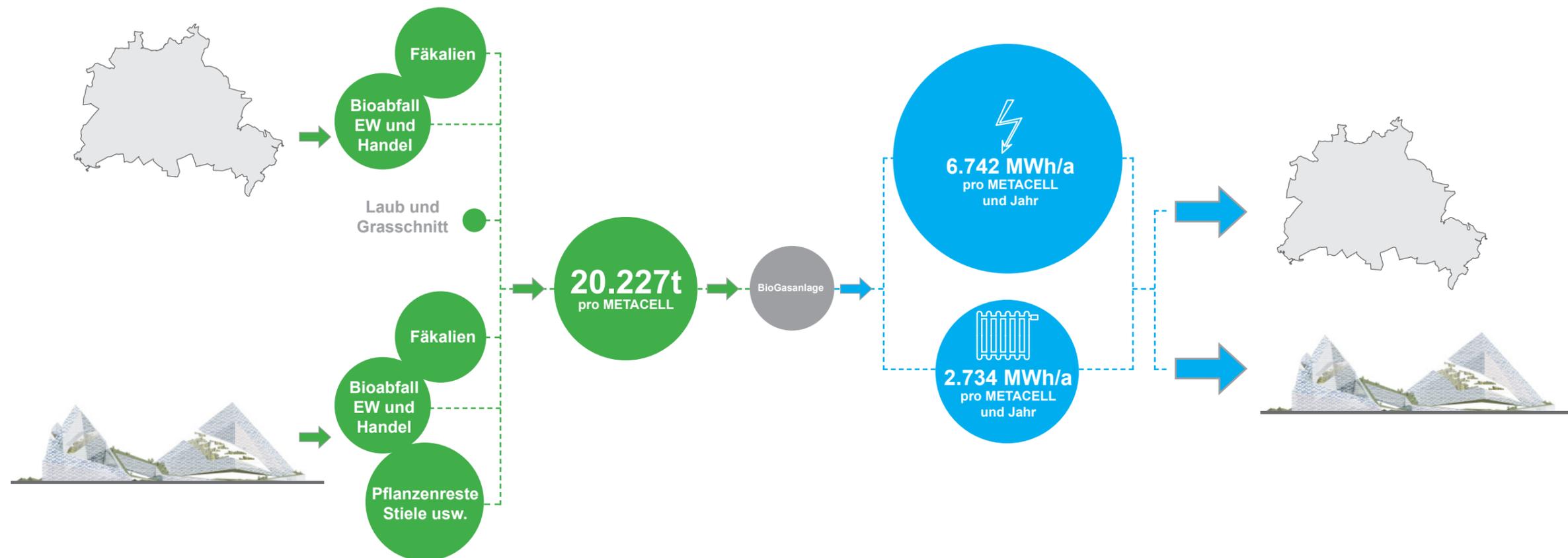
N 52° 29' 55

O 13° 22' 26

5. METACELL • Energieströme



Energiestrom Biogas

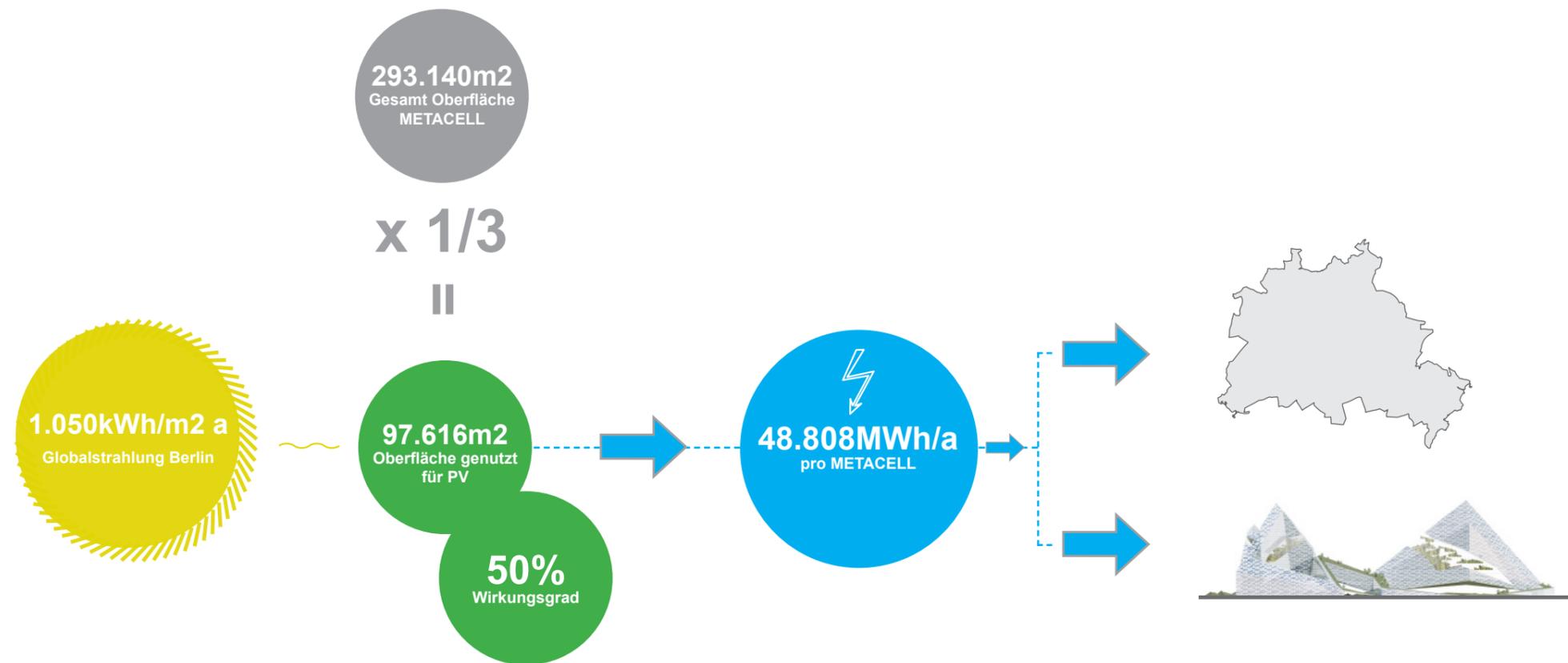


In Kapitel 3 wurde die Jahresmenge an biogenem Abfall zur Verwertung in einer Biogasanlage ermittelt. Der Wert liegt bei 20.227t pro METACELL. Ausgehend von einer Referenzanlage der BDI-BioEnergy International AG, welche 75.000t Bioabfall pro Jahr verarbeitet und dadurch 25.000 MWh/a Strom und 10.140 MWh/a Heizenergie erzeugt, wurde die Energieerzeugung einer METACELL-Anlage berechnet¹.

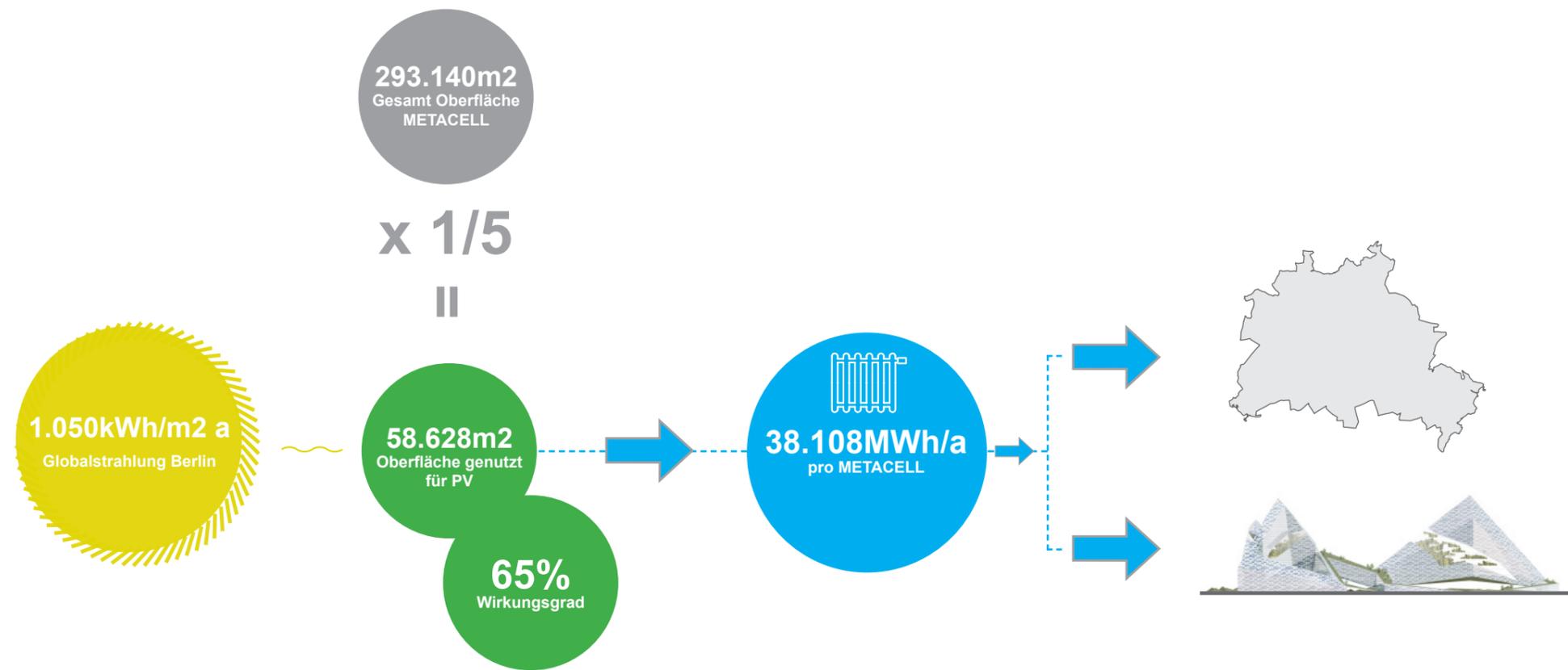
1

Vgl. BDI-BioEnergy International AG: Referenzen, <http://www.bdi-bioenergy.com/de-referenzen-16.html>, 22.06.2014

Energiestrom Photovoltaic



Energiestrom Solarkollektoren

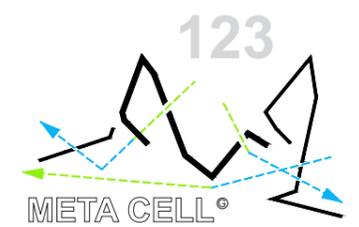


Energiestrom Geothermie





6. METACELL • Conclusio

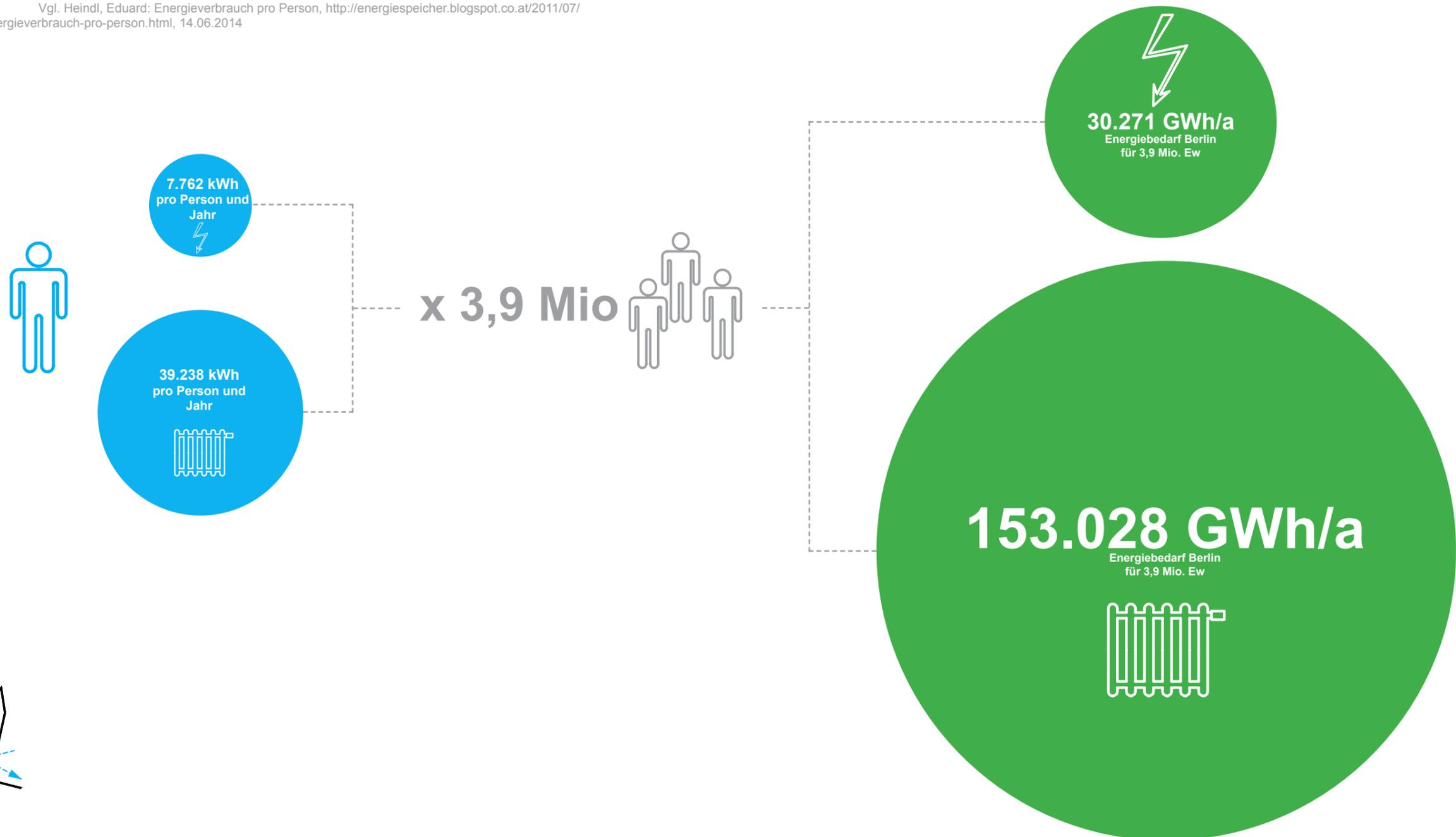


Primärenergiebedarf pro Person

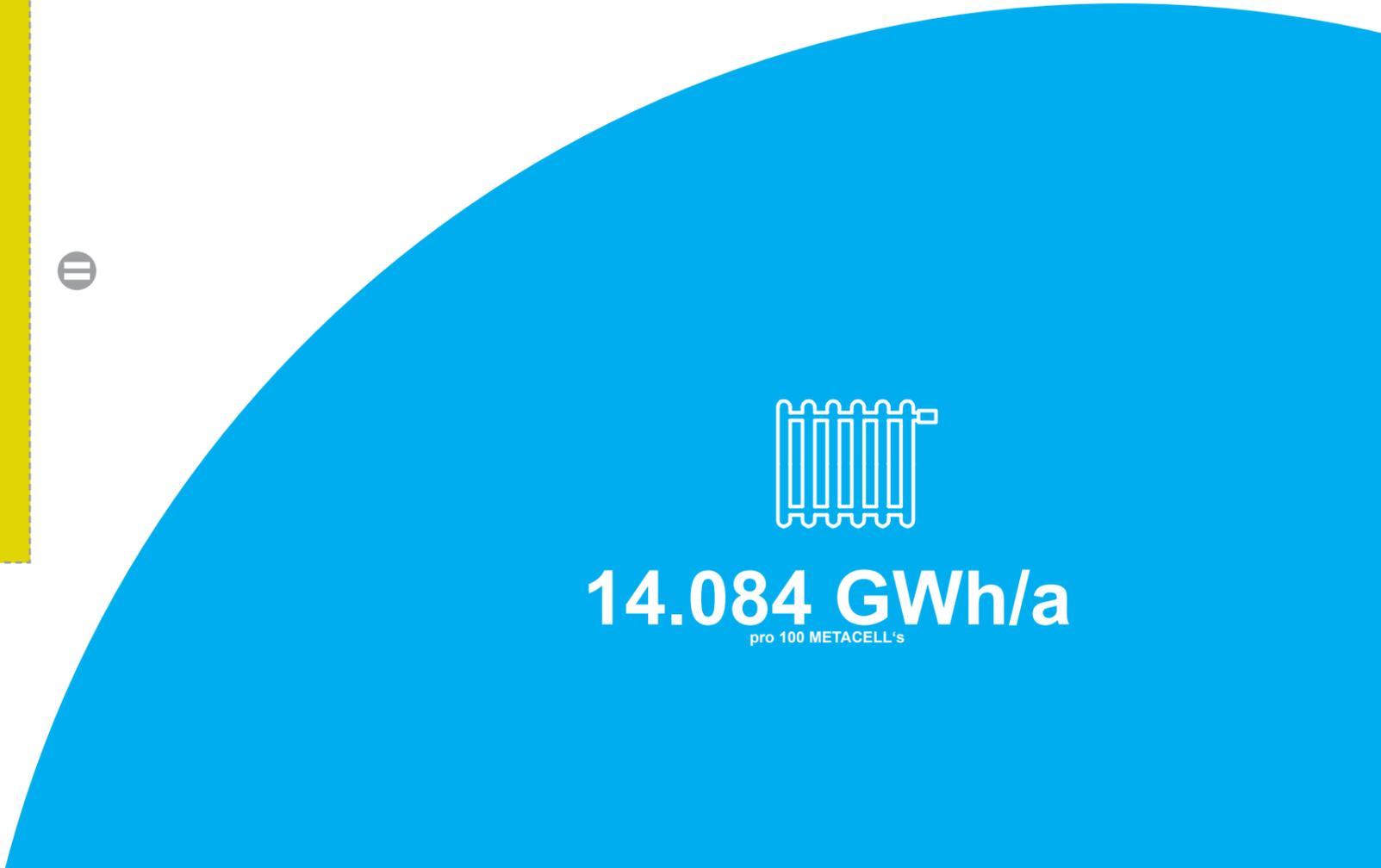
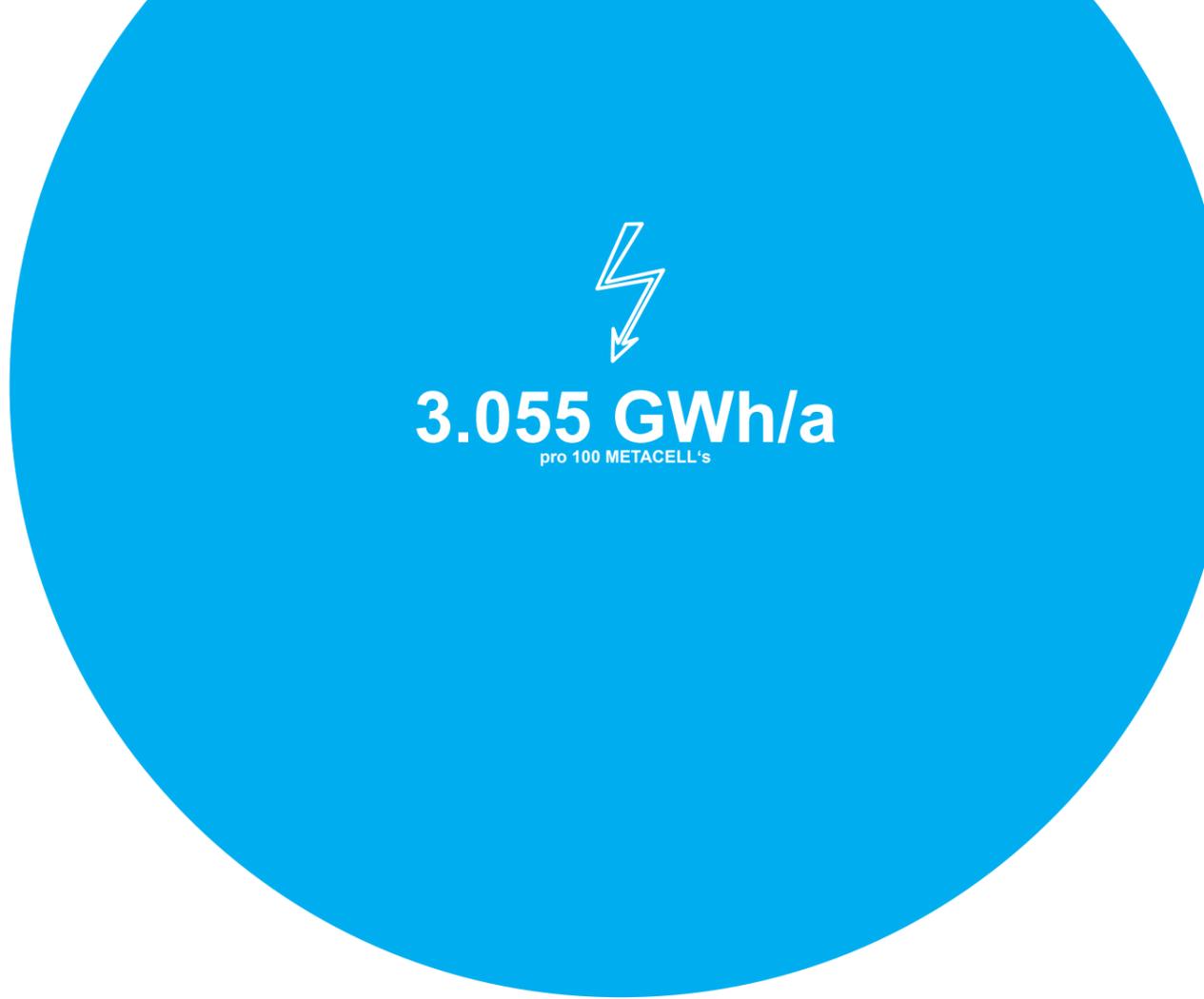
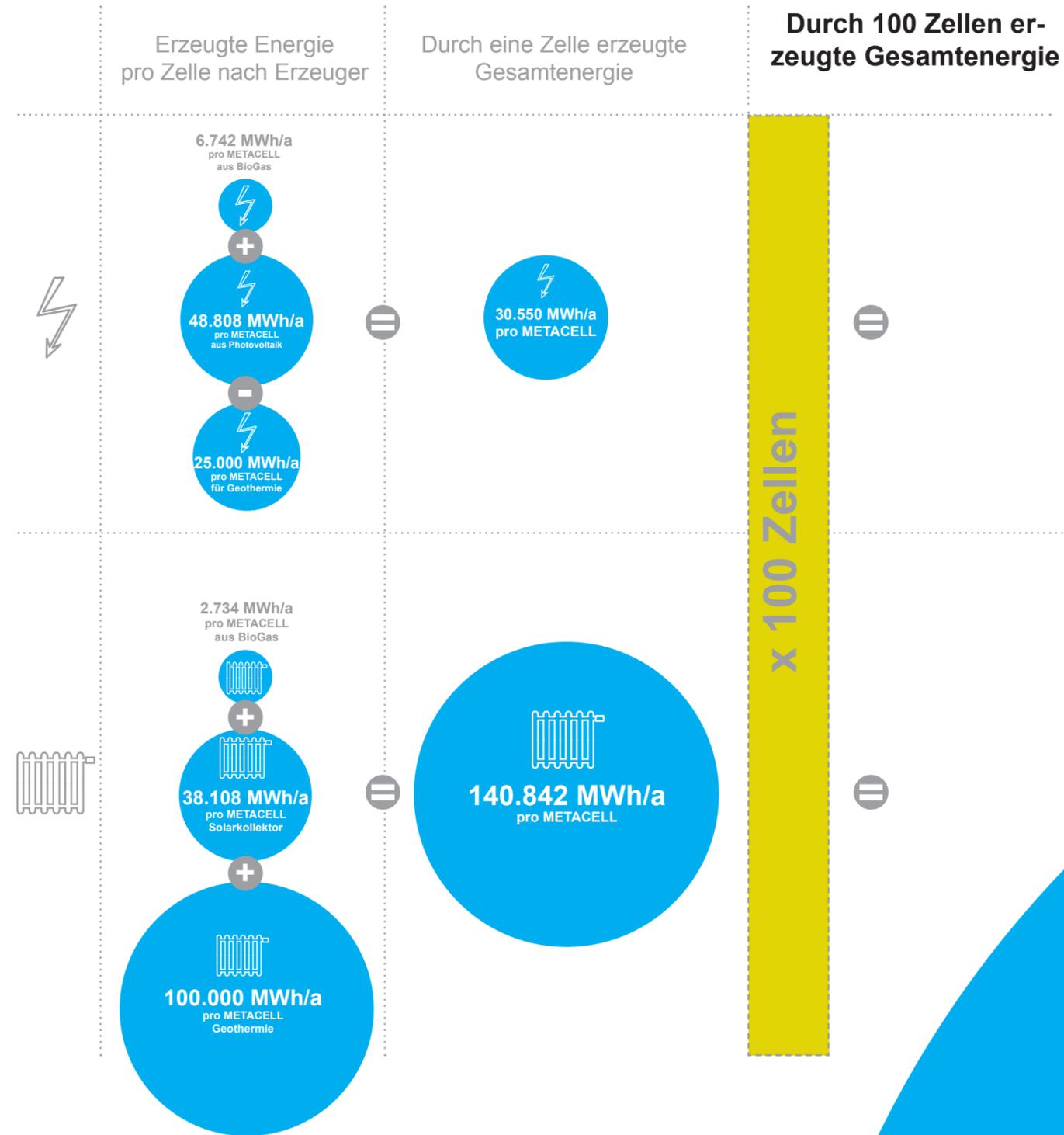
Der Primärenergiebedarf pro Person und Jahr in Deutschland liegt bei 47.000kWh¹. Hier ist zu berücksichtigen, dass dieser Wert den Gesamtbedarf Deutschlands heruntergebrochen auf die Einwohner darstellt. Also sind jegliche Aufwendungen für Industrie sowie alle anderen Verbräuche in den 47.000kWh pro Person enthalten.

Der Anteil an elektrischer Energie am gesamten Primärenergiebedarf beträgt 7.762 kWh pro Jahr.

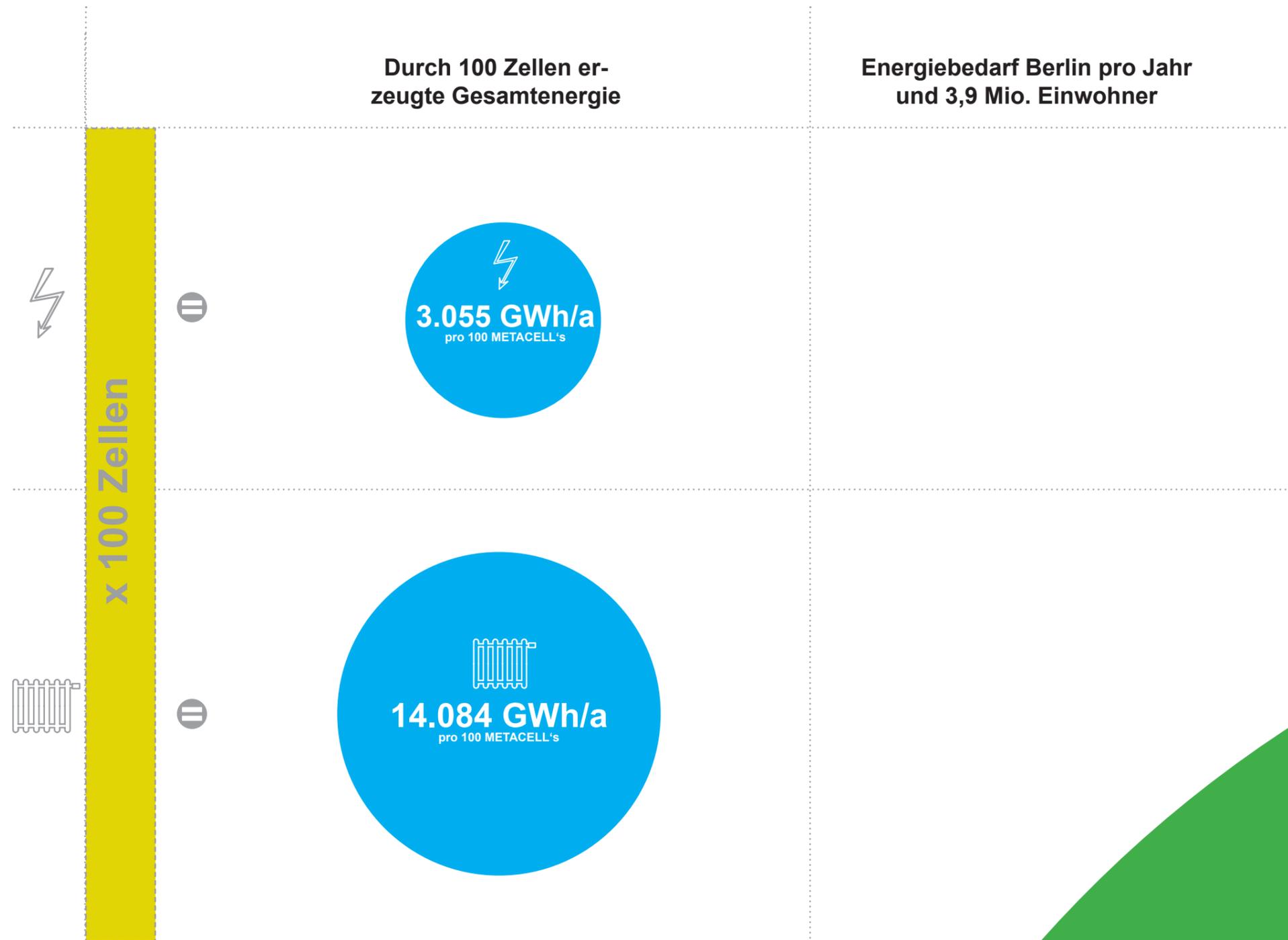
¹ Vgl. Heindl, Eduard: Energieverbrauch pro Person, <http://energiespeicher.blogspot.co.at/2011/07/energieverbrauch-pro-person.html>, 14.06.2014



Energieerzeugung durch METACELL's



Energieerzeugung 100 METACELL's verglichen mit Energiebedarf Berlin





30.271 GWh/a

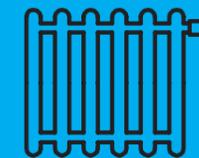
Energiebedarf Berlin
für 3,9 Mio. Ew

**Versorgung
Berlin durch 100 Zellen in %**

10,1%

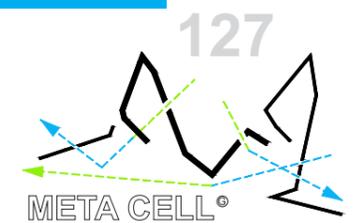
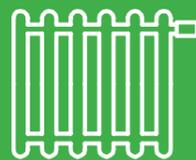


9,2%

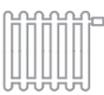
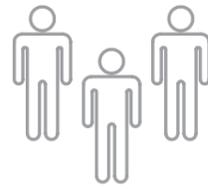


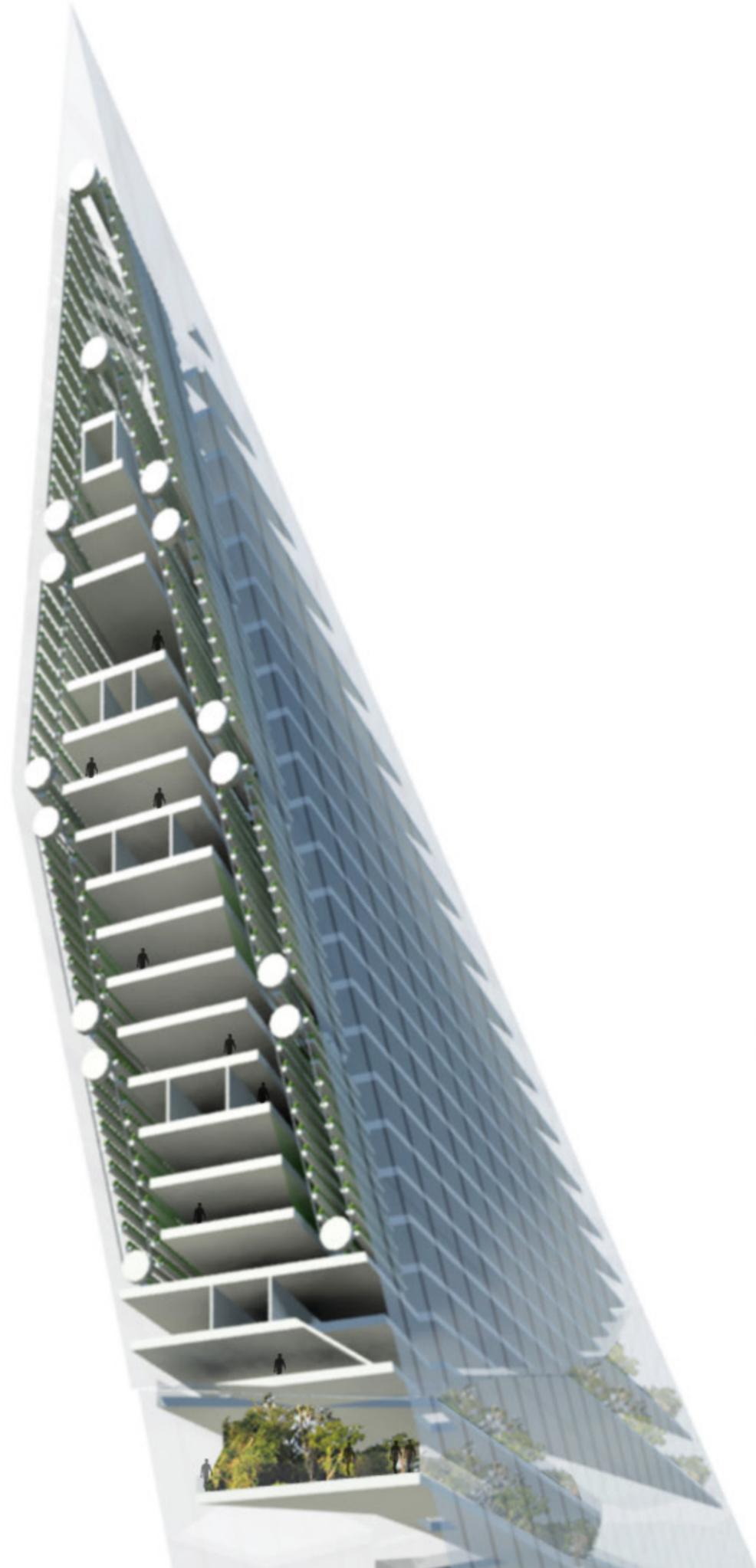
153.028 GWh/a

Energiebedarf Berlin
für 3,9 Mio. Ew



Conclusio Zielerreichung

	Ziel	Ist	Ziel erreicht	Begründung
	50% Erhöhung zu 2013	50% Erhöhung zu 2014		Es werden durch einhundert METACELL's 27.590.000m2 Flächen für Vertical Farming geschaffen
	50% Erhöhung zu 2013	10,1% Erhöhung zu 2014		<ul style="list-style-type: none"> • Zu wenig Input für die Biogasanlage • Erhöhung Flächen für PV nicht vereinbar mit natürlicher Belichtung
	50% Erhöhung zu 2013	9,2% Erhöhung zu 2014		<ul style="list-style-type: none"> • Zu wenig Input für die Biogasanlage • Geothermie Erhöhung würde zu erhöhtem Stromverbrauch führen • Erhöhung Flächen für Kollektoren nicht vereinbar mit natürlicher Belichtung
	400.000 Wohnraum neu	400.000 Wohnraum neu		Einhundert METACELL's bieten 4000 Personen Wohnraum



7. Literaturverzeichnis

Publikationen und Internetquellen

Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft Deutschland: <http://berichte.bmelv-statistik.de/SJT-4010100-0000.pdf>, 23.08.2014.

Senat für Stadtentwicklung und Umwelt: http://www.stadtentwicklung.berlin.de/umwelt/umweltatlas/da601_05.htm#Abb1, 23.08.2014.

Wakamiya, Atsuko/Regionalwert AG Eichstetten: Flächenbedarf für den Nahrungsmittelkonsum in Deutschland, Seite 10 f, Eichstetten 2010.

Ziesing, Hans-Joachim/AG Energiebilanzen e.V.: Energieverbrauch in Deutschland im Jahr 2013, Seite 4, Berlin 2014

Senatsverwaltung für Stadtentwicklung und Umwelt Berlin: Brennstoffeinsatz bedeutender Heiz- und Kraftwerke für die Wärmeerzeugung, http://www.stadtentwicklung.berlin.de/umwelt/umweltatlas/karten/pdf/08_02_2_2005.pdf, 14.08.2014.

Senatsverwaltung für Stadtentwicklung und Umwelt Berlin: Brennstoffeinsatz und CO₂-Emissionen ausgewählter Anlagen, Textkurzfassung, www.stadtentwicklung.berlin.de/umwelt/umweltatlas/e_text/k807.doc, Seite 3, Berlin 2014, 16.08.2014.

<http://www.energie-lexikon.info/steinkohleeinheit.html>, 16.08.2014.

Heindl, Eduard: Energieverbrauch pro Person, <http://energiespeicher.blogspot.co.at/2011/07/energieverbrauch-pro-person.html>, 14.06.2014

Senatsverwaltung für Stadtentwicklung und Umwelt Berlin: Straßenverkehr 2013, <https://www.statistik-berlin-brandenburg.de/BasisZeitreiheGrafik/Bas-Strassenverkehr.asp?Ptyp=300&Sageb=46002&creg=BBB&anzw=er=6>, in: <https://www.statistik-berlin-brandenburg.de>, 18.08.2014

Association for the Study of Peak Oil and Gas: <http://aspo-deutschland.blogspot.co.at/p/peak-oil.html>, 30.07.2014.

Postner, Andreas/ Sieber, Willi: Peak Oil, <http://www.vorarlberg.at/pdf/peakoilstudie.pdf>, 21.07.2014.

Amt für Statistik Berlin und Brandenburg: Pressemitteilung Nr. 37 vom 18. Februar 2014, Einwohnerentwicklung in den Ortsteilen von Berlin im Jahr 2013 unterschiedlich, <https://www.statistik-berlin-brandenburg.de/pms/2014/14-02-18.pdf>, 01.09.2014.

Peel, M. C./ Finlayson, B. L./McMahon, T. A.: <http://www.hydrol-earth-syst-sci-discuss.net/4/439/2007/hesd-4-439-2007.pdf>, 21.07.2014

Norddeutscher Klimamonitor: <http://www.norddeutscher-klimamonitor.de/klima/1981-2010/winter/mittlere-windgeschwindigkeit/metropolregion-berlin-brandenburg/coastdat-2.html>, 23.07.2014

Senatsverwaltung für Stadtentwicklung und Umwelt Berlin: Bevölkerungsprognose für Berlin und die Bezirke 2011-2030, http://www.stadtentwicklung.berlin.de/planen/bevoelkerungsprognose/download/bevprog_2011_2030_kurzfassung.pdf, in: <http://www.stadtentwicklung.berlin.de/planen/bevoelkerungsprognose>, 12.09.2014

Statistisches Bundesamt Pressestelle, Wiesbaden: Bevölkerung Deutschlands bis 2050, 11. koordinierte Bevölkerungsvorberechnung, https://www.destatis.de/DE/PresseService/Presse/Pressekonferenzen/2006/Bevoelkerungsentwicklung/bevoelkerungsprojektion2050.pdf?__blob=publicationFile, 10.07.2014

Association for Vertical Farming: Why Vertical Farming, <http://vertical-farming.net/vertical-farming/>, 13.06.2014

Ackerland.de: Nutzung und Verteilung landwirtschaftlicher Fläche in Deutschland, http://www.acker-land.de/Nutzung_landwirtschaftliche_flaeche_Deutschland.html, 30.08.2014

Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz: Ermittlung der Mengen weggeworfener Lebensmittel und Hauptursachen für die Entstehung von Lebensmittelabfällen in Deutschland, Zusammenfassung einer Studie der Universität Stuttgart, http://www.bmel.de/SharedDocs/Downloads/Ernaehrung/WvL/Studie_Lebensmittelabfaelle_Faktenblatt.pdf?__blob=publicationFile, 27.07.2014

Dr. Wiegel, März und Partner Ingenieure/ICU - Ingenieurconsulting Umwelt und Bau/Senatsverwaltung für Gesundheit, Umwelt und Verbraucherschutz Berlin: Hochwertige und klimaschonende Verwertung von Mähgut und Laub im Land Berlin, http://www.stadtentwicklung.berlin.de/umwelt/abfallwirtschaft/downloads/biomasse/studie_maehgut.pdf, 22.06.2014

Photovoltaic.org: Photovoltaic Wirkungsgrad, <http://www.photovoltaik.org/wissen/photovoltaik-wirkungsgrad>, 21.08.2014

Dr. Wirth, Harry, Fraunhofer Institut: Aktuelle Fakten zur Photovoltaik in Deutschland, Seite 45, Freiburg 2014.

Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme ISE: Weltrekord-Solarzelle mit 44,7 Prozent Wirkungsgrad, <http://www.ise.fraunhofer.de/de/presse-und-medien/presseinformationen/presseinformationen-2013/weltrekord-solarzelle-mit-44-7-prozent-wirkungsgrad>, 29.06.2014

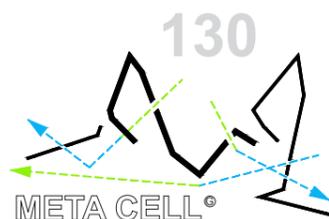
Ziesing, Hans-Joachim/AG Energiebilanzen e.V.: Energieverbrauch in Deutschland im Jahr 2013, Seite 4, Berlin 2014.

Viessmann Deutschland GmbH: Planungshandbuch Solarthermie, Seite 25, Allendorf 2008.

Wärmepumpe Austria: <http://www.waermepumpe-austria.at/die-waermepumpe/effizienz-optimierung.html>, in: <http://www.waermepumpe-austria.at/>, 29.07.2014

BDI-BioEnergy International AG: Referenzen, <http://www.bdi-bioenergy.com/de-referenzen-16.html>, 22.06.2014

Heindl, Eduard: Energieverbrauch pro Person, <http://energiespeicher.blogspot.co.at/2011/07/energieverbrauch-pro-person.html>, 14.06.2014



Abbildungsverzeichnis

Abb.1: Plantagon, Vertical Farm Sweden,
<http://www.news.com.au/technology/swedish-city-begins-construction-of-skyscraper-farm/story-e6frro0-1226454736443>,
14.08.2014

Abb.2: VertiCrop, Crop Production System,
<http://www.verticrop.com/about.html>, 13.08.2014

Abb.3: Sky Greens, Vertical Farm Singapor,
<http://www.cbc.ca/strombo/news/farming-grows-up-the-worlds-first-commercial-vertical-farm-opens-in-singapo>

Abb.4: Sky Greens, Vertical Farm Singapor,
<http://www.cbc.ca/strombo/news/farming-grows-up-the-worlds-first-commercial-vertical-farm-opens-in-singapo>

Abb.5: Sky Greens, Vertical Farm Singapor,
<http://www.wikisingapore.sg/the-advantages-of-vertical-farming/>

Abb.6: Sky Greens, Vertical Farm Singapor,
<http://www.wikisingapore.sg/the-advantages-of-vertical-farming/>

Abb.7: Viessmann Deutschland GmbH: Planungshandbuch Solarthermie, Charakteristische Wirkungsgradkurven,
Seite 25, Allendorf 2008.