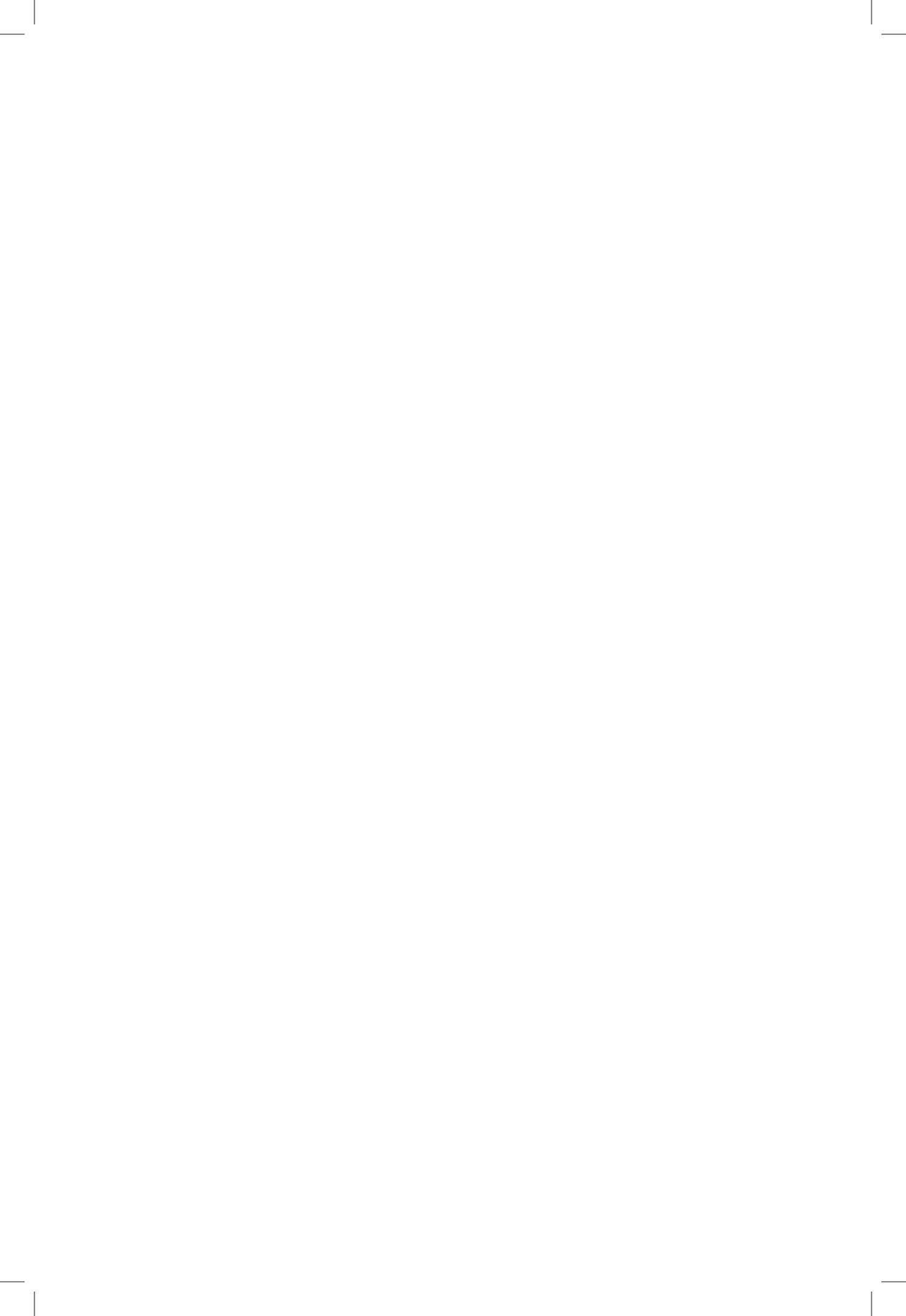
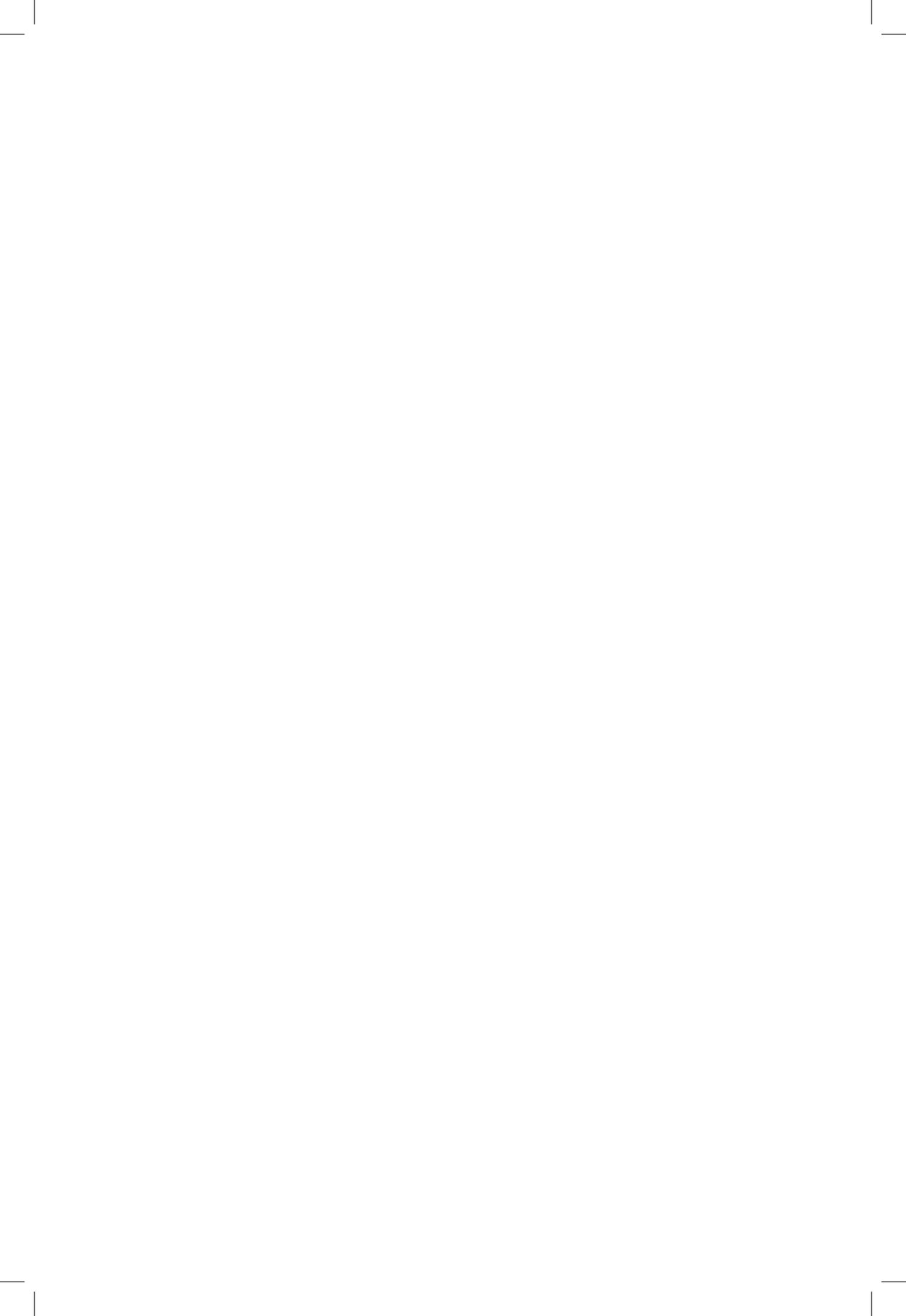


Internetknoten Marseille

Schnittstelle digitaler Konnektivität









Gabriel TSCHINKEL BSc

INTERNETKNOTEN MARSEILLE
Schnittstelle digitaler Konnektivität

MASTERARBEIT

zur Erlangung des akademischen Grades

Diplom-Ingenieur

Masterstudium Architektur

eingereicht an der

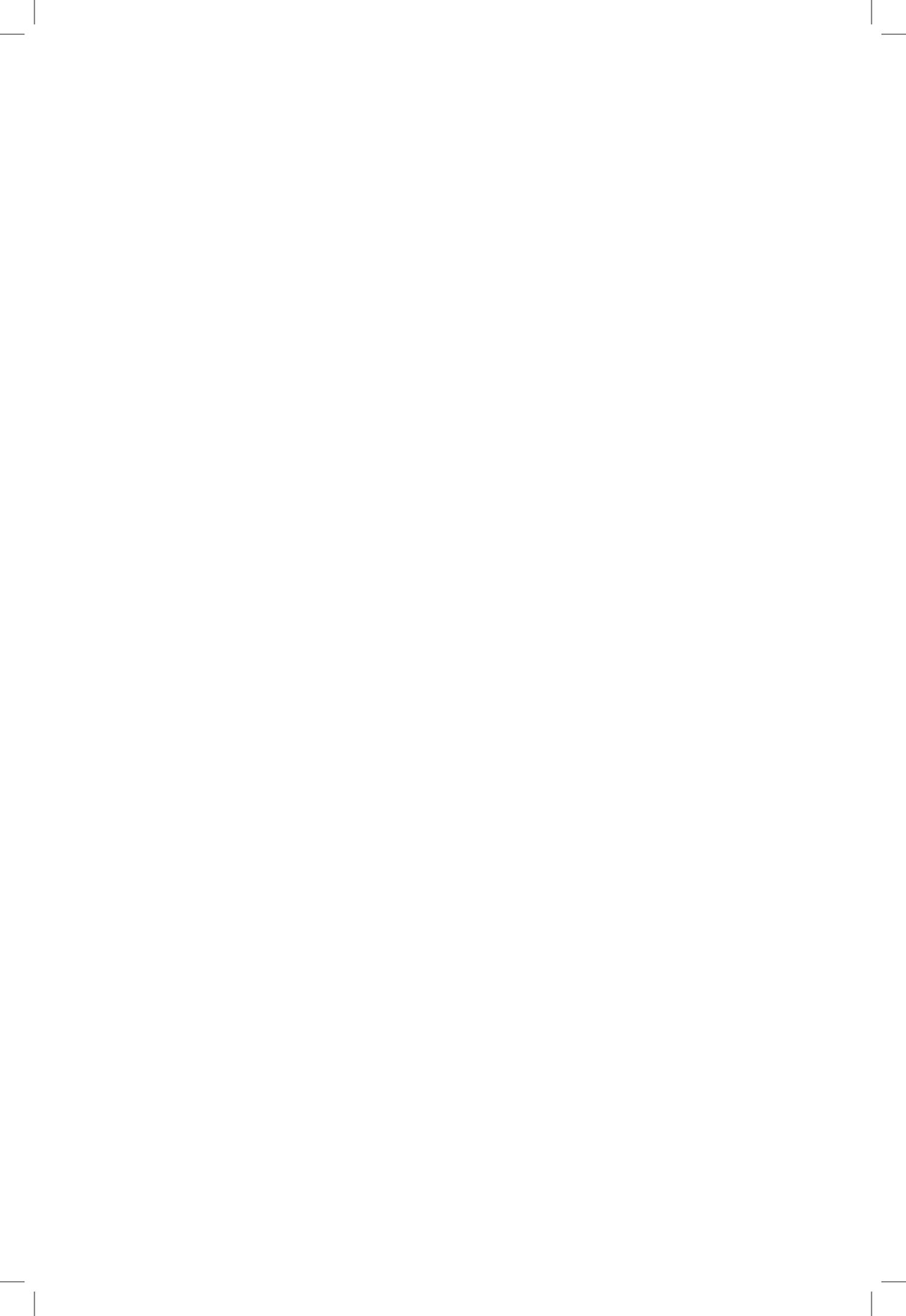
Technischen Universität Graz

Betreuer

Univ.-Prof. Dipl.-Ing. Architekt Roger RIEWE

Institut für Architekturtechnologie

Graz, März 2017



EIDESSTATTLICHE 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. Das in TUGRAZonline hochgeladene Textdokument ist mit der vorliegenden Masterarbeit identisch.

Datum

Unterschrift



Kurzbeschreibung

Als global wirkende Kommunikationsinfrastruktur verbindet das Internet weltweit Menschen und Maschinen und ermöglicht dadurch eine noch nie da gewesene Form der Interaktion. Obwohl das Internet scheinbar grenzenlos virtuell über eine globale Makroebene funktioniert, hat es jedoch konkrete physisch verortbare Auswirkungen auf der lokalen Mikroebene. Interkontinentale und transozeanische Kabeltrassen, Erdfunkstellen, Funkmasten sowie Servergebäude und Internetknoten sind für die heutige Internetnutzung erforderlich. Durch sie wird das scheinbar immaterielle Internet schlagartig sichtbar und auch greifbar. Durch eine rechtzeitige Auseinandersetzung mit dieser Thematik besteht die Chance eines vorausschauenden Agierens statt nachträglichen Reagierens auf den permanent wachsenden Bedarf an erforderlichen Stellflächen für Server.

Im Zuge meiner Masterarbeit setze ich mich mit der Thematik dieser Informations- und Kommunikationsinfrastruktur auseinander. Am Standort Marseille, an der wesentlichen Schnittstelle zwischen dem europäischen Festland und dem afrikanischen und asiatischen Kontinent, entsteht der Entwurf eines Internetknotens.







Inhaltsverzeichnis	13
Vorwort	15
Teil 1	17
Gesellschaft	19
Internet	25
Infrastruktur	33
Teil 2	45
Internetknoten	47
Servergebäude	59
Fotoserie	67
Teil 3	83
Standort Marseille	85
Entwurf	89
Quellenverzeichnis	133
Abbildungsnachweis	139
Danksagung	144



Als global wirkende Kommunikationsinfrastruktur verbindet das Internet weltweit Menschen und Maschinen und ermöglicht dadurch eine noch nie da gewesene Form der Interaktion. Obwohl das Internet scheinbar grenzenlos virtuell über eine globale Makroebene funktioniert, hat es jedoch konkrete physisch verortbare Auswirkungen auf der lokalen Mikroebene. Interkontinentale und transozeanische Kabeltrassen, Erdfunkstellen, Funkmasten sowie Servergebäude und Internetknoten sind für die heutige Internetnutzung erforderlich. Durch sie wird das scheinbar immaterielle Internet schlagartig sichtbar und auch greifbar.

Bei der gebauten Infrastruktur handelt es sich um eine verhältnismäßig junge Herausforderung, welche im Architekturdiskurs noch weitgehend ein Nischendasein fristet. Durch eine rechtzeitige Auseinandersetzung mit dieser Thematik besteht allerdings die Chance eines vorausschauenden Agierens statt nachträglichen Reagierens. Die bereits vorhandenen vielschichtigen gesellschaftlichen Abhängigkeiten mit den daraus resultierenden, teils unverzichtbaren Gewohnheiten bei gleichzeitig permanent wachsender Implementierung dieser Technologie in weite Lebensbereiche sowie die Erschließung neuer Märkte führen sowohl im ruralen als auch urbanen Raum zwangsweise zu steigendem Platzbedarf an Stellflächen für Server, welche zum Verarbeiten und Bereitstellen unserer riesigen Datenmengen erforderlich sind.

Im Zuge meiner Masterarbeit setze ich mich mit der Thematik dieser Informations- und Kommunikationsinfrastruktur auseinander. Am Standort Marseille, der wesentlichen Schnittstelle zwischen dem europäischen Festland und dem afrikanischen und asiatischen Kontinent, entsteht der Entwurf eines Internetknotens.



Teil 1

- 1 John Culkin zit.n. Robert K. Logan (07.01.2012): Setting the Record Straight, http://www.mcluhanstudies.com/index.php?option=com_content&view=article&id=464:mcluhan-misunderstood-setting-the-record-straight-robert-k-logan-university-of-toronto-slabocad&catid=98&Itemid=585&showall=&limitstart=1, 01.03.2017.



Aus unserem gesellschaftlichen privaten und beruflichen Alltag sind die Dienste des Internets kaum mehr wegzudenken. Praktisch allgegenwärtig werden dadurch weltweit Menschen und Maschinen miteinander verbunden und noch nie dagewesene Formen der Interaktion und des Zusammenarbeitens ermöglicht. Erstmals im Laufe der Geschichte gibt es die Möglichkeit eines nicht nur regional begrenzten, sondern globalen und sofort verfügbaren hierarchielosen Zusammenkommens einer Vielfalt an unterschiedlichen Nutzern, Meinungen, Interessen und Bedürfnissen.² Durch Angebote wie Streaming, World Wide Web, E-Mail, Instant Message, Internettelefonie oder Fernzugriffe werden bereits über 3,5 Milliarden User weltweit miteinander verbunden. Während 1995 lediglich 1% der Weltbevölkerung die Möglichkeit eines Internetzugangs hatte, sind es ca. 20 Jahre später mit steigender Tendenz bereits über 46%.³ Der dabei anfallende Datenverkehr wächst gleichermaßen durch die permanente Erschließung neuer Märkte wie durch die fortlaufende Implementierung des Internets in unseren Alltag. 2015 betrug der globale Datenverkehr bereits über 66,5 Exabyte pro Monat und Prognosen erwarten bereits für 2019 eine Verdoppelung.⁴

Durch unseren gesellschaftlichen Wandel von einer Industriegesellschaft zu einer oft zitierten Informationsgesellschaft spielt der digitale Informations- und Kommunikationsaustausch in unserer heutigen globalisierten Welt eine zentrale Rolle und immaterielle Datenströme aus scheinbar unendlichen Kombinationen der beiden Zustände 0 und 1 sind neue Rohstoffe unserer Zeit. Das bewusste, aber auch unbewusste Produzieren und Konsumieren, Gewinnen, Speichern, Verarbeiten, Verbreiten und Nutzen dieser Datenströme ist dabei ein wesentlicher Aspekt und durch jedes *aktualisieren, neu laden, gefällt mir, sofort kaufen, senden, empfangen, suchen* oder *teilen* werden permanent neue Datenmengen generiert.⁵ Durch die permanente Fülle und Flut von Daten ist man heute an einem einzigen Tag bereits mit derselben Menge an unterschiedlichen Informationen konfrontiert wie im 17. Jahrhundert innerhalb eines gesamten Menschenlebens.⁶

Durch den Gebrauch wird das Internet permanent gestaltet und somit an den jeweiligen Zeitgeist und die gegebenen gesellschaftlichen Bedürfnisse oder Erfordernisse einer vernetzten Welt angepasst. Im Nachhinein betrachtet spiegeln genau diese Internetdienste auch die zum jeweiligen Zeitpunkt technisch umsetzbaren Wünsche der Gesellschaft wieder. Bestand in den Anfängen der

2 Vgl. Informationsgesellschaft Allgemein, <http://www.kunstkultur.bka.gv.at/site/4544/default.aspx#a1>, 01.03.2017.

3 Vgl. Internet Users, <http://www.internetlivestats.com/internet-users/>, 01.03.2017.

4 Vgl. Prognose zum monatlichen Datenvolumen des globalen IP-Traffics bis 2020, <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/266869/umfrage/prognose-zum-datenvolumen-des-globalen-ip-traffics/>, 01.03.2017.

5 Vgl. Basar/Coupland/Obrist 2015, 6.

6 Vgl. CPEU2 - European Internet history, <https://www.youtube.com/watch?v=uTx4rFvkghs>, 01.03.2017.

Wow.
Whoops.
Sorry.



... I just lost two hours inside a YouTube kitten warp.

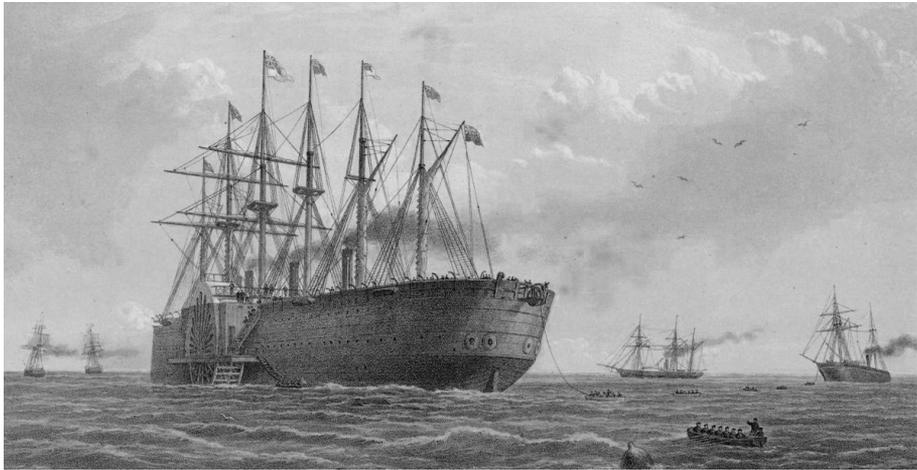
computerbasierten Verarbeitung ein aus heutiger Sicht banales Bedürfnis nach Ressourcenteilung und Fernzugriffen auf die noch wenig verbreiteten, teuren und raumgroßen Computer, so führen heute der weit reichende Einfluss auf viele Lebensbereiche und die immer weitläufigere Auslagerung von Physischem zum Digitalen zu einer Bereicherung und Erleichterung des täglichen Lebens, gleichzeitig aber auch zu veränderten Gewohnheiten und neuen, noch unbekanntem Herausforderungen.

Eine Vision unserer heutigen Zeit hatte bereits 1962 der Kommunikationswissenschaftler Marshall McLuhan mit der damals noch auf die Fernsehtechnik bezogenen Vorstellung eines globalen elektronischen Dorfes mit den damit verbundenen Auswirkungen auf die individuelle, kulturelle und gesellschaftliche Entwicklung, aber auch mit den damit verbundenen Konfliktpotentialen, mit Missbrauch und Totalitarismus.⁷ Da die herrschenden Funktionen und Prozesse im Informationszeitalter zunehmend in Netzwerken organisiert werden, verwendet der spanische Soziologe Manuel Castells in seinen Veröffentlichungen *Das Informationszeitalter* aufgrund dieser neuen sozialen Morphologien unserer Gesellschaft und der Verbreitung der Vernetzungslogik, welche die Funktionsweise und Ergebnisse von Prozessen der Produktion, der Erfahrung, Macht und Kultur wesentlich verändern, den Begriff der Netzwerkgesellschaft.⁸

Abb1

7 Vgl. McLuhan 1962.

8 Vgl. Castells 2003, 527.



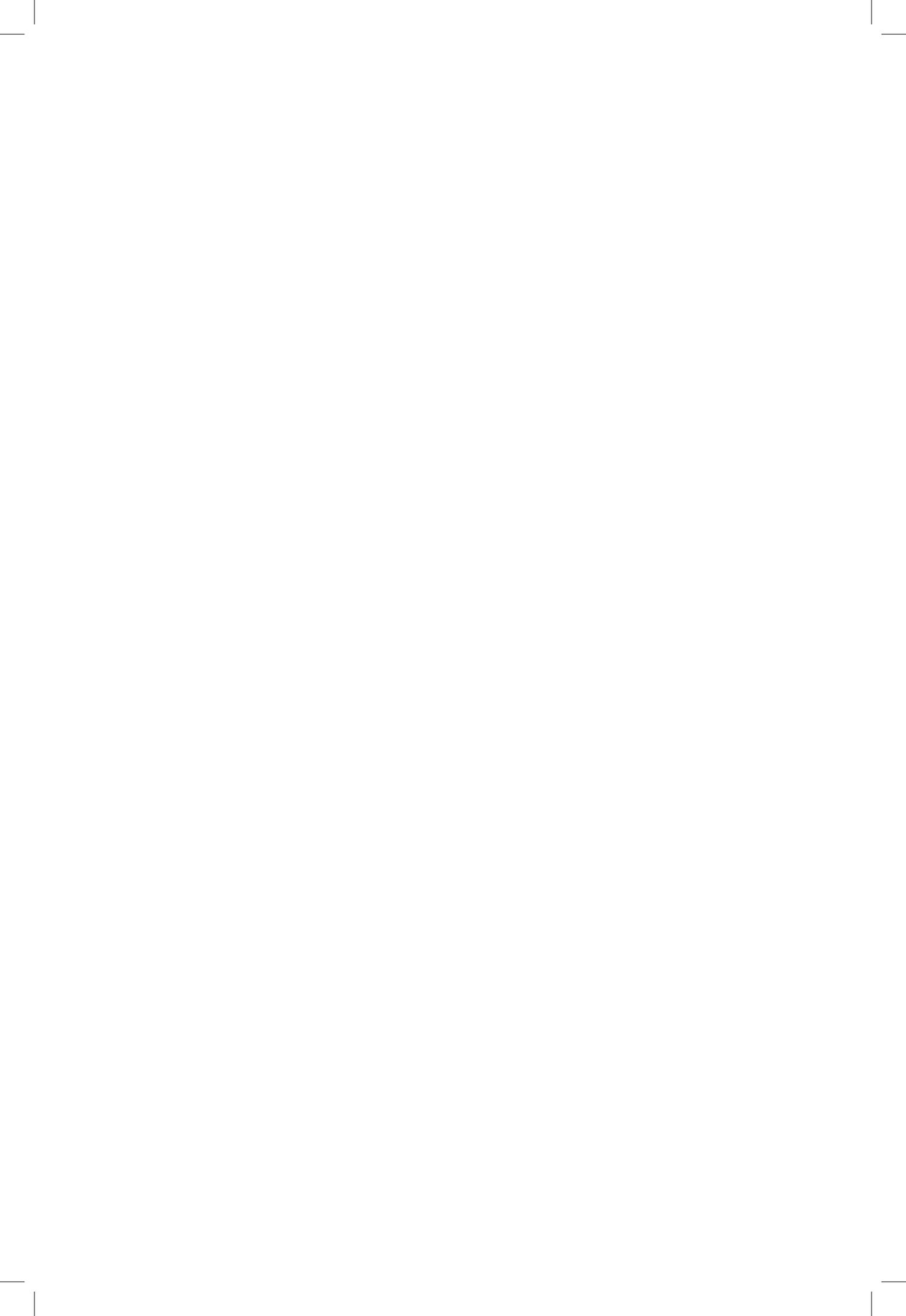
In der historischen Erzählung „Das erste Wort über den Ozean“ (Verlegung des ersten Telegraphenkabels im Atlantik, 1858) zeigt der österreichische Schriftsteller Stefan Zweig den Sieg von menschlichem Willen, Phantasie und Technik über die Natur und beschreibt die Sehnsucht der Gesellschaft nach Kommunikation. Was heute selbstverständlich konsumiert wird, war in den Anfängen ein verzweifertes Ringen, verbunden mit Niederlage und Verzweiflung.

„Nie werden wir Späteren das Staunen jener Generation über die ersten Leistungen des elektrischen Telegraphen nachzufühlen vermögen, die ungeheure und begeisterte Verblüffung, daß eben derselbe kleine, kaum fühlbare elektrische Funke, der gestern von der Leidener Flasche gerade noch einen Zoll weit bis zum Fingerknöchel hinüberzuknistern vermochte, mit einmal die dämonische Kraft gewonnen hat, Länder, Berge und ganze Erdteile zu überspringen. Daß der noch kaum zu Ende gedachte Gedanke, das noch feucht hingeschriebene Wort in derselben Sekunde schon tausende Meilen weit empfangen, gelesen, verstanden werden kann und daß der unsichtbare Strom, der zwischen den beiden Polen der winzigen Voltaschen Säule schwingt, ausgespannt zu werden vermag über die ganze Erde von ihrem einen bis zum andern Ende. Daß der Spielzeugapparat der Physikstube, gestern gerade noch fähig, durch Reibung einer Glasscheibe ein paar Papierstückchen an sich zu ziehen, potenziert werden könnte zum Millionenfachen und Milliardenfachen menschlicher Muskelkraft und Geschwindigkeit, Botschaften bringend, Bahnen bewegend, Straßen und Häuser mit Licht erhellend und wie Ariel unsichtbar die Luft durchschwebend. Erst durch diese Entdeckung hat die Relation von Raum und Zeit die entscheidendste Umstellung seit Erschaffung der Welt erfahren.

Dieses weltbedeutsame Jahr 1837, da zum erstenmal der Telegraph das bisher isolierte menschliche Erleben gleichzeitig macht, wird selten in unseren Schulbüchern auch nur vermerkt, die es leider noch immer für wichtiger halten, von Kriegen und Siegen einzelner Feldherren und Nationen zu erzählen statt von den wahrhaften, weil gemeinsamen Triumphen der Menschheit.“

[...]

Das Wunder von gestern ist die Selbstverständlichkeit von heute geworden, und von diesem Augenblick an hat die Erde gleichsam einen einzigen Herzschlag; sich hörend, sich schauend, sich verstehend lebt die Menschheit nun gleichzeitig von einem bis zum andern Ende der Erde, göttlich allgegenwärtig durch ihre eigene schöpferische Kraft.“⁹



Hinter dem in unserem Alltag oft oberflächlich verwendeten Begriff des Internets steht eine als Prototyp begonnene, seit Jahrzehnten funktionierende und erstmals in der Geschichte global verbindende Kommunikationstechnologie, welche das Gewinnen, Speichern, Verarbeiten, Vermitteln und Nutzen von digitalen Informationen über ihre verschiedenste Dienste ermöglicht und deshalb häufig als ein Netzwerk aus sich gegenseitig teilenden Netzwerken definiert wird.^{10 11} Vier wesentliche Grundgedanken des Internets wurden bereits 1972 formuliert:

“Each distinct network would have to stand on its own and no internal changes could be required to any such network to connect it to the Internet.

Communications would be on a best effort basis. If a packet didn't make it to the final destination, it would shortly be retransmitted from the source.

Black boxes would be used to connect the networks; these would later be called gateways and routers. There would be no information retained by the gateways about the individual flows of packets passing through them, thereby keeping them simple and avoiding complicated adaptation and recovery from various failure modes.

There would be no global control at the operations level.”¹²

Unabhängig von verwendeten Übertragungstechnologien, Gerätekomponenten, Herstellern oder Netzbetreibern ermöglicht das Internet als eine allgemein nutzbare Kommunikationsinfrastruktur den Datenaustausch zwischen allen damit verbundenen sendenden und empfangenden Geräten. Im Sinne einer offenen *Netzwerkarchitektur* kann jedes Netzwerk dabei einzeln und individuell mit erforderlichen Schnittstellen an den jeweiligen Anwendungsbereich oder Benutzer angepasst werden. Durch einen skalierbaren Grundgedanken können weitere Netzwerke problemlos hinzugefügt werden, wodurch das Internet in seinem Umfang erweitert und gleichzeitig verdichtet wird.¹³

10 Vgl. The Euro-IX video in German, <https://www.youtube.com/watch?v=A93IPHKozPU>, 01.03.2017.

11 Vgl. Vint Cerf u.a.: Brief History of the Internet, <http://www.internetsociety.org/internet/what-internet/history-internet/brief-history-internet>, 01.03.2017.

12 Vint Cerf u.a.: Brief History of the Internet, <http://www.internetsociety.org/internet/what-internet/history-internet/brief-history-internet>, 01.03.2017.

13 Vgl. Vint Cerf u.a.: Brief History of the Internet, <http://www.internetsociety.org/internet/what-internet/history-internet/brief-history-internet>, 01.03.2017.



Erste dokumentierte Aufzeichnungen über die Vision eines *galaktischen Netzwerkes*, in dem jeder über global vernetzte Computer von jedem beliebigen Standort aus schnell und unkompliziert auf Daten und Programme zugreifen kann - praktisch des Internets von heute - waren im August 1962 Memos von J.C.R. Licklider vom MIT, der ab Oktober 1962 erster Leiter des Computerforschungsprogramms bei DARPA (Defense Advanced Research Projects Agency) war.

Ein erstes Dokument über die sogenannte Paketvermittlung (paketbasierende Datenübertragung) als Alternative zur bisher genutzten Leitungsvermittlung, bei der die gesamte Information wie bei einem Telefon über eine einzige Leitung übertragen wird, wurde im Juli 1961 von Leonard Kleinrock vom MIT veröffentlicht. 1964 erschien dazu ein erstes Buch, in welchem eine theoretischen Machbarkeit dieses neuen Übertragungskonzeptes überzeugend vorgestellt wurde.

1965 wurde erstmals ein Netzwerk zwischen zwei Computern in Massachusetts und Kalifornien über eine einfache Wählleitung geschaffen. Es konnte mit diesem Experiment gezeigt werden, dass die zu dieser Zeit noch wenig verbreiteten, raumgroßen und teuren Computer von entfernten Rechnern aus time-shared genutzt und deren Programme sowie Daten abgerufen werden können.

Ende 1966 wurde aus den bisherigen Erkenntnissen bei DARPA das Konzept eines Computernetzwerkes, das ARPANET, entwickelt, welches 1967 erstmals bei einer Konferenz in Tennessee präsentiert wurde. Hier stellte sich überraschend heraus, dass praktisch zeitgleich drei unterschiedliche Organisationen - das amerikanische MIT (1961-1967), das amerikanische RAND (Research ANd Development, 1962-1965) und das britische NPL (National Physical Laboratory, 1964-1967) - parallel, ohne voneinander zu wissen, an derselben Thematik einer Paketvermittlung gearbeitet hatten.¹⁴

Der erste Knotenpunkt des ARPANET entstand im September 1969 am UCLA (University of California, Los Angeles), der zweite Knoten folgte am SRI (Stanford Research Institute). Am 29. Oktober wurde die erste Host-zu-Host Nachricht über das ARPANET gesendet. Geplant war dabei, das Wort *LOGIN* zu übertragen. Nach dem Senden des zweiten Buchstabens kam es jedoch infolge einer Überlastung zu einem Computerabsturz. Die Experten waren dennoch über den Ausgang sehr erfreut und sahen im übermittelten Wort *LO* den Spruch *lo and behold* („siehe da!“). Bis Ende des Jahres folgten noch die Knotenpunkte UC Santa Barbara und die University of Utah.¹⁵

14 Vgl. Vint Cerf u.a.: Brief History of the Internet, <http://www.internetsociety.org/internet/what-internet/history-internet/brief-history-internet>, 01.03.2017.

15 Vgl. CPEU2 - European Internet history, <https://www.youtube.com/watch?v=uTx4rFvkghs>, 01.03.2017.



In den folgenden Jahren wurden stetig weitere Computer zum ARPANET hinzugefügt und es wurde kontinuierlich an der Optimierung der dafür erforderlichen Protokolle und Netzwerksoftware gearbeitet. Aus dem Bedürfnis nach einer einfachen Möglichkeit zur Koordination der ARPANET-Entwickler entstand im März 1972 die erste Software zum Senden und Lesen von E-Mail-Nachrichten. Im Zuge der ICCC (International Computer Communication Conference) wurde im Oktober 1972 erstmals das ARPANET erfolgreich der Öffentlichkeit präsentiert.

Die Vorteile und Zweckmäßigkeiten von Computernetzwerken, vor allem die Nützlichkeit von E-Mails, wie sie DARPA mit dem ARPANET demonstrierte, rief Mitte der 1970er- Jahre auch das Interesse anderer Organisationen hervor und ließ permanent weitere Netzwerke entstehen (NASA, U.S. Department of Energy,...).¹⁶

Vom Internet als einer Infrastruktur, die unterschiedliche Netzwerke mit unterschiedlichen Netzwerktechnologien miteinander verbindet, kann man erst ab Juli 1977 sprechen. Bei einem Experiment wurde erstmals eine Nachricht unter Verwendung unterschiedlicher Übertragungstechnologien - Funk (Packet Radio Net), Satellit (Satnet) und Kabel (ARPANET) - gesendet und das dafür erforderliche und noch heute verwendete Kommunikationsprotokoll TCP/IP getestet. Dabei wurde, beginnend aus einem fahrenden Kleintransporter, erfolgreich eine Information über 94 000 Meilen von Amerika über Europa und wieder zurück nach Amerika zum USC gesendet.¹⁷

1983 kam es zu einer Aufteilung in das militärisch genutzte MILNET und in das zivile, auf der Forschung basierende ARPANET, welches 1990 eingestellt wurde.

1991 wurde das Internet für die den privaten und kommerziellen Nutzen geöffnet.

Abb3 Internet: Funk - Satellit - Kabel

16 Vgl. Vint Cerf u.a.: Brief History of the Internet, <http://www.internetsociety.org/internet/what-internet/history-internet/brief-history-internet>, 01.03.2017.

17 Vgl. CPEU2 - European Internet history, <https://www.youtube.com/watch?v=uTx4rFkxghs>, 01.03.2017.



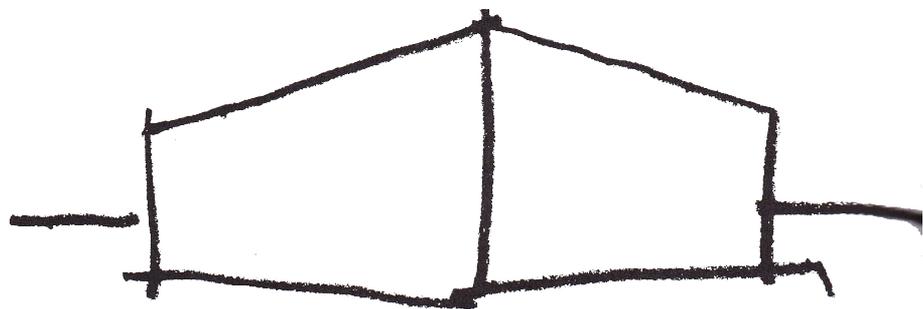
Die Grundlage für einen reibungslosen globalen Datenaustausch im Internet bilden standardisierte Übertragungsprotokolle wie beispielgebend das weitverbreitete TCP/IP (Transmission Control Protocol/ Internet Protocol) mit den darin definierten Richtlinien. Unabhängig von einer verwendeten Übertragungstechnologie können nach diesen definierten Regeln sowohl bestehende Netzwerke untereinander als auch neu hinzugefügte Netzwerke Informationen austauschen. Indem jedes mit dem Internet verbundene Gerät eine eigene, eindeutig zugeordnete individuelle IP-Adresse besitzt, kann es auch dezidiert angesteuert werden.¹⁸

Die Informationsübertragung im Internet basiert dabei auf dem Prinzip der Paketvermittlung, bei der anstelle der gesamten Information diese in kleine Datenpakete unterteilt und dezentral über unterschiedliche Routen zum Empfänger übertragen wird. Dadurch kann sowohl eine Überlastung einzelner Verbindungen verhindert als auch ein *single-point-of-failure* der gesamten Infrastruktur ausgeschlossen werden. Je mehr unterschiedliche Übertragungswege dabei zur Verfügung stehen, je dichter das verfügbare Wegenetz ist, desto ausfallsicherer und effizienter wird die gesamte Kommunikationsinfrastruktur.

Für die Übertragung werden die zu versendenden Daten in viele kleine Datenpakete unterteilt (Fragmentierung), wobei jedes Paket genaue Informationen über den Inhalt sowie Angaben, von welchem Gerät es versendet wurde und an welches Gerät es gesendet wird, beinhaltet. Nach dem Prinzip des *best-effort* wird es anschließend automatisch auf dem schnellsten Weg zum Empfänger übermittelt, wobei es durchaus möglich ist, dass einzelne Datenpakete derselben Information auf unterschiedlichen Routen zum Empfänger gelangen. Beim empfangenden Gerät werden diese entsprechend dem Übertragungsprotokoll wieder zusammengesetzt (Reassemblierung). Falls einzelne Datenpakete nicht ans Ziel gelangen, müssen statt der gesamten Information nur diese einzelnen Pakete erneut übertragen werden.¹⁹

18 Vgl. Vint Cerf u.a.: Brief History of the Internet, <http://www.internetsociety.org/internet/what-internet/history-internet/brief-history-internet>, 01.03.2017.

19 Vgl. The Euro-IX video in German, <https://www.youtube.com/watch?v=A93IPHKozPU>, 01.03.2017.



Die für den Betrieb des Internets erforderliche Informations- und Kommunikationsinfrastruktur manifestiert sich in interkontinentalen und transozeanischen Kabeltrassen, Funkmasten, Erdfunkstellen und Servergebäuden. Global verteilt und dezentral miteinander verbunden bilden sie in ihrer Gesamtheit die Grundlage unserer heutigen Nachrichtenübermittlung. Als Infrastruktur (lat. *infera*: unterhalb, unten, lat. *structura*: ordentliche Zusammenfügung, Ordnung, Aufbau, Bauart) schafft sie dabei eine allgemein verwendbare, notwendige Vorleistung und für die entsprechende Entwicklung wesentliche Rahmenbedingungen. Aufgrund des skalierbaren Grundgedankens der Technologie ist eine kontinuierliche Anpassung infolge von Wachstum oder Rückgang durch veränderte Anforderungen und Bedürfnisse gewährleistet.

Auf den gebauten Raum hatte das Internet speziell in den Anfängen noch kaum spürbare Auswirkungen. Die neue Technologie wurde seit der Öffnung des Internets schleichend in den Alltag integriert und löste dadurch innerhalb der letzten 25 Jahre für den privaten und kommerziellen Gebrauch einen kontinuierlichen Prozess der Veränderung und Neuausrichtung aus. Anstelle einer abrupten Ablöse war eine permanente Anpassung an die neuen Anforderungen und Möglichkeiten gegeben, wodurch im Laufe der Zeit manche Berufsfelder und damit verbundenen Gebäudetypologien an Bedeutung verloren oder komplett verschwanden (Postamt, Einzelhandel, Bankwesen,...), während neue Berufsfelder (Online-, ...) mit damit verbundenen Gebäudetypologien zunehmend an Bedeutung gewannen beziehungsweise diese frei gewordenen Räume ersetzen.²⁰

Für das heute vertraute und oft schon als selbstverständlich vorausgesetzte onlinebasierende Angebot sowie zur Verarbeitung unserer permanent produzierten und angeforderten digitalen Daten sind mittlerweile zusätzliche technisch optimierte Servergebäude mit entsprechend dimensionierten Stellflächen für das Equipment unumgänglich. Sowohl im urbanen als auch ländlichen Raum bilden sie weltweit einen zunehmend wahrnehmbaren und durchaus prägenden Bestandteil unserer Landschaft.

Im ruralen Bereich gipfelt dieser Umstand mittlerweile nahezu in einer Urbanisation ohne Zivilisation. Fernab von jeglicher Bevölkerung entstehen bereits von Menschen für "Maschinen für Menschen" gebaute Städte, die aufgrund ihrer Radikalität, Sublimität und extremen Beziehung zu ihrer Umgebung schon beinahe Aspekte von Landart aufweisen. Der Anspruch auf personale

Abb4

20 Vgl. Ann-Julchen Bernhardt: Tertiär, Grau. Eine Studie zur logistischen Landschaft in Deutschland, in: Arch+ Servicearchitekturen. Von Korridoren und Black Boxes, Big Boxes und logistischen Landschaften (2012), H. 205, 90.



Anwesenheit reduziert sich dabei lediglich auf Aspekte von Parameterüberwachung, Sicherheit und gelegentlichen Wartungsarbeiten.²¹ Ähnlich wie bereits im Zuge der Industriellen Revolution mit geografisch voneinander getrennten Verwaltungs- und Produktionsstätten sind es heute ausgelagerte und dezentral mit dem Internet verbundenen Servergebäude, die aus der Ferne ihre Aufgaben erfüllen.

Für gewisse Aufgaben besteht dennoch ein konkreter Bedarf an Stellflächen für Server im städtischen Bereich - ob Internetknoten, die in einem städtischen Umfeld gleichzeitig einen großen Kundenbereich erreichen und miteinander verbinden können oder Branchen wie beispielgebend aus dem öffentlichen Bereich, dem Gesundheits-, Wirtschafts- oder Finanzsektor, die notwendigerweise auf minimale Latenzzeiten angewiesen sind. Im urbanen Bereich sind Servergebäude als Teil der logistischen Landschaft jedoch mit der weltweit zu beobachteten Ambivalenz zeitgenössischer Städte konfrontiert. Während diese Bauten zwar einen erforderlichen, gleichzeitig jedoch oftmals unattraktiven Gegenpol zu einer repräsentativen Urbanität bilden, sind es doch genau diese Infrastruktur- und Servicebauten, welche durch ihr Vorhandensein und die durch sie ermöglichten Dienste eine Stadt überhaupt erst als Standort attraktiv und wettbewerbsfähig machen.²²

Obwohl sich diese anonymen Architekturen²³ von *big black boxes* sowohl durch ihre typologiebedingte rationale Abstraktheit als auch aufgrund größtmöglicher wirtschaftlich effizienter Gestaltung nach Außen hin weitgehend unscheinbar, zurückhaltend und unauffällig, schon beinahe abwesend präsentieren, haben sie gleichzeitig aber eine konkrete Auswirkung mit damit verbundenen Einschränkungen auf ihr bebautes Umfeld. Weiträumig umzäunt und mit Kameras überwacht dürfen sich aufgrund sicherheitsrelevanter Bedenken nur berechnete Personen diesen Anlagen nähern. Aufgrund des erforderlichen Platzbedarfes, den solche Infrastrukturen für den wirtschaftlichen Betrieb benötigen und auch einnehmen, und der gleichzeitig extrem wirtschaftlich kalkulierten Gebäude besteht in dieser schnelllebigen Branche jedoch eine durchaus berechnete Gefahr von dadurch produzierter Wegwerflandschaft und -architektur.²⁴ Während die wertvollen Server und die Gebäudetechnik bei sich ändernden Rahmenbedingungen durch den Umstand der

Abb5

21 Vgl. Koolhaas, Rem: The Cut. Where to from Here, When All of the Horizon is in the Cloud?, 06.01.2016, <http://flaunt.com/art/rem-koolhaas/>, 01.03.2017.

22 Vgl. Nikolaus Kuhnert, Anh-Linh Ngo: Servicearchitekturen. Von Korridoren und Black Boxes, Big Boxes und logistischen Landschaften, in: Arch+ Servicearchitekturen. Von Korridoren und Black Boxes, Big Boxes und logistischen Landschaften (2012), H. 205, 11.

23 Vgl. Rudofsky, 1964, 1-7.

24 Vgl. Nikolaus Kuhnert, Anh-Linh Ngo: Servicearchitekturen. Von Korridoren und Black Boxes, Big Boxes und logistischen Landschaften, in: Arch+ Servicearchitekturen. Von Korridoren und Black Boxes, Big Boxes und logistischen Landschaften (2012), H. 205, 10.



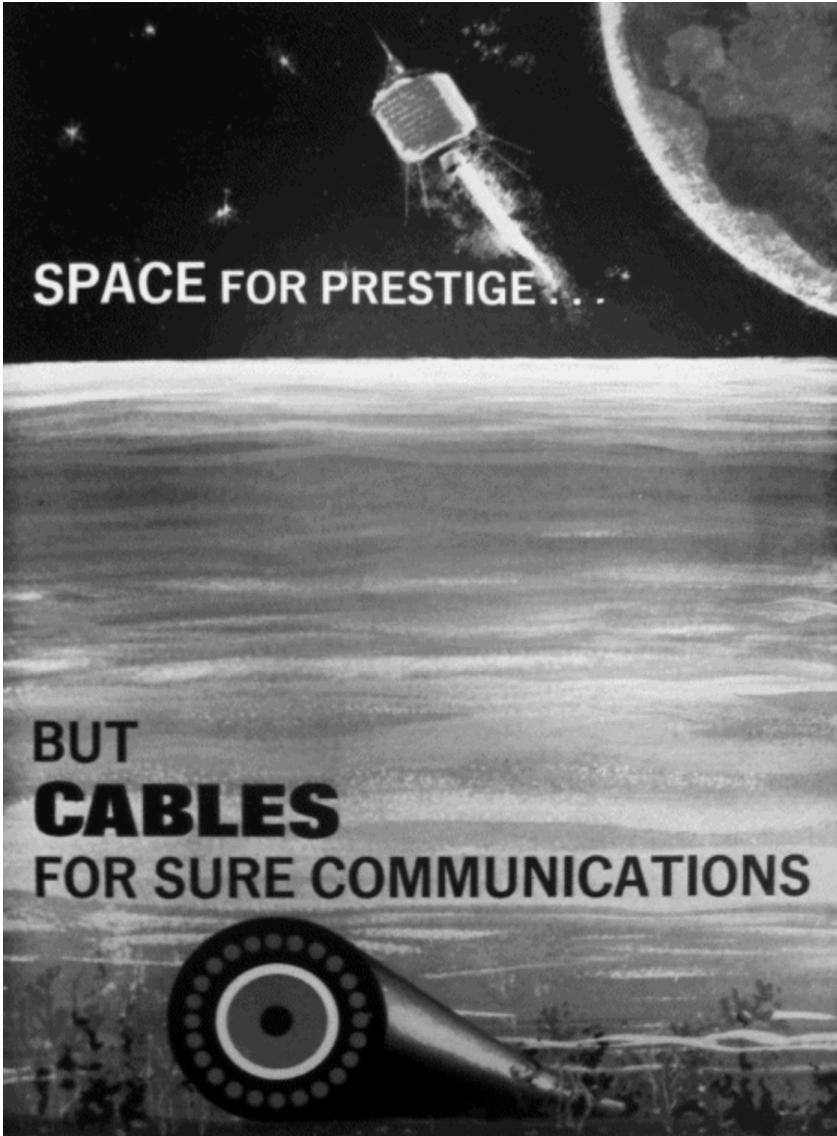
Dezentralität auch jederzeit an einem anderen Standort gleichwertig eingesetzt werden können, bleiben gegebenenfalls die verlassenen Industriebrachen zurück.

Nicht zu vernachlässigen ist dabei der permanente Hunger nach Energie, die für den Dauerbetrieb dieser weltweit verteilten schweigenden Massen an miteinander verbundenen Servern zum Betreiben der Kommunikationsinfrastruktur erforderlich ist. Weitgehend ausgelagert und ausgeblendet vom Nutzer benötigte die gesamte Internetinfrastruktur 2012 mit etwa 900TWh bereits rund 4% des weltweiten Strombedarfs. Dabei sind die drei wesentlichen Kategorien für den Internetbetrieb, die Endgeräte der Nutzer (PC, Laptops, Mobiltelefone, Tablets,...), die erforderlichen Servergebäude sowie die benötigten Kommunikationsnetze berücksichtigt.²⁵

Das Internet ist in seiner Gesamtheit somit einer der am schnellsten wachsenden Energieverbraucher auf unserem Planeten und könnte somit durchaus auch als eine neue Form von Schwerindustrie betrachtet werden.²⁶ Tatsächlich ist der Energiebedarf des scheinbar immateriellen Internets mittlerweile größer als der des gesamten globalen Flugverkehrs und Prognosen erwarten, dass das Internet 2030 mehr Energie verbrauchen wird als die heutige Weltbevölkerung. Vergleiche wie die Tatsachen, dass eine Suchanfrage gleichviel CO₂ erzeugt wie eine kleine Kanne Tee oder dass mittlerweile 25 Atomkraftwerke nur für die erforderliche Stromproduktion des Internets erforderlich sind, geben der Thematik eine annähernd fassbare Relation.^{27 28} Als Nutzer sollte man sich zumindest dessen bewusst sein, dass jede Interaktion im Internet - *aktualisieren, neu laden, gefällt mir, sofort kaufen, senden, empfangen, suchen, teilen* - dazu beiträgt.

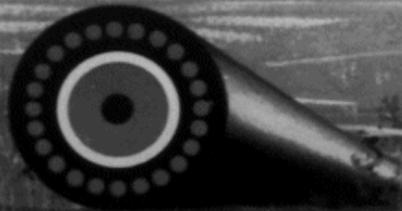
Abb6

- 25 Vgl. Wieviel Strom braucht das Internet?, 03.03.2015, <https://www.ethz.ch/de/news-und-veranstaltungen/eth-news/news/2015/03/wieviel-strom-braucht-das-internet.html>, 01.03.2017.
- 26 Vgl. Keyword: Evil, <http://archive.harpers.org/2008/03/pdf/HarpersMagazine-2008-03-0081946.pdf?AWSAccessKeyId=AKIAJXATU3VRJAAA66RA&Expires=1488563161&Signature=Et6ZkdZ2bgkySmTU7gooPv8bUPM%3D>, 01.03.2017.
- 27 Vgl. Ann-Julchen Bernhardt: Tertiär, Grau. Eine Studie zur logistischen Landschaft in Deutschland, in: Arch+ Servicearchitekturen. Von Korridoren und Black Boxes, Big Boxes und logistischen Landschaften (2012), H. 205, 90.
- 28 Vgl. Wie viel Energie braucht das Netz?, 02.01.2017, Jörg Hommerl, Pascal Kiss <http://www.swr.de/naturlich/stromfresser-internet-wie-viel-energie-braucht-das-netz/-/id=100810/did=14939750/nid=100810/17wfi2i/>, 01.03.2017.



SPACE FOR PRESTIGE . . .

BUT
CABLES
FOR SURE COMMUNICATIONS



Wesentliche Voraussetzung für den paketbasierenden globalen Informationsaustausch ist das eng vernetzte Wegenetz aus Abermillionen möglichen Verbindungsrouten, über welche die mit dem Internet verbundenen Geräte untereinander kommunizieren können. Drei unterschiedliche Übertragungstechnologien - Satellit, Funk, Kabel - mit jeweils entsprechenden Anwendungsbereichen können dafür eingesetzt werden.²⁹

Die auf den ersten Blick durchaus am fortschrittlichsten anmutende Datenübertragungstechnologie des Satelliten nimmt im weltweiten onlinebasierenden Datenaustausch allerdings nur eine untergeordnete Rolle ein, da über sie aufgrund technologiebedingter längerer Übertragungszeiten, geringerer Übertragungsraten und der damit verbundenen erhöhten Kosten die immensen Datenmengen des täglichen globalen Datenaustausches derzeit nicht zu bewältigen wären. Satelliten werden deshalb hauptsächlich als Verbindungstechnologie zu schlecht erschlossenen oder abgeschiedenen Regionen wie Gebirgsmassiven oder Inselgruppen eingesetzt. Über mit dem Internet verbundene Erdfunkstellen werden die Datensignale dabei vorrangig über geostationäre Satelliten in die Zielregion übermittelt.³⁰

Voraussetzung für den heute üblichen vorwiegend mobilen Zugang zum Internet ist die Übertragungstechnologie des Funks, wodurch über ein flächendeckendes Netz aus sich überlappenden Funkzellen von praktisch jedem Standort aus eine Verbindung mit dem Internet hergestellt werden kann. Die dafür benötigte Dichte an über das ganze Land verteilten erforderlichen Funkmasten mit entsprechenden Basisstationen und Antennen ist abhängig von den topografischen Gegebenheiten, dem Verbauungsgrad, der erwarteten Anzahl an Nutzern sowie der erforderlichen Netzgeschwindigkeit innerhalb der jeweiligen Region. Deutlich zeigt das ein Vergleich der beiden Bundesländer Wien(2110) und Tirol(1954), in denen trotz deutlichen Flächenunterschiedes jeweils in etwa dieselbe Anzahl an Funkmasten positioniert ist.^{31 32}

Für den weltweiten Datenaustausch sind jedoch Kabel von größter Bedeutung. Obwohl sie in unserer *wireless world* schon beinahe überholt scheinen, übermitteln sie praktisch die gesamte globale

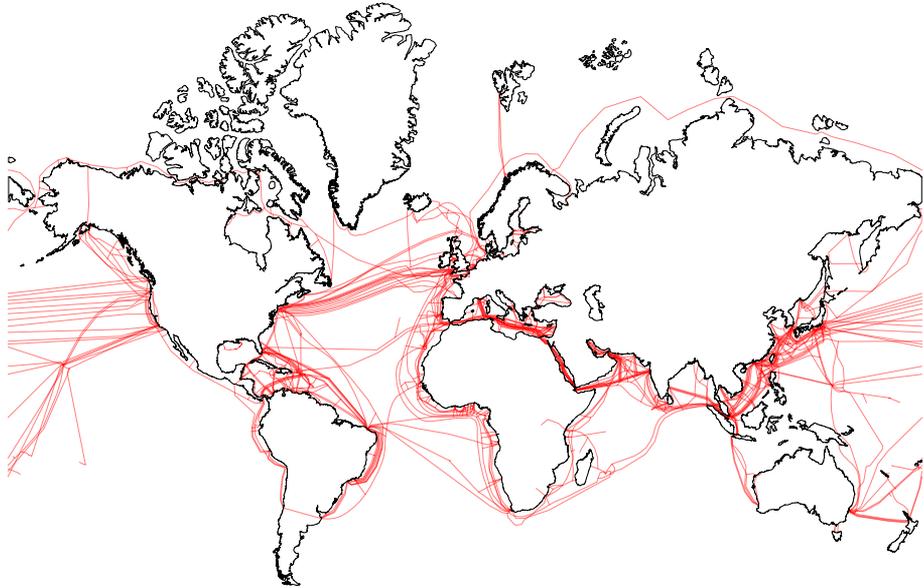
Abb7

29 Vgl. Vint Cerf u.a.: Brief History of the Internet, <http://www.internetsociety.org/internet/what-internet/history-internet/brief-history-internet>, 01.03.2017.

30 Vgl. Wolfgang Hammer: Space, the final frontier: A1 startet mit Breitband-Internet via Satellit, 09.02.2015, <https://www.a1blog.net/2015/02/09/space-the-final-frontier-a1-startet-mit-breitband-internet-via-satellit/>, 01.03.2017.

31 Vgl. Mobilfunk - Technische Informationen, <http://www.senderkataster.at/technik>, 01.03.2017.

32 Vgl. Mobilfunkstationen in Österreich, 30.06.2015, http://www.fmk.at/site/assets/files/44906/140624_anzahl_stationen_q2_2015.pdf, 01.03.2017.



digitale Information und Kommunikation und bilden dadurch sowohl interkontinental als auch transozeanisch das Nervensystem des Internets. Nach Telegraphenleitungen über Kupferleitungen sind es heute moderne Glasfaserleitungen, welche die mittlerweile erforderliche Bandbreite für den Datentransport auf eine verhältnismäßig kostengünstige und gleichzeitig sichere, schnelle und zuverlässige Weise sicherstellen. Weitgehend ausgeblendet sind die ebenfalls erforderlichen über den Meeresboden führenden Seekabel, welche die wesentliche Datenverbindung zwischen den Kontinenten bilden und beinahe 99% der transozeanischen Datenübertragung übernehmen. Die Seekabel müssen dabei extremen Bedingungen wie niedrigen Temperaturen, hohem Druck und mechanischen Beanspruchungen standhalten. Gleichzeitig gibt ihr Verlauf aber auch Auskunft über geopolitische Interessen.³³

Abb8 Globale Unterseekabel
33 Vgl. Starosielski 2015.



Aus europäischer Sicht nimmt die südliche Hafenstadt Marseille für den interkontinentalen Daten- und Informationsaustausch eine überregional gesehen bedeutende Rolle ein, da sie als Tor zum Mittelmeer eine strategische Drehscheibe markiert. Als Landepunkt kontinentaler und transozeanischer Kommunikations- und Datenkabel ist sie die wesentliche Schnittstelle zwischen dem europäischen Festland und dem afrikanischen und asiatischen Kontinent. Über 10 Unterseekabel landen bereits an diesem Standort.³⁴

Aufgrund der kontinuierlichen Erschließung neuer Märkte - vor allem in derzeit noch schlecht erschlossenen Regionen in Nordafrika und dem Mittleren Osten - und der permanent wachsenden Datenmengen werden derzeit zwei neue Unterseeverbindungen geschaffen. Durch das ca. 25000 km lange AAE-1 mit 12 angeschlossenen Ländern und dem ca. 20000 km langen SeaMeWe-5 mit 16 angeschlossenen Ländern sollen sowohl bestehende Verbindungen durch zusätzliche Redundanzen zwecks geringerer Störanfälligkeit abgesichert als auch neue Kapazitäten für den prognostizierten interkontinentalen Datenaustausch der kommenden Jahre geschaffen werden.^{35 36}

Für Unternehmen bietet der Standort Marseille daher langfristig eine durchaus attraktive Möglichkeit, auf europäischen Rechtsraum mit hier geltenden gesetzlichen und rechtlichen Rahmenbedingungen den neuen Nutzern Daten, Informationen und Inhalte räumlich entscheidend näher an den wachsenden Zielmärkten bereitzustellen. Diese verbesserten Rahmenbedingungen durch bereits von Beginn an vorhandene Angebote an Quantität und Qualität können sich wiederum im Gegenzug positiv auf die Entwicklung einer stabilen und wachsenden Internetinfrastruktur in diesen neu erschlossenen Regionen auswirken.³⁷

Abb9 Seekabel am Standort Marseille

34 Vgl. Greg's Cable Map, <http://www.cablemap.info>, 01.03.2017.

35 Vgl. AAE1, <http://aac1.com>, 01.03.2017.

36 Vgl. SEA-ME-WE 5 Submarine Cable System, <http://www.seamewe5.com>, 01.03.2017.

37 Vgl. DE-CIX baut Internet Exchanges in Sizilien und Marseille auf, 10.04.2015, <https://www.eco.de/2015/news/de-cix-baut-internet-exchanges-in-sizilien-und-marseille-auf.html>, 01.03.2017.

„Das Wissen um die Macht der Dienstbarkeitsarchitektur ist heute entscheidend, wenn wir die Bedeutung der verborgenen elektrischen Gehilfen für die Informationsgesellschaft oder der logistischen Landschaft für die Dienstleistungsgesellschaft verstehen wollen.“³⁸

Teil 2



Eine entscheidende Rolle bei der heutigen schnellen, reibungslosen und auch preiswerten Form des Datenaustausches im Internet nehmen Internetknotenpunkte ein, welche wesentliche Eckpfeiler entlang der globalen Datenhighways bilden. Auf einer Art Makroebene entsteht zwischen diesen Knotenpunkten scheinbar grenzenlos ein dichtes Wegenez, welches global Städte, Länder und Kontinente miteinander verbindet. Auf alle Kontinente verteilt bilden derzeit weltweit 521 Internetknotenpunkte in 115 Ländern die essentiellen Schnittstellen des Datenaustausches zwischen den unterschiedlichsten privaten, öffentlichen, wissenschaftlichen oder wirtschaftlichen Netzwerken, die in ihrer Gesamtheit erst das Internet von heute ergeben.³⁹ Durch ein permanentes Nachverdichten innerhalb der bestehenden Strukturen werden global vorhandene blindspots kontinuierlich reduziert.⁴⁰

Speziell in den Anfängen des Internets konnte es vor allem in Europa vorkommen, dass die auszutauschenden Daten zwischen zwei Internetnutzern innerhalb derselben Stadt zuerst die Landesgrenze oder sogar den Atlantik überqueren mussten, um an das eigentlich so nahegelegene Ziel zu gelangen. Dies war der Fall, wenn die Nutzer zum Beispiel unterschiedliche Internetdienstanbieter hatten, wodurch der Datenverkehr erst über den ersten gemeinsamen Knotenpunkt übertragen werden konnte.⁴¹

Um diese teuren Langstrecken zu vermeiden und die Internetverbindungen innerhalb einer Region effizienter zu gestalten, können Anbieter nun Verträge über einzelne private bilaterale Verbindungen untereinander abschließen und Daten durch sogenannten *transit* austauschen. Da dafür jedoch zu jedem Vertragspartner eine eigene Verbindung hergestellt und infolgedessen auch aufrechterhalten werden muss, kommt es bei dem heutigen Umfang und der abzudeckenden Reichweite langfristig zu einem logistischen sowie finanziellen Mehraufwand.⁴²

Deshalb etablierte sich in geographischen Regionen, in denen mehrere unterschiedliche Organisationen (Internetdienstanbieter, Telekommunikationsbetreiber, soziale Medien, öffentliche Institutionen, ...) ohnehin regelmäßig Daten untereinander austauschten, das System der Internetknoten als eine gemeinsame neutrale Serviceplattform zum Verbinden der jeweiligen Technologien und Netzwerke und zum Austausch von Datenverkehr. Es ist somit nur eine einzige Anbindung an einen gemeinsamen, für alle geeigneten Austauschpunkt erforderlich, um sich von

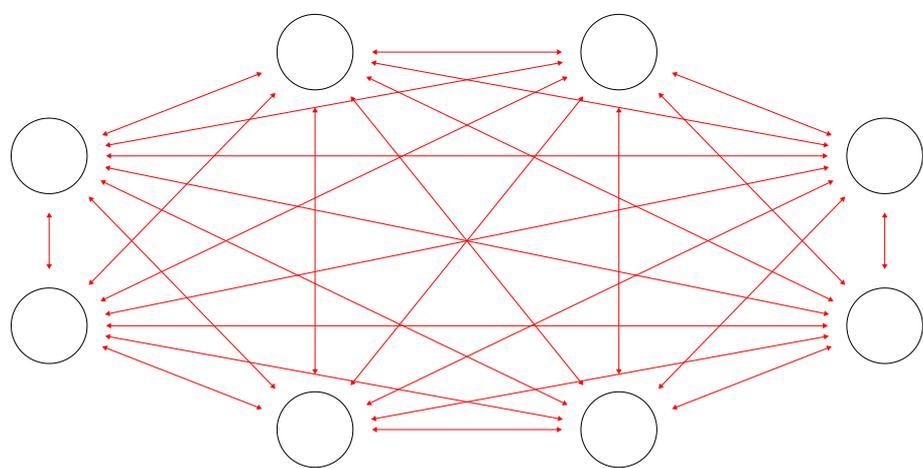
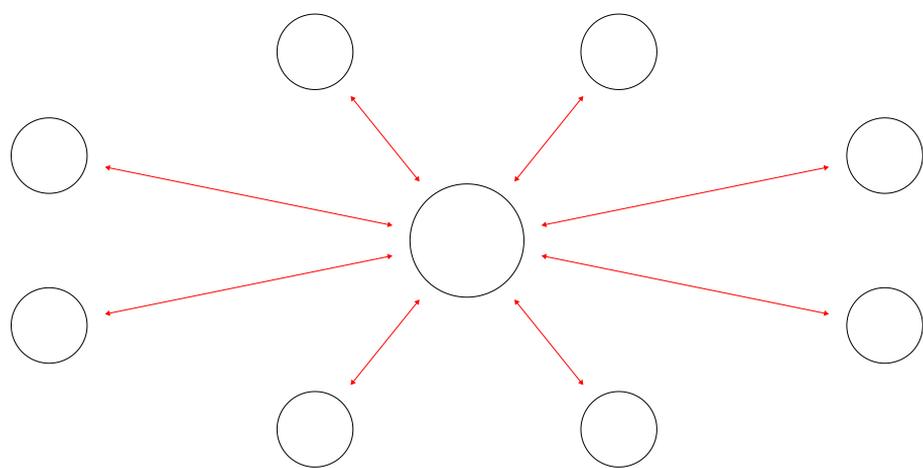
Abb10 Peeringmatrix 2016 - Internetknoten in der EURO-IX Region

39 Vgl. List of IXPs, <https://www.euro-ix.net/ixps/list-ixps/>, 01.03.2017.

40 Vgl. Successful Models for IXPs, <http://www.ix-f.net/ixp-models.html>, 01.03.2017.

41 Vgl. Die Geschichte des VIX, 21.09.2016, https://www.vix.at/vix_history.html, 01.03.2017.

42 Vgl. The Euro-IX video in German, <https://www.youtube.com/watch?v=A93IPHKozPU>, 01.03.2017.



dort durch sogenanntes *peering* mit allen anderen Organisationen verbinden zu können.^{43 44}

Die Vorteile sind dabei neben einem lokal gehaltenen Internetverkehr die Entlastung von teuren Weitverkehrsstrecken, eine Erhöhung des Verkehrsdurchsatzes und gleichzeitig eine Minimierung der Übertragungsbedingten Latenzzeiten.⁴⁵ Allenfalls bereits existierende Mängel durch politische oder intransparente Regulierungen, geschlossene oder stark regulierte Märkte, durch schlechte Energieversorgung oder wettbewerbsunfähige Preise können jedoch durch Internetknoten nicht behoben werden.⁴⁶

In den Anfängen waren vor allem Universitäten sowie Forschungs- und Bildungseinrichtungen aufgrund ihrer Interessen an einem gegenseitigen Datenaustausch potentielle Betreiber von Internetknotenpunkten, welche dadurch auch gleichzeitig einen wesentlichen Beitrag zur Etablierung des Internets innerhalb der jeweiligen Länder geleistet haben. Durch die Öffnung des Internets für den privaten und kommerziellen Nutzen kamen mit der Zeit weitere Interessensgruppen wie einzelne Zusammenschlüsse von Internetanbietern einer Region, informelle Zusammenschlüsse von Netzwerken, neutrale Betreiber kommerzieller Unternehmen oder auch gemeinnützige unabhängige Organisationen als mögliche Betreiber von Internetknoten dazu.⁴⁷

Unabhängig davon, ob diese Betreiber dabei ein kommerzielles oder nicht kommerzielles Geschäftsmodell verfolgen (die meisten europäischen Internetknotenbetreiber verfolgen im Gegensatz zu amerikanischen Betreibern ein nicht kommerzielles Geschäftsmodell), stellt zwecks Vermeidung jeglicher Monopolstellungen eine neutrale Haltung gegenüber allen Kunden und ihren jeweiligen Interessen eine Grundvoraussetzung für ein langfristig erfolgreiches Bestehen als gegliederte und doch gemeinsam genutzte Serviceplattform dar.^{48 49} Internetknotenbetreiber müssen vermeiden, in irgendeiner Art mit Geschäftsaktivitäten ihrer Kunden zu konkurrieren.

Neben dem eigentlichen Equipment zum Betreiben des Datenaustausches ist außerdem angemessener Platz für das daran angeschlossene Kundenequipment erforderlich. Im Laufe der

Abb11 peering - transit

43 Ebd.

44 Vgl. What is an IXP?, <https://www.euro-ix.net/ixps/what-is-ixp/>, 01.03.2017.

45 Vgl. Die Geschichte des VIX, 21.09.2016, https://www.vix.at/vix_history.html, 01.03.2017.

46 Vgl. Successful Models for IXPs, <http://www.ix-f.net/ixp-models.html>, 01.03.2017.

47 Vgl. IXP Models, <http://www.ixp toolkit.org/content/ixp-models>, 01.03.2017.

48 Vgl. Commercial versus Non-Commercial, <https://www.euro-ix.net/ixps/setup-ixp/ixp-models/commercial-versus-non-commercial/>, 01.03.2017.

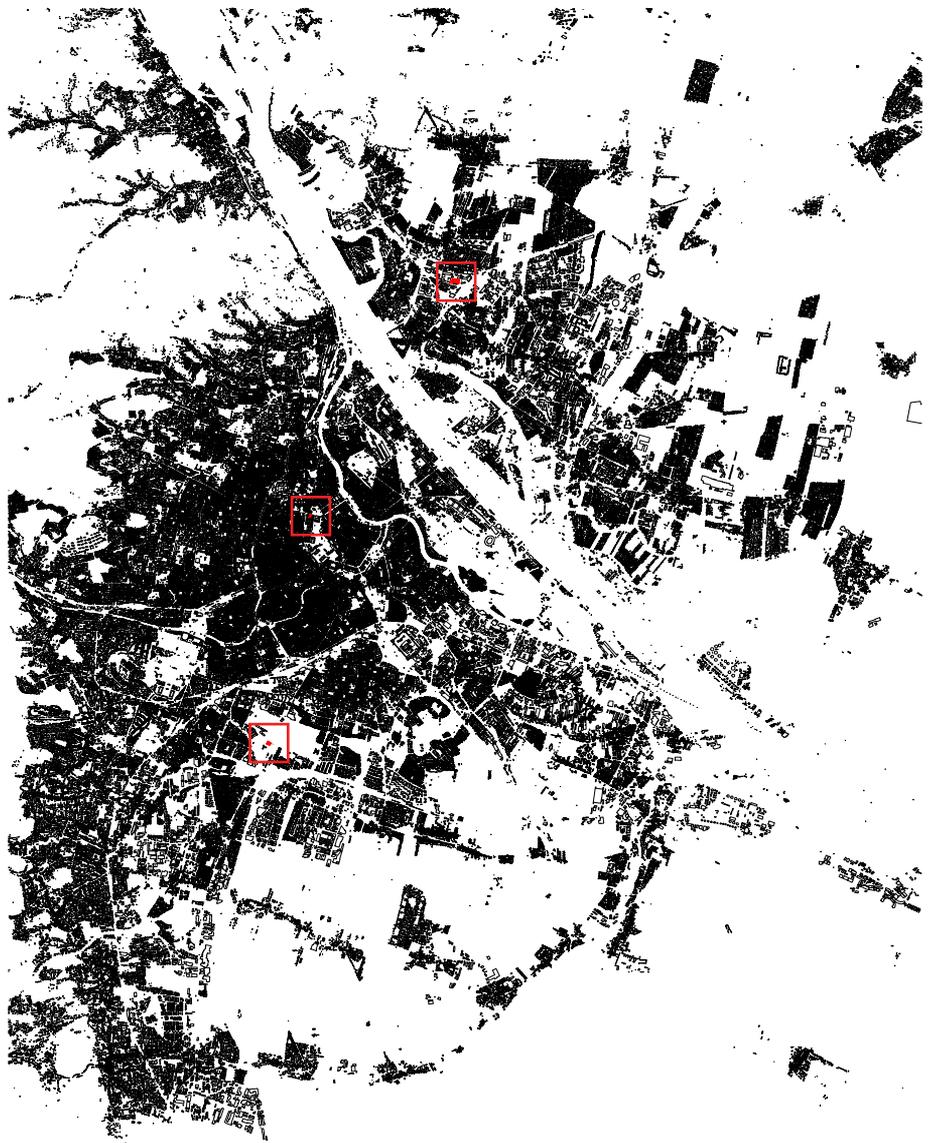
49 Vgl. Neutrality, <https://www.euro-ix.net/ixps/setup-ixp/ixp-models/neutrality/>, 01.03.2017.



letzten Jahre erweiterten etablierte Internetknotenbetreiber ihre bestehenden Standorte aufgrund des kontinuierlich steigenden Datenaufkommens und des damit verbundenen steigenden Bedarfs an Stellflächen für das Kundenequipment um zusätzliche Niederlassungen beziehungsweise lagerten zunehmend Teile davon an externe Colocationbetriebe aus. Während sich in den Anfängen die Standorte von Internetknotenpunkten vorwiegend aus lokalen Gegebenheiten und Interessen entwickelten (CERN, Universität Wien,...), werden die neuen Standorte ihrer Aufgabe entsprechend strategischer gewählt. Im Sinne einer neutralen, gemeinsam nutzbaren Serviceplattform liegt die Herausforderung in einer möglichst gleichmäßigen und weitreichenden Erreichbarkeit von Kunden, Branchen und Nutzern. Durch mehrere miteinander verbundene Niederlassungen innerhalb einer Stadt oder einer Region werden sowohl ein größerer Einzugsbereich für potentielle Kunden als auch gleichzeitig eine erhöhte Ausfallsicherheit der gesamten lokalen Internetinfrastruktur durch eine dadurch gegebene Redundanz geschaffen.⁵⁰

An den Beispielen Wien (VIX | Größter Internetknoten in Österreich), Frankfurt am Main (DE-CIX | Standort mit weltweit größtem Datendurchsatz) und Amsterdam (AMS-IX | Standort mit den meisten Mitgliedern) werden sowohl die städtebauliche Situierung innerhalb der jeweiligen Stadt sowie die erforderlichen Gebäudedimensionen gegenübergestellt.

50 Vgl. Housing, <https://www.euro-ix.net/ixps/setup-ixp/ixp-infrastructure/housing/>, 01.03.2017.



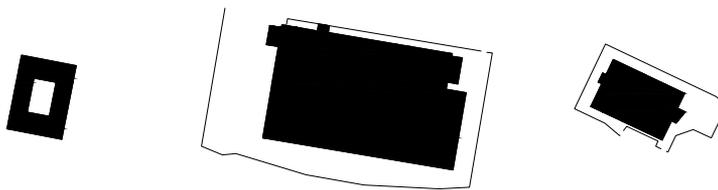
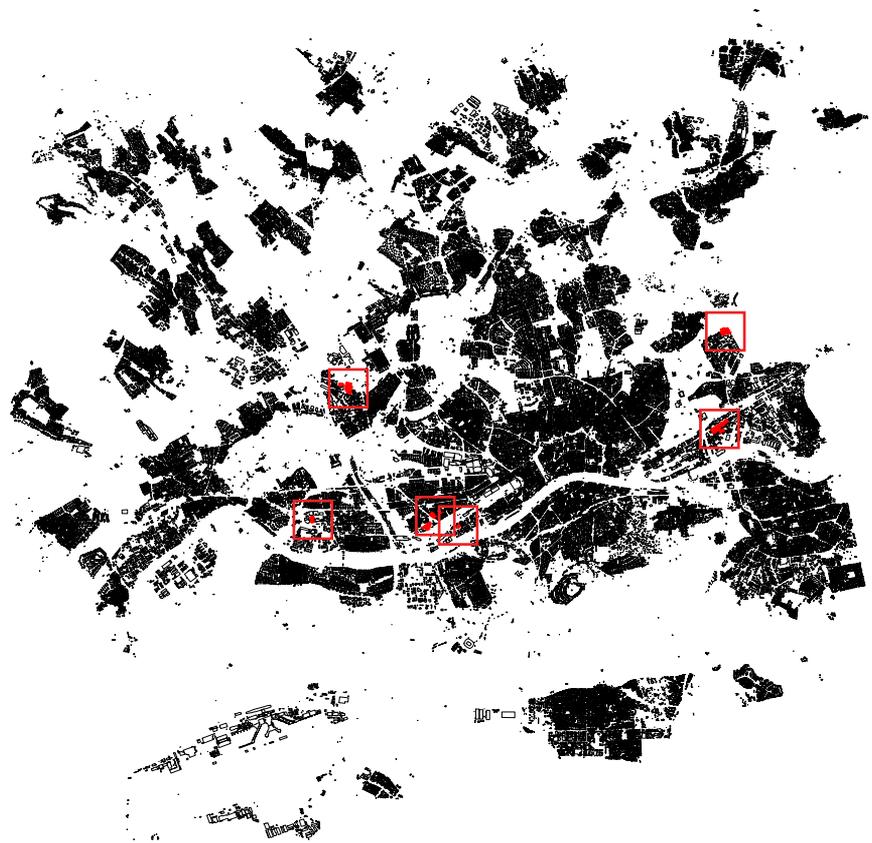


Abb 12

Universitätsstraße 7 - Louis-Häfliger-Gasse 10 - Computerstraße 4



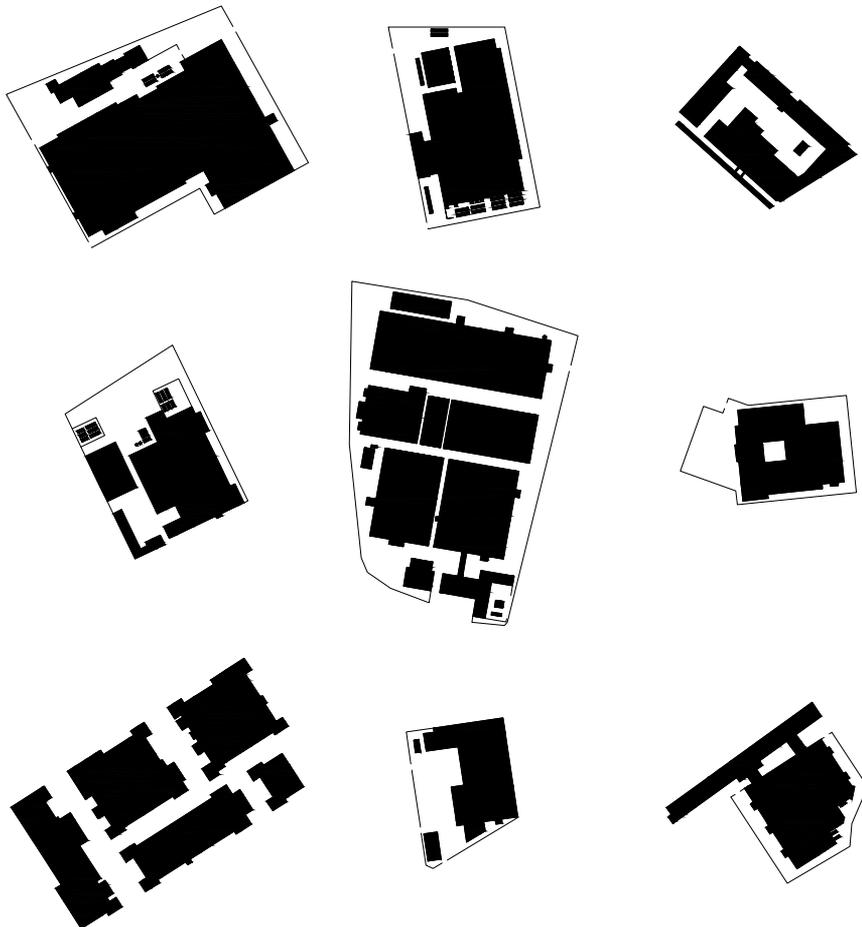
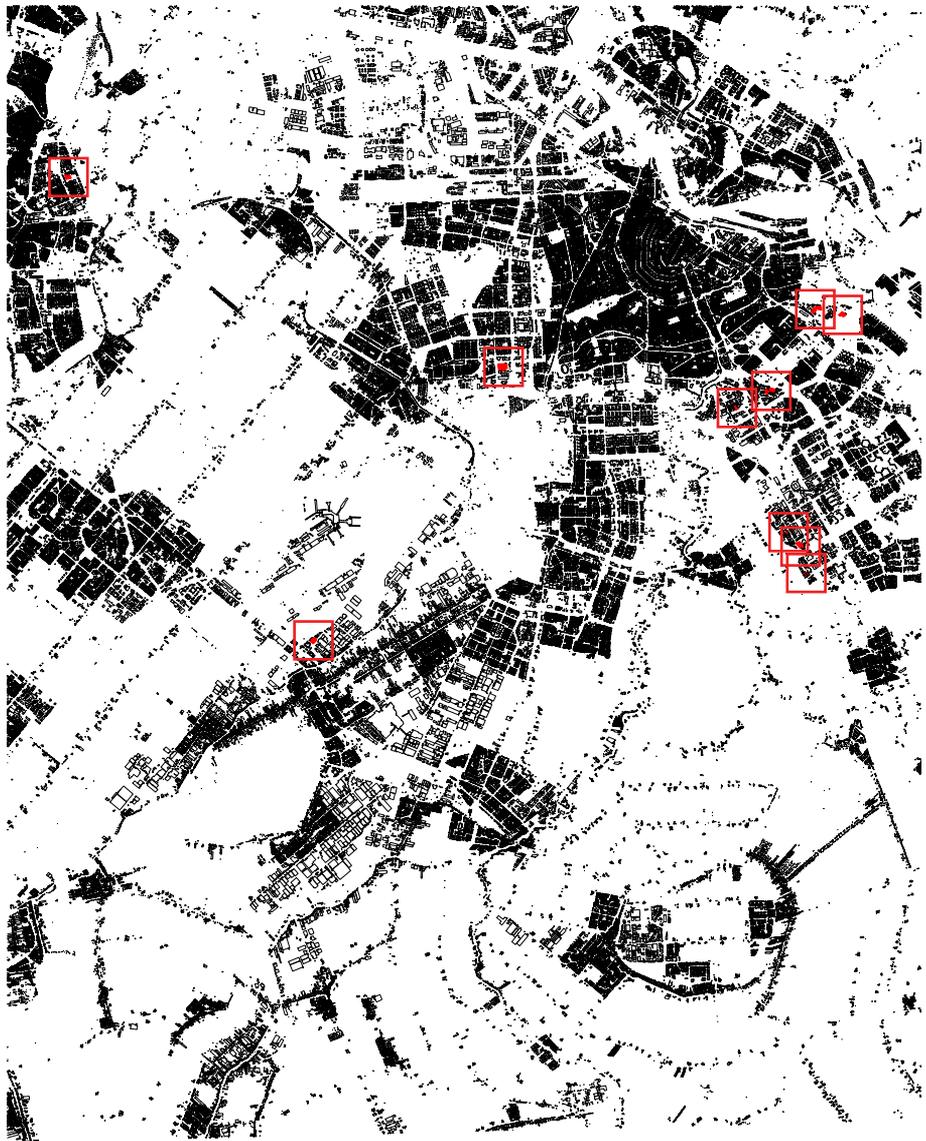


Abb 13

Kruppstr. 121-127 - Lärchenstr. 110 - Kleyerstr. 90
Gutleutstr. 310 - Eschborner Landstr. 100 - Eschborner Landstr. 110
Hanauer Landstr. 302 - Hanauer Landstr. 304 - Weissmuellerstr. 21-23 - Weissmuellerstr. 19 - Hanauer Landstr. 308a -
Hanauer Landstr. 300a - Hanauer Landstr. 296a - Weissmuellerstr. 36 - Kleyerstr. 82 - Kleyerstr. 79



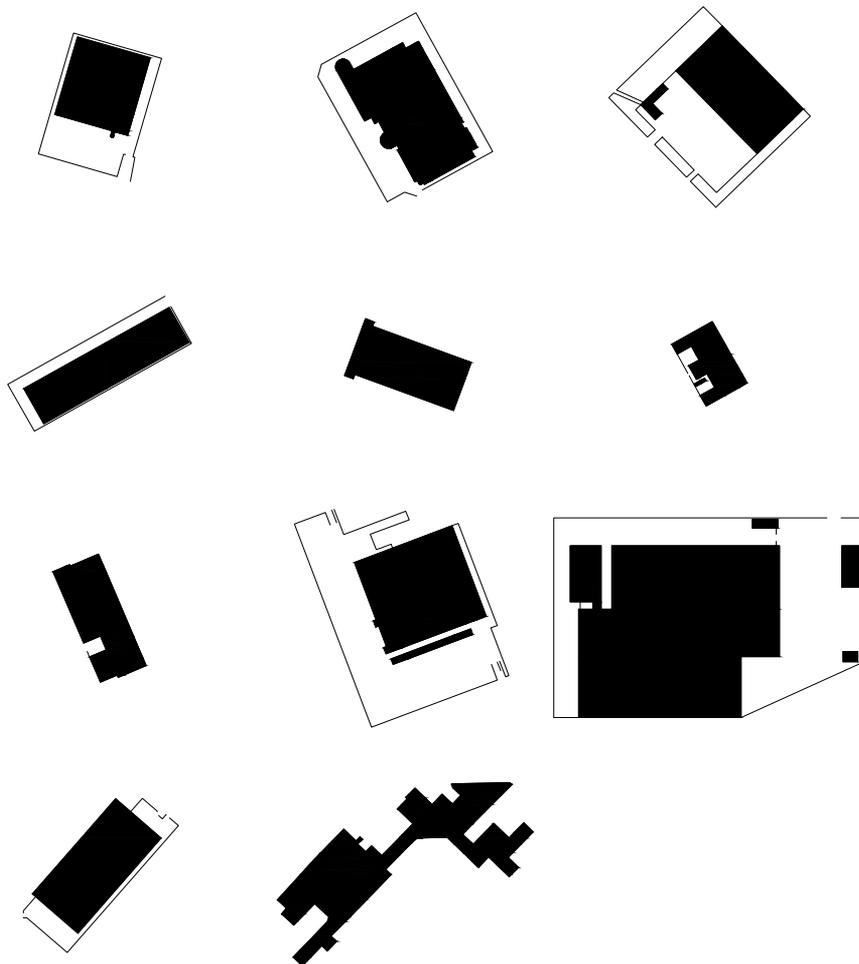


Abb14

H.J.E. Wenckebachweg - Luttenbergweg 4 - Science Park 610
Scheperbergweg 42 - Duivendrechtsekade 80A - Kuiperbergweg 13
Paul van Vlissingenstraat 16 - J.W. Lucasweg 35 - Henk Sneevlietweg 2-6
Tupolevlaan 101 - Science Park 121 - Science Park 105



Durch die zunehmende Bedeutung der digitalen und onlinebasierenden Datenverarbeitung entstand seit den 2000er Jahren ein neuer wachsender Dienstleistungssektor im Bereich der Servergebäude, der neben anfänglichen Schwerpunkten in den Bereichen Wissenschaft, Industrie und Verwaltung durch die neuen Möglichkeiten auch zunehmend das Interesse der Wirtschaft weckte.⁵¹ Neben firmeneigenen Servergebäuden für die interne Nutzung gewannen extern betriebene Colocationcenter als gemeinsam genutzte Servergebäude mit dadurch auch flexibleren Stellflächenangeboten an Bedeutung.

Während bei firmeneigenen Servergebäuden Räumlichkeiten, Technik und Ausstattung den geplanten Anforderungen des eingesetzten IT-Equipments entsprechend angepasst und optimiert werden können, liegt bei extern betriebenen Colocationgebäuden der Fokus in der Gewährleistung einer größtmöglich funktionierenden Heterogenität. Kunden haben hier die Möglichkeit, ihr eigenes Serverequipment in einer dafür technisch optimierte Umgebung auszulagern. Während vom Betreiber die für den Betrieb notwendigen Grundvoraussetzungen wie Stellflächen, Energieversorgung, Kühlleistung und entsprechende physische Sicherheit zur Verfügung gestellt werden, sind die Kunden selbst für die Wartung, den Komponentenaustausch und die digitale Sicherheit ihrer Server verantwortlich.⁵²

Aufgrund der dezentralen Anbindungsmöglichkeit an das Internet können Servergebäude innerhalb eines abzudeckenden Gebietes flexibel auf lokale Gegebenheiten Rücksicht nehmen und reagieren. Neben einer unumgänglichen Anbindung an das Strom- und Datennetz müssen vorab jedoch lokale Arealrisiken und Gefährdungspotentiale wie eine örtliche Nähe zu Industrieanlagen, Deponien, Müllverbrennungsanlagen oder militärischen Einrichtungen, vorhandenen Einflugschneisen von Flughäfen, sowie auch die Wahrscheinlichkeit von möglichen Naturkatastrophen berücksichtigt und entsprechend abgewogen werden.⁵³ Durch die flexiblen und anpassungsfähigen Rahmenbedingungen von Servergebäuden bestehen dadurch die Möglichkeiten eines Einbaus in bestehende Gebäudestrukturen, eines Umbaus von ungenutzten, leer stehenden Gebäudestrukturen oder eines Neubaus.

51 Vgl. Applikationen für die elektrische Energieverteilung, https://w3.siemens.com/powerdistribution/global/DE/consultant-support/download-center/tabcardseiten/Documents/Planungshandbuecher/Elektrische_Energieverteilung_in_Rechenzentren.pdf, 4, 01.03.2017.

52 Gespräch mit Bernhard Pawlata (Interxion), geführt von Gabriel Tschinkel, Wien, 23.03.2016.

53 Vgl. Applikationen für die elektrische Energieverteilung, https://w3.siemens.com/powerdistribution/global/DE/consultant-support/download-center/tabcardseiten/Documents/Planungshandbuecher/Elektrische_Energieverteilung_in_Rechenzentren.pdf, 8, 01.03.2017.



Bei Servergebäuden haben sich je nach Standort weit reichende Umzäunungen, 24/7 Zugangs- und Sicherheitskontrollen, Überwachungskameras sowie mehrschichtige Zutrittslevels (Grundstück, Gebäude, IT-Bereich, Serverraum, Cage, Rack) zur Gewährleistung von physischer Sicherheit bewährt. Durch interne Erschließungsmaßnahmen soll zudem sichergestellt werden, dass nur Personen mit entsprechenden Befugnissen auch in die dafür vorgesehenen Bereiche gelangen können. Trotz aller Maßnahmen muss jedoch im Regelbetrieb eine entsprechende Verhältnismäßigkeit für die Mitarbeiter zumutbar bleiben.^{54 55}

Da viele Unternehmen bereits geschäftskritisch auf eine größtmögliche Verfügbarkeit und permanente Funktionsbereitschaft ihrer Server angewiesen sind, zählt neben den sicherheitsrelevanten Aspekten vor allem technische Zuverlässigkeit zu den wichtigsten Anforderungen an Servergebäude. Störungen können neben möglichen Datenverlusten, Geschäftseinbußen und den Auswirkungen von Betriebsunterbrechungen auch zu weiteren wirtschaftlichen Folgeschäden durch Image- und Vertrauensverluste führen.⁵⁶

Mit kostenintensiven Maßnahmen durch Redundanzen bei systemkritischen technischen Einrichtungen ($n+1$, $2n$, $2(n+1)$)⁵⁷ sowie Vorkehrungen von Resilienz wird bereits vorab größtmöglich versucht, einen *single-point-of-failure* zu vermeiden bzw. im Falle eines Ausfalls oder infolge von notwendigen Wartungsarbeiten trotzdem weiterhin einen sicheren Serverbetrieb gewährleisten zu können. Eine höchste Verfügbarkeit von 99,999% mit einer jährlichen Ausfallszeit von ca. 5 Minuten wird von vielen Branchen bereits gefordert - bei 99,9% beträgt die jährliche Ausfallszeit 8:45 Stunden.⁵⁸ Vier verschiedene *Tier*-Klassifizierungen vom amerikanischen Uptime Institute haben sich etabliert und kennzeichnen die vorhandenen technischen Standards eines Servergebäudes.⁵⁹ Durch die Verwendung von Brandmeldern, mehrstufigen Brandfrüherkennungsanlagen, welche einen Brand bereits bis zu 20 Minuten vor dem Ausbruch detektieren, sowie durch den Einsatz von Löschgas zur Reduktion des Sauerstoffgehaltes in den jeweiligen Räumen werden in Verbindung

54 Vgl. Housing, <https://www.euro-ix.net/ixps/setup-ixp/ixp-infrastructure/housing/>, 01.03.2017.

55 Vgl. M 1.49 Technische und organisatorische Vorgaben für das Rechenzentrum, https://www.bsi.bund.de/DE/Themen/ITGrundschutz/ITGrundschutzKataloge/Inhalt/_content/m/m01/m01049.html, 01.03.2017.

56 Vgl. Applikationen für die elektrische Energieverteilung, https://w3.siemens.com/powerdistribution/global/DE/consultant-support/download-center/tabcardseiten/Documents/Planungshandbuecher/Elektrische_Energieverteilung_in_Rechenzentren.pdf, 10, 01.03.2017.

57 Vgl. Leitfaden Betriebssicheres Rechenzentrum. Leitfaden Version 3, <https://www.bitkom.org/noindex/Publikationen/2013/Leitfaden/Betriebssicheres-Rechenzentrum/LF-Betriebssicheres-Rechenzentrum.zip>, 26, 01.03.2017.

58 Ebda., 9.

59 Vgl. Explaining the Uptime Institute's Tier Classification System, <https://journal.uptimeinstitute.com/explaining-uptime-institutes-tier-classification-system/>, 01.03.2017.



mit möglichst einheitlichen Raumgrößen zur jeweils gleich effizienten Brandbekämpfung die hohen Anforderungen an den Brandschutz erfüllt. Ein maximaler Funktionserhalt wird des Weiteren auch durch unterschiedlich geführte Leitungseinspeisungen im Falle einer Leitungsbeschädigung außerhalb des Grundstückes sowie durch den Einsatz von Netzersatzanlagen mit entsprechenden Treibstofftanks für einen temporären autarken Betrieb im Falle eines lokalen Stromausfalles sichergestellt. Die größte Gefahr sehen Betreiber von Servergebäuden in den Folgen eines länger andauernden Blackouts sowie in einem Ausfall bei der Internetanbindung.⁶⁰ Gleichzeitig ist die Gefahr von Cyberangriffen auf diese Infrastrukturen ein nicht zu unterschätzendes Risiko und mittlerweile wahrscheinlicher als mögliche physische Angriffe.⁶¹

Servergebäude zeigen aus energetischer Sicht zwei Extreme auf: sie benötigen für ihren permanenten Dauerbetrieb Unmengen an Strom und wandeln diesen im Betrieb zum großen Teil in nicht benötigte Wärme um. Eine entsprechende Kühlung ist deshalb absolut erforderlich, da bereits ein kurzzeitiger Ausfall im Inneren zu einem rapiden und komponentenschädigenden Temperaturanstieg führen würde. Während in Serverräumen häufig *CRAC-Units* für das erforderliche Raumklima sorgen (warme Luft wird im Deckenbereich abgesaugt, entsprechend gekühlt und konditioniert und über den Doppelboden wieder zu den Servern, vorzugsweise in den Kaltgang, geleitet), wird für die Abgabe der Wärme aus den Serverräumen oft das Prinzip der Frischluftkühlung angewendet, bei dem die Abwärme - nicht gerade nachhaltig - an die Umgebungsluft abgegeben wird.⁶²

Da all die technischen Abläufe und Maßnahmen weitgehend unsichtbar im Hintergrund ablaufen, werden Servergebäude auf Bildern oder Videos häufig nur auf die eigentlichen Serverräume reduziert, die dem Betrachter dabei oftmals eine durchaus ansprechende futuristische, aber gleichzeitig kaum nachvollziehbare Atmosphäre einer hochtechnologischen Parallelwelt vermitteln. Die Raumproportionen (bevorzugt 1:1 bis 2:3) sowie die Raum- und Doppelbodenhöhe des eigentlichen Serverbereichs werden darin in Abhängigkeit von der zu erwarteten Leistungsdichte maßgeblich von den darin höchst effizient aneinander gereihten und weltweit standardisierten 19"-Serverschränken definiert.^{63 64}

60 Vgl. Anwenderstudie zur Zukunft des Rechenzentrums, <http://www.datacenter-insider.de/anwenderstudie-zur-zukunft-des-rechenzentrums-v-37236-13272/?checkout>, 28, 01.03.2017.

61 Vgl. Andreas Herzog: Die Banalität der Wolke, in: Hochparterre (2016), H. 8/16, 17.

62 Vgl. Anwenderstudie zur Zukunft des Rechenzentrums, <http://www.datacenter-insider.de/anwenderstudie-zur-zukunft-des-rechenzentrums-v-37236-13272/?checkout>, 24, 01.03.2017.

63 Vgl. M 1.49 Technische und organisatorische Vorgaben für das Rechenzentrum, https://www.bsi.bund.de/DE/Themen/ITGrundschutz/ITGrundschutzKataloge/Inhalt/_content/m/m01/m01049.html, 01.03.2017.

64 Vgl. Applikationen für die elektrische Energieverteilung, https://w3.siemens.com/powerdistribution/global/DE/consultant-support/download-center/tabcardseiten/Documents/Planungshandbuecher/Elektrische_Energieverteilung_in_Rechenzentren.pdf, 65, 01.03.2017.



Das Innere dieser Infrastrukturen wird durch radikale Rationalität und Logik bestimmt. Sogar die wenigen vorhandenen Farben im Inneren erfüllen keinen gestalterischen Anspruch, sondern folgen, vergleichbar mit der Farbgestaltung des Centre Pompidou, einem technischen Code, der entsprechende Leitungen oder Technikbereiche eindeutig definiert. Während beim Betreten dieser Einrichtungen im Zuge der Sicherheitskontrollen noch ein menschlicher Größenbezug wahrzunehmen ist, verwandelt sich dieser im Inneren schlagartig in einen maschinellen Maßstab. Vergleichbar mit den Dienstbotengängen früherer Epochen bewegen sich Menschen darin in scheinbar endlosen Serverkorridoren, um die Server zu warten und zu bedienen. Im Inneren dieser Bauten herrscht dabei höchste Effizienz. Nur was eine Funktion und dadurch eine Notwendigkeit besitzt, hat hier seine Berechtigung: die Anzahl der Zugänge und Öffnungen ist aufgrund größtmöglicher Kontrollierbarkeit auf ein funktionierendes Minimum reduziert; eine natürliche Belichtung wird für den Betrieb der Server nicht benötigt, die künstliche Beleuchtung muss jedoch jederzeit in Helligkeit und Farbwiedergabe eine eindeutige Personenidentifizierung für die zahlreichen Überwachungskameras sicherstellen; die Tür- und Gangbreiten müssen einen reibungslosen Servertransport garantieren; die Dicke der Wände entspricht statischen, brandschutztechnischen und sicherheitsrelevanten Anforderungen; Lufttemperatur und Luftfeuchtigkeit sind auf einen optimierten Serverbetrieb ausgelegt; das Surren der Kühl- und Lüftungsgeräte ist omnipräsent; ...⁶⁵

Rem Koolhaas stellt diesbezüglich die entscheidende Frage: „How or what do you call life in this building? Do you call it life or process?“⁶⁶

Abb15

65 Vgl. Koolhaas, Rem: The Cut. Where to from Here, When All of the Horizon is in the Cloud?, 06.01.2016, <http://flaunt.com/art/rem-koolhaas/>, 01.03.2017.

66 Koolhaas, Rem: The Cut. Where to from Here, When All of the Horizon is in the Cloud?, 06.01.2016, <http://flaunt.com/art/rem-koolhaas/>, 01.03.2017.

“In den Zivilisationen ohne Schiff
versiegen die Träume...”⁶⁷

Fotoserie



Die folgende Serie von Fotografien wurde im Zuge der Masterarbeit im August 2016 in Marseille aufgenommen. Die hier ausgewählten Bilder stellen dabei nicht den Anspruch auf fotografische Präzision, sondern sollen vielmehr Momentaufnahmen und Eindrücke subjektiv prägender Erlebnisse vermitteln. Sie zeigen beispielgebend Wahrnehmungen der Stadt, des Lebens, des Maßstabs, der Atmosphäre, der Vielfalt, der Gegensätze, des Miteinanders - der inszenierten Stadt und ihrer Rückseite.

























“Die Vergangenheit liegt dort hinten. Stehen wir einer uns völlig neuen Situation gegenüber, dann neigen wir dazu, uns an die Gegenstände, die Atmosphäre der jüngsten Vergangenheit zu klammern. Wir betrachten die Gegenwart im Rückspiegel. Wir schreiten rückwärts in die Zukunft.”⁶⁸

Teil 3



Die älteste Stadt Frankreichs ist seit jeher verbunden mit einer Geschichte aus Kontinuität, Eigenständigkeit, Rückschlägen und Erneuerungen und präsentiert sich dadurch als Stadt des permanenten Wandels. Durch ihre geographische Position auf dem europäischen Festland im Süden Frankreichs mit Zugang zum Mittelmeer hatte sie durch die Nähe zum afrikanischen und asiatischen Kontinent sowohl aus wirtschaftlicher als auch politischer Sicht seit jeher einen ganz besonderen Stellenwert und ist geprägt von kultureller Vielfalt. Um 600 vor Christus als griechischer Außenhandelsposten Massalia gegründet stellte der Hafen in der Stadtgeschichte seit jeher eine zentrale Konstante dar, mit all den damit verbundenen Chancen und Interessen.⁶⁹

Anfang des 19. Jahrhunderts zählte Marseille neben London, Liverpool und Genua zu den bedeutendsten Hafenstädten. Die fortschreitende Industrialisierung, die zunehmende Bedeutung des kolonialen Handels und die damit notwendig gewordenen immer größeren Dampfschiffe überlasteten jedoch zunehmend die verfügbaren Kapazitäten der Docks und Lager des Alten Hafens und führten 1844 zum Neubau eines moderneren Hafens, dem heutigen Marseille Europort. Die Öffnung des Sueskanals im Jahr 1869 festigte den Hafenstandort zusätzlich.

Im 20. Jahrhundert verlor Marseille durch den wachsenden wirtschaftlichen Wettbewerb infolge der zunehmenden Globalisierung als Wirtschaftsstandort zunehmend an Bedeutung, was sich in einem Rückgang der Schwerindustrie und der Abwanderung von Unternehmen auswirkte. Neben den wirtschaftlichen Folgen für die Stadt führte die damit verbundene steigende Arbeitslosigkeit auch zu einem zunehmenden Verfalls des umliegenden Hafengebietes, welches hauptsächlich von Hafenarbeitern, Seeleuten und Einwanderern bewohnt wurde. Industriebrachen in einem dem Hafenbetrieb bedingten menschlich nicht fassbaren Maßstab entstanden und prägten dieses Stadtbild.⁷⁰

1995 begann das Stadterneuerungsprojekt EuroMéditerranée mit dem Ziel der Revitalisierung dieser Flächen durch Transformation und Neuausrichtung. Durch das Schaffen von privatem und öffentlichem Raum für Wohnungen, Hotels, Büros, Geschäfte, Kultur-, Freizeiteinrichtungen und die dafür erforderliche Infrastruktur in Verbindung mit einer vorausschauenden Entwicklungsmöglichkeit und einem Gleichgewicht zwischen sozialer Gerechtigkeit, Wirtschaftswachstum und Umweltschutz soll das 480ha große Areal, aber auch die Stadt selbst, auf sozialer, kultureller und wirtschaftlicher Ebene neu positioniert werden. Durch diese Neuausrichtung, weg vom Sekundär-, hin zum Tertiärsektor, will sich die Stadt auf die erwarteten zukünftigen Aufgaben und Anforderungen an einen wirtschaftlich wettbewerbsfähigen Standort einstellen.⁷¹

Strukturplan Marseille - 1:20000 - genordet

69 Vgl. 2600 ans d'histoire, <http://decouvrir-marseille.marseille.fr/histoire-de-marseille/présentation>, 01.03.2017.

70 Vgl. The urban history, <http://www.euromediterranee.fr/topics/architecture/lhistoire-urbaine.html?L=1>, 01.03.2017.

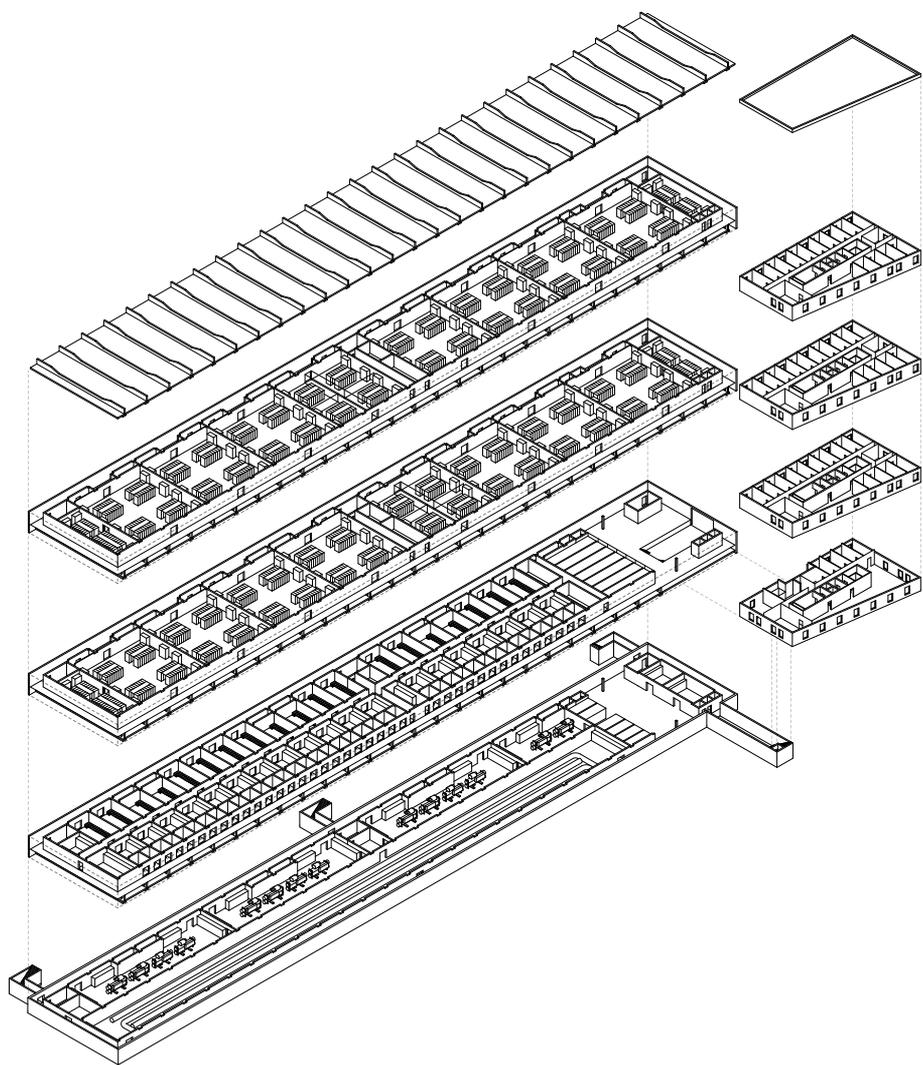
71 Vgl. Introduction, <http://www.euromediterranee.fr/districts/introduction.html?L=1>, 01.03.2017.



Der Bauplatz befindet sich im Quartier Arenc im 2. Arrondissement und markiert den Übergang zwischen dem bestehenden Hafensareal des Europort Marseille und der sich derzeit im Zuge des Stadterneuerungsprojektes EuroMéditerranée einem Transformationsprozess befindlichen Cité de la Méditerranée.

Das Gebiet wird geprägt von einer hafenbedingten Großmaßstäblichkeit und einer gleichzeitigen enormen Dichte an Bewegung und Dynamik und vermittelt den Eindruck eines Durchzugsortes ohne längere Aufenthaltsqualitäten. Neben dem angrenzenden Industriehafen mit entsprechendem Schiffs- und Anlieferungsverkehr befinden sich die ebenfalls notwendigen Gleisanlagen für den Schienengüterverkehr, der Distributionsverkehr durch LKWs, der öffentliche Nahverkehr, der Individualverkehr, die Straßenbahn, die U-Bahn sowie ein auf mehreren Ebenen zusammentreffender Verkehrsknoten, an welchem der Hafen-, Stadt- und Stadtautobahnverkehr zusammentreffen. Trotz der örtlichen Nähe zum Meer lässt sich dieses aufgrund der erwähnten Umstände jedoch nur erahnen.

Das Grundstück wird nord-westlich von einem Logistikareal und westlich von Bahntrassen durch vorhandene Barrieren begrenzt, Richtung Süden und Osten öffnet es sich zur Stadt. Der Entwurf besteht aus einem Ensemble zweier Baukörper, die durch ihre Positionierung auf dem Grundstück zwei unterschiedliche, aber ineinanderfließende Bereiche definieren. Während sich das Verwaltungsgebäude zur Stadt hin ausrichtet, rückt das Servergebäude in den Hintergrund. Die beiden Gebäude verbindet in ihrer Materialität und Proportion ein ähnliches äußerliches Erscheinungsbild, im Inneren weisen sie allerdings ihrem Verwendungszweck entsprechende Atmosphäre und Verhältnismäßigkeit auf.



Um wegen der hohen Sicherheitsansprüche nicht durch weiträumiges Absperren und Ausgrenzen Einschränkungen für die Umgebung und - vor allem im urbanen Bereich - für die Bevölkerung vornehmen zu müssen, erfüllt bei diesem Entwurf das Gebäude selbst die hohen Sicherheitsansprüche, wodurch eine Erweiterung des städtischen Lebens in Form eines fließenden Überganges vom Platzbereich bis zur Fassade möglich wird und man sich den beiden Gebäude ungezwungen nähern und sie sogar berühren kann. Die massiven Mauern vermitteln Sicherheit. Die Infrastruktur bekommt dadurch zusätzliche die Möglichkeit, als Bestandteil der Umgebung wahrgenommen und verstanden zu werden. Die trotz der erforderlichen Dimensionen beinahe schon sublimen Gebäude stellen somit einen Gegenpol zum lauten, bewegten urbanen Leben in diesem nicht vordeterminierten Übergangsraum dar und wirken durch den konsequenten Kontrast.

Der längliche, introvertierte und trotz seiner Dimensionen kompakte Baukörper dient als Colocationgebäude zur externen Lagerung von Servern und der Möglichkeit eines dort gegenseitigen Datenaustausches als Internetknotenpunkt. Typologiebedingt gibt das Servergebäude nach Außen weder Auskunft über Funktion, Inhalt oder Geschosigkeit. Die homogene, über das Fugenbild strukturierte äußere Erscheinung wird dabei weder von Hinweisschildern, Türgriffen oder etwaiger Gebäudetechnik unterbrochen. Eine einzige unscheinbare, sich nahtlos in das Fugenbild der Fassade fügende logistisch erforderliche Öffnung im Nord-Osten lässt jedoch aufgrund ihrer Dimension bei genauer Betrachtung auf einen technischen Maßstab im Inneren schließen.

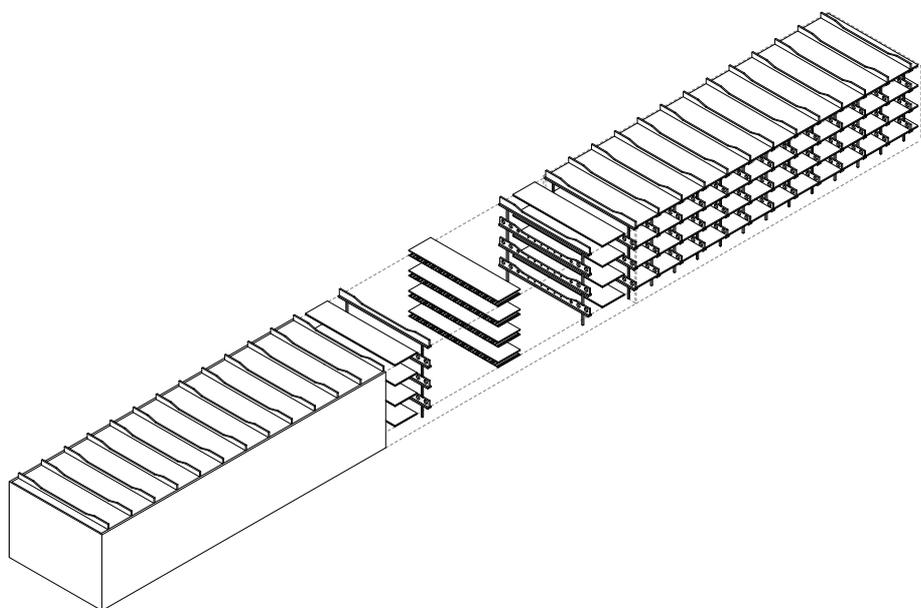
Die massiven monolithischen Außenwände bilden die Schnittstelle zwischen den beiden Parallelwelten des urbanen Lebens außerhalb und der digitalen Prozesse innerhalb. Im Inneren liegt der Schwerpunkt dabei in einer größtmöglich effizienten Unterbringung des technischen Equipments. Ein neutrales dreidimensionales Raumgerüst bildet dabei eine höchst effiziente, modulare und gleichwertige Grundstruktur für alle erforderlichen Komponenten aus Serverbereich, elektrischer Versorgung und Kühltechnik. Durch eine horizontale geschosweise Schichtung dieser Funktionen kann dabei eine gewünschte Trennung zwischen groben Technikbereichen im Unter- und Erdgeschoß sowie feinen Technikbereichen in den beiden Obergeschoßen sichergestellt werden.

Im Inneren herrschen eigene Gesetzmäßigkeiten betreffend Proportion, Materialität und Oberflächen. Die eingesetzten rohen Materialien und deren unbehandelte Oberflächen resultieren rein aus den jeweils entsprechenden baubedingten Erfordernissen und bilden in Verbindung mit den Fugenbildern die wesentliche Erscheinung. Bei diesem Entwurf erfüllt Beton als monolithisches



und gleichzeitig vielfältig einsetzbares Material ebenfalls im Sinne der Effizienz und Reduktion gleichzeitig statische, thermische, sicherheitsrelevante, brandschutz- oder schallschutztechnische Aspekte. Die Oberflächen unterscheiden sich dabei in Abhängigkeit ihrer Ausfertigung, ob als Fertigteil oder aus Ortbeton, durch eine glatte oder raue Optik und Haptik.

Der kleinere der beiden Baukörper beinhaltet die Funktion des dazugehörigen Verwaltungsgebäudes und dient als Arbeitsplatz für die Mitarbeiter. Ähnlich in der äußeren Erscheinung und Proportion signalisiert das Verwaltungsgebäude die Zugehörigkeit zum Servergebäude und gibt durch die streng angeordneten Öffnungen in der Fassade Auskunft über sein Inneres. Durch eine horizontale geschosswise Funktionstrennung wird der Kundenbereich im Erdgeschoß von den internen Arbeitsbereichen für Verwaltung, Parameterüberwachung und Cybersecurity getrennt. Die Anbindung an das Servergebäude erfolgt für Kunden und Mitarbeiter über einen unterirdischen Verbindungsgang.

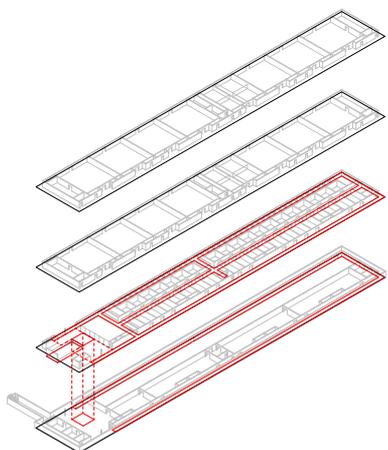
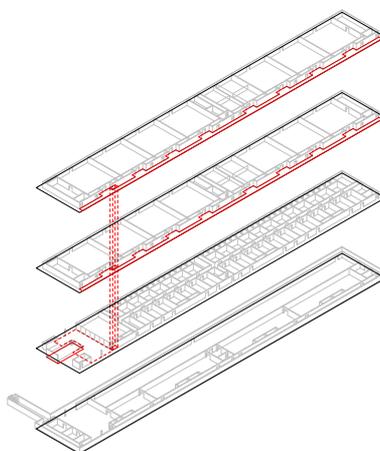
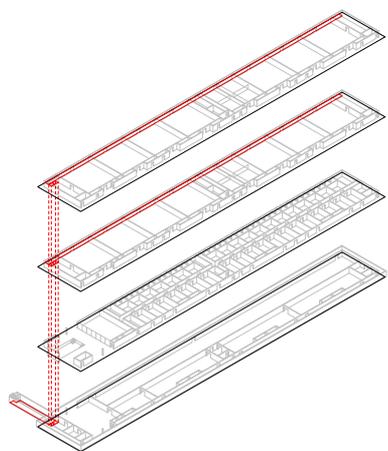


Das statische Konzept des Servergebäudes nutzt das vorhandene entwurfsbedingte Raum-im-Raum-Konzept, wodurch eine gemeinsame, statisch ineinandergreifende Tragstruktur erzeugt wird. Die erforderlichen Elemente sind dabei repetitiv anwendbar und auf wenige unterschiedliche Einzelteile reduziert.

Zwischen den monolithisch ausgeführten äußeren Wandscheiben aus Ortbeton bilden seriell produzierte Betonfertigteilträger, welche über dem statisch auf Stützen reduzierten inneren Raum im Sinne eines Mehrfeldträgers liegen, im regelmäßigen Achsabstand von 6,3m die Prämärkonstruktion der auszubildenden Geschosse. Die Dimensionierung der vorgespannten Betonträger ist entsprechend der zu überspannenden Weite von 24m und der zu erwartenden Belastung von 10kN/m² ausgelegt sowie im Querschnitt dem Momentverlauf nach optimiert. Durch die Trägerhöhe kann der für den Betrieb erforderliche Doppelboden in diese Tragschicht integriert werden. Öffnungen entlang des Trägers gewährleisten im Gang- und im Serverbereich sowohl die problemlose Integration von horizontal zu verlegender Gebäudetechnik als auch die Luftzirkulation. Die Befestigung erfolgt mittels Fertigteilanschlüssen an ausgebildeten Wandkonsolen und an den Stützen.

Um eine statisch wirksame Plattenwirkung der gesamten Geschoßdecke zu erzielen, werden die Betonträger mit dazwischen platzierten 6m langen Elementdecken, welche gleichzeitig die Sekundärkonstruktion bilden, konstruktiv wirksam mittels Aufbeton miteinander verbunden.

Die Innenwände sind statisch freigespielt und können dadurch im Bedarf von sich ändernden Raumproportionen adaptiert werden.



Die klare Erschließung im Servergebäude stellt eine konsequente Trennung zwischen groben und feinen Technikbereichen, Funktions- und Aufgabengebieten als Voraussetzung für einen reibungslosen Serverbetrieb sicher. Kunden, Techniker, externe Lieferanten, aber auch Mitarbeiter gelangen über möglichst kurze Erschließungswege jeweils nur in die für sie vorgesehenen Bereiche. Durch das mehrschichtige Raum-im-Raum-Konzept werden in Verbindung mit entsprechenden Zugangskontrollen und Schleusen sowohl der heikle Serverbereich als auch die für den eigentlichen Betrieb notwendigen technischen Komponenten größtmöglich geschützt.

Die Zugänge und Öffnungen in das Servergebäude sind dafür auf das absolute funktionierende Minimum reduziert. Nach einer Anmeldung im Verwaltungsgebäude erreichen die Kunden das Servergebäude in Begleitung eines Mitarbeiters über einen unterirdischen Verbindungsgang. Im nord-östlichen Bereich befindet sich ein einzelnes großmaßstäbliches Tor, welches in den gesicherten Ladebereich führt und die einzige Unterbrechung der sonst homogen geschlossenen Gebäudefassade bildet.

Im Regelbetrieb erfolgt im Servergebäude die vertikale Erschließung für Kunden über Personen-, für Mitarbeiter im Fall einer Neuinstallation über einen Lastenlift. Für den Brandfall sind Fluchttiegenhäuser vorhanden, welche in Verbindung mit Fluchttunneln ein sicheres Verlassen des Gebäudes ermöglichen. Die horizontale Erschließung erfolgt sowohl in den Server- als auch Technikgeschossen über Korridore, welche in den Obergeschossen gleichzeitig als physische Pufferschicht zwischen dem Innen- und Außenbereich dienen. Die Gangbreiten sind auf einen reibungslosen Komponententransport abgestimmt.

Anlieferungen von elektronischen Geräten oder Server-Equipment können aufgrund einer erhöhten Laderampe direkt im gesicherten Ladebereich von Mitarbeitern entgegengenommen und entsprechend verteilt werden. Für den Fall, dass Komponenten der Kühltechnik aus dem Untergeschoß ausgetauscht werden müssen, steht im Bereich der Ladezone eine entsprechende Bodenluke bereit.



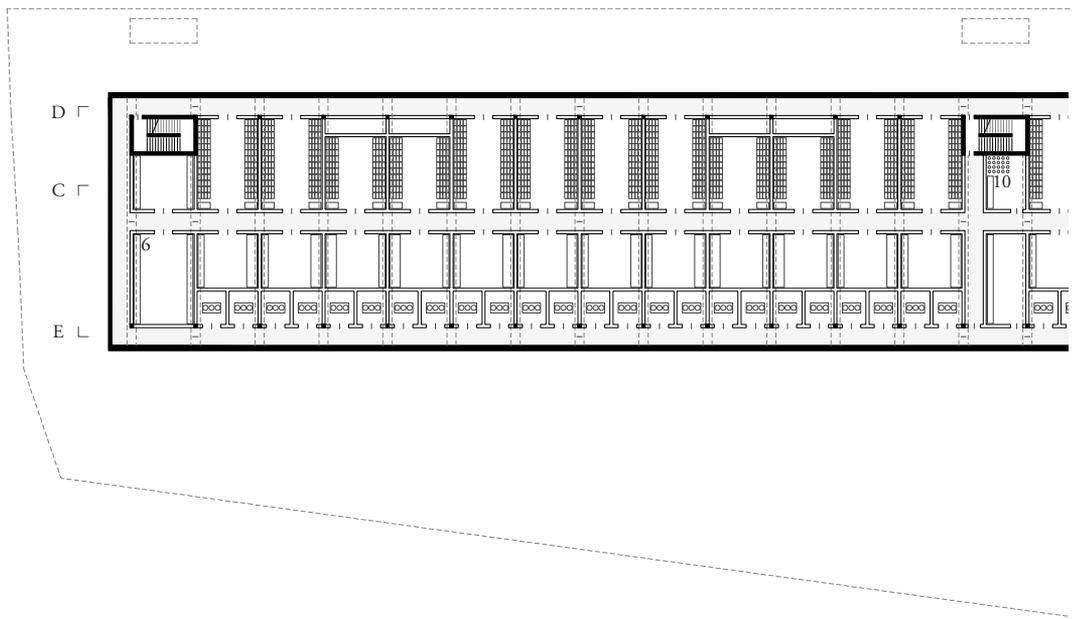
Zur Gewährleistung einer höchst heterogenen und flexiblen Bestückung des Serverraumes sorgen CRAC-Units für die entsprechende Kühlung. Sie saugen die warme Luft im Deckenbereich ab und leiten sie entsprechend gekühlt und konditioniert über den Doppelboden zum Kaltgang der Server. Zusätzlich kann ein Teil dieser vorhandenen Abwärme aus den Serverräumen sowohl beim Servergebäude als auch beim Verwaltungsgebäude als aktive Wärmedämmung in den thermisch aktivierbaren Außenwänden und -decken eingesetzt und zur Klimatisierung verwendet werden.

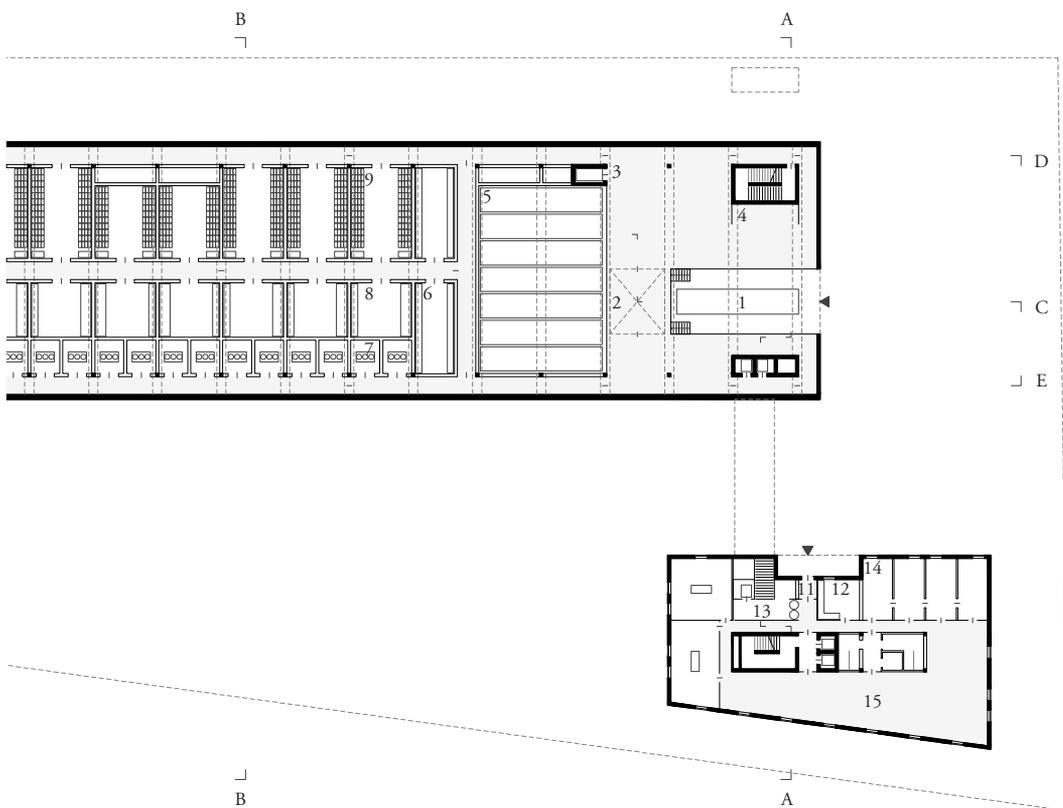
Als wesentliches Kühlmedium für den Serverbetrieb dient bei diesem Entwurf das an diesem Standort verfügbare kühle Meerwasser, welches über Rohrleitungen mit den entsprechenden Wärmeüberträgern, Pumpen und Kühlreisläufen im Untergeschoß des Gebäudes verbunden ist.

Das wesentliche Problem aus energetischer Sicht stellt jedoch die Nachnutzung dieser vorhandenen Restwärme dar, wodurch ein Schaffen von energetischen Synergien speziell im urbanen Kontext auf lange Sicht unumgänglich wird. Nachhaltige Maßnahmen können dabei im Zuge eines Stadterneuerungsprojektes von Beginn an eingeplant werden. Die Versorgung des umliegenden Nahgebietes durch einen Niedertemperatur- Fernwärmekreislauf kann dabei genauso angedacht werden wie die potentielle Abwärme-Nachnutzung durch Abnehmer mit einem konstanten und hohen Wärmebedarf wie Krankenhäuser oder Schwimmbäder. Eine Einspeisung in den Rücklauf von Fernwärmeleitungen würde ebenfalls zur Nachnutzung in einem weiteren Kreislauf führen. Vielleicht kann aber auch schon in naher Zukunft die Abwärme beispielsweise für die Zucht von Algen- oder Bakterien eingesetzt werden, welche wiederum durch weitere Prozesse den benötigten Strom erzeugen.

Raum-Nr.	Bezeichnung	Anzahl	Intern	Extern	Kunden
1.1	Zugang				
1.1.1	Verbindungskorridor	-	•		•
1.2	Anlieferung				
1.2.1	Stellfläche	-		•	
1.2.2	Ladezone + Manipulationsfläche	-		•	
1.2.3	Zwischenlager	-	•		
1.2.4	Stellfläche Flurfördergeräte	-	•		
1.2.5	Werkstatt/ Ersatzteillager	6	•		
1.2.6	Lastenlift	-	•		
1.3	Grobe Technik				
1.3.1	Mittelspannungsschaltanlage	2		•	
1.3.2	Trafoforum	38		•	
1.3.3	Niederspannungshauptverteiler + Unterbrechungsfreie Stromversorgung	19		•	
1.3.4	Batterieraum	19		•	
1.3.5	Netzersatzanlage	7		•	
1.3.6	Treibstofftank	6		•	
1.3.7	Brandmeldezentrale + Gaslöschanlage	3	•		
1.3.8	Kühltechnik	-		•	
1.4	Feine Technik				
1.4.1	Anschlussraum	2	•		
1.4.2	Übergaberaum	16	•		
1.4.3	Exchange Room	2	•		
1.4.4	Serverraum Externe Nutzung	14	•		•
1.4.5	Serverraum Interne Nutzung	4	•		

Raum-Nr.	Bezeichnung	Anzahl	Intern	Extern	Kunden
2.1	Kundenetage				
2.1.1	Schleuse	-	•	•	•
2.1.2	Anmeldung	-	•	•	•
2.1.3	Zugang Servergebäude	-	•		•
2.1.4	Kundenarbeitsbereich	4			•
2.1.5	Besprechungsraum	2	•	•	•
2.1.6	Lobby	-	•	•	•
2.2	Servergebäude Verwaltung				
2.2.1	Sekretariat	-	•		
2.2.2	Wartebereich	-	•		
2.2.3	Arbeitsbereich	14	•		
2.2.4	Besprechungsraum	2	•		
2.3	Servergebäude Parameterüberwachung				
2.3.1	Sekretariat	-	•		
2.3.2	Wartebereich	-	•		
2.3.3	Arbeitsbereich	14	•		
2.3.4	Besprechungsraum	2	•		
2.4	Servergebäude Cyberabwehr				
2.4.1	Sekretariat	-	•		
2.4.2	Wartebereich	-	•		
2.4.3	Arbeitsbereich	14	•		
2.4.4	Besprechungsraum	2	•		





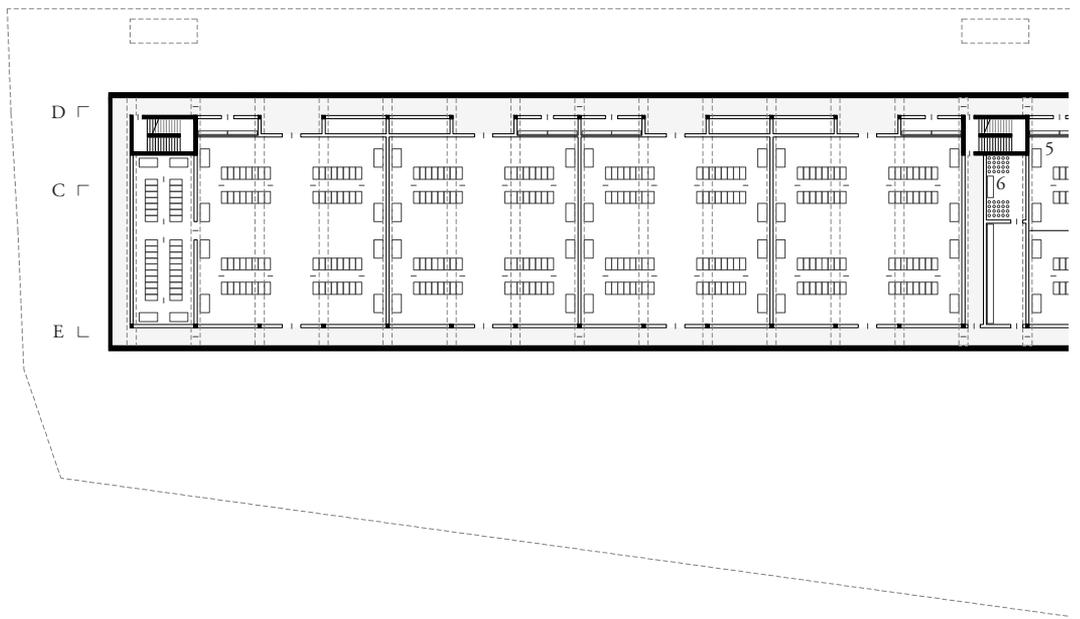
Erdgeschoss Servergebäude | 1:750 | +0,00m/ +1,25m

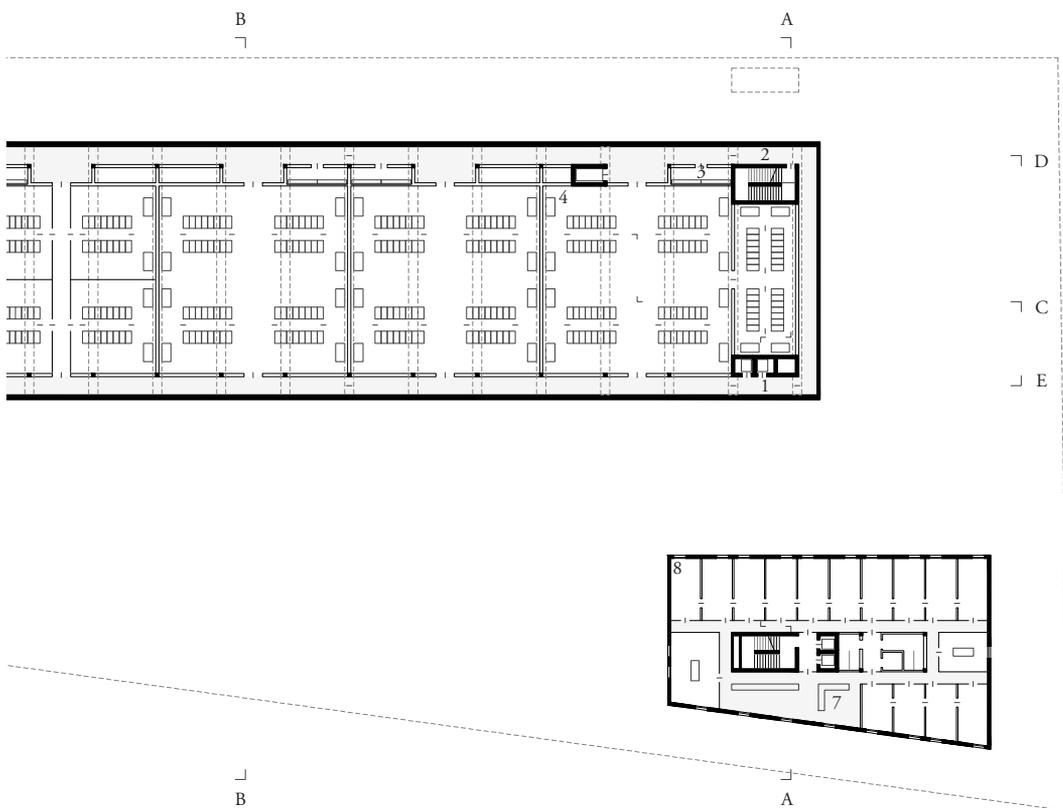
- 1 Stellfläche - 2 Ladezone + Manipulationsfläche - 3 Zwischenlager - 4 Stellfläche Flurfördergeräte - 5 Netzersatzanlage
- 6 Mittelspannungsschaltanlage - 7 Traforaum - 8 Niederspannungshauptverteiler + Unterbrechungsfreie Stromversorgung
- 9 Batterieraum - 10 Brandmeldezentrale + Löschanlage

Erdgeschoss Verwaltungsgebäude | 1:750 | +0,00m

- 11 Schleuse - 12 Anmeldung - 13 Zugang Servergebäude - 14 Kundenarbeitsbereich - 15 Lobby







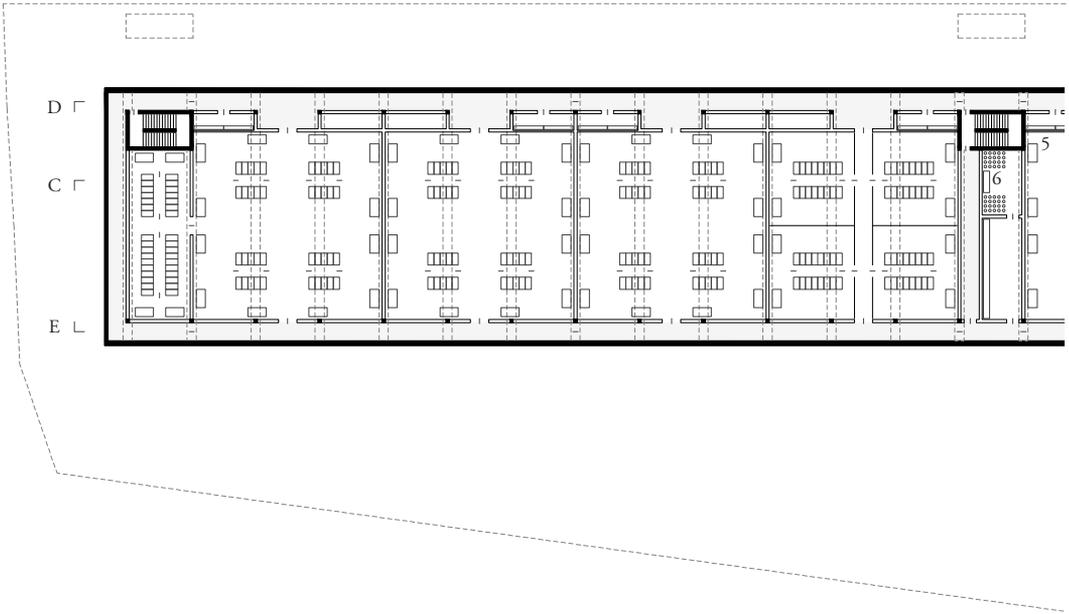
OG1 Servergebäude | 1:750 | +6,10m

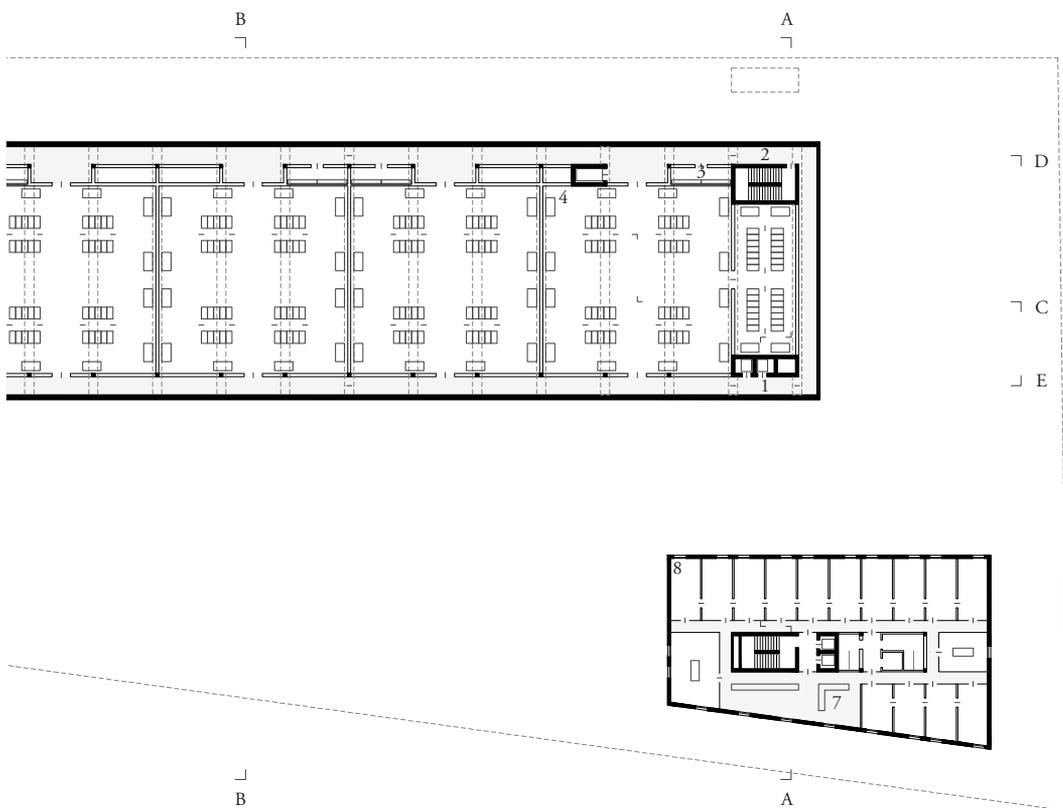
1 Erschließungskorridor Kunden - 2 Erschließungskorridor Mitarbeiter - 3 Übergaberaum - 4 - Serverraum
5 Internet Exchange - 6 Gaslöschanlage

Regelgeschoss OG1, OG2 Verwaltungsgebäude | 1:750 | +3,60m, 7,20m

7 Sekretariat - 8 Arbeitsbereich







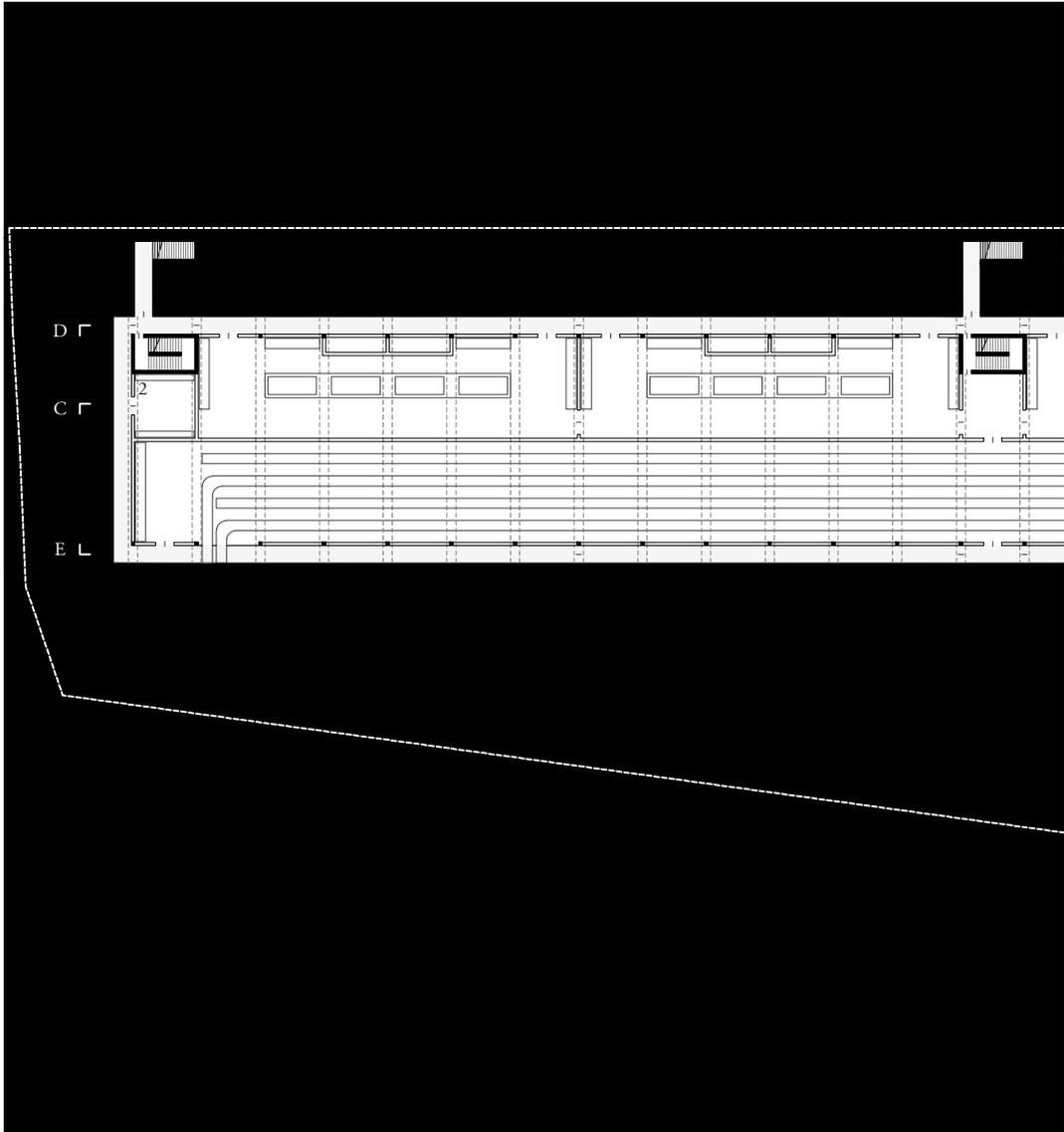
OG2 Servergebäude | 1:750 | +10,95m

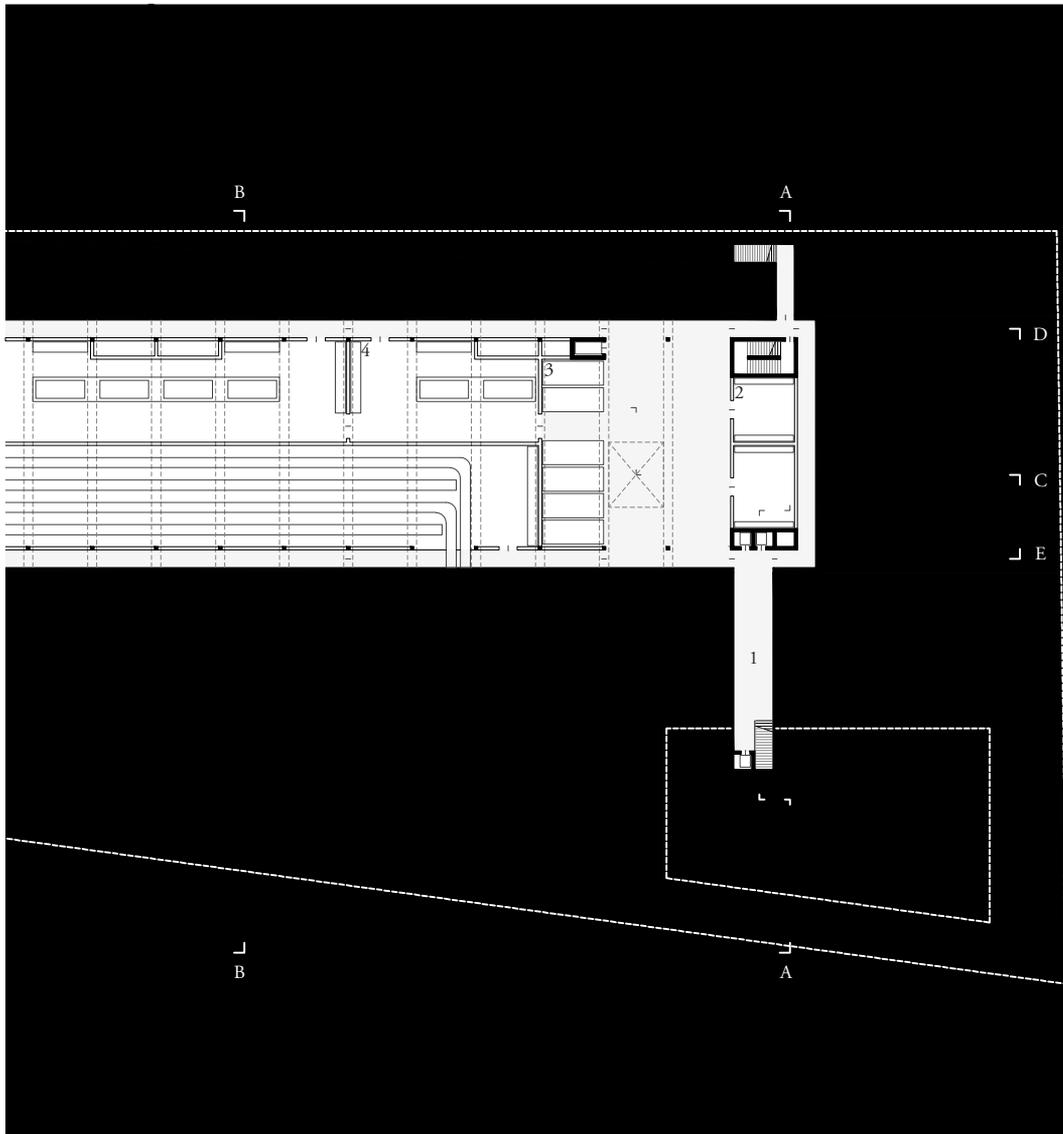
1 Erschließungskorridor Kunden - 2 Erschließungskorridor Mitarbeiter - 3 Übergaberaum - 4 - Serverraum
5 Internet Exchange - 6 Gaslöschanlage

Regelgeschoss OG3 Verwaltungsgebäude | 1:750 | +10,80m

7 Sekretariat - 8 Arbeitsbereich





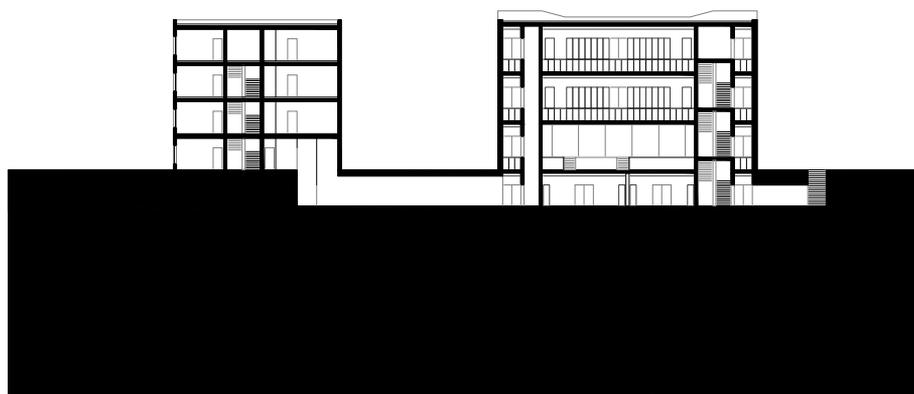


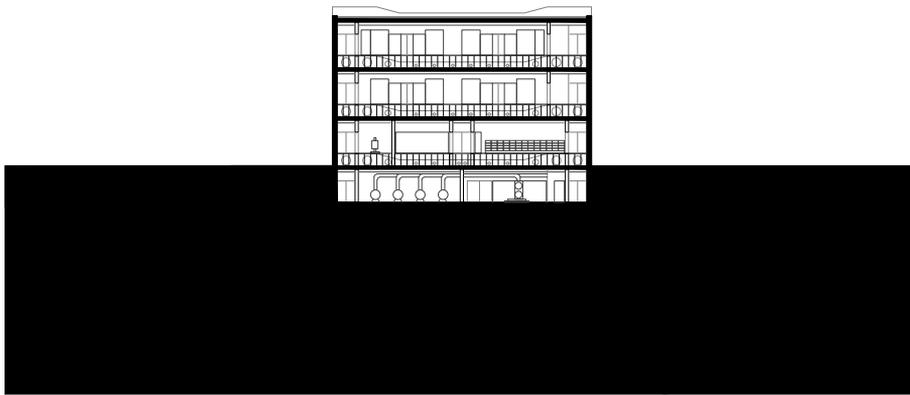
UG Servergebäude | 1:750 | -3,6m

1 Verbindungskorridor - 2 Anschlussraum - 3 Treibstofftanks für Netzersatzanlage - 4 Kühltechnik

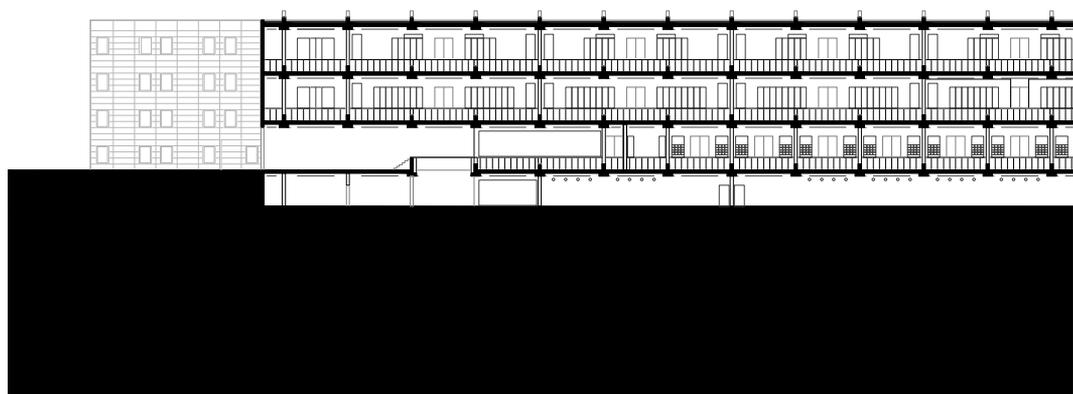
UG Verwaltungsgebäude | 1:750 | -3,6m

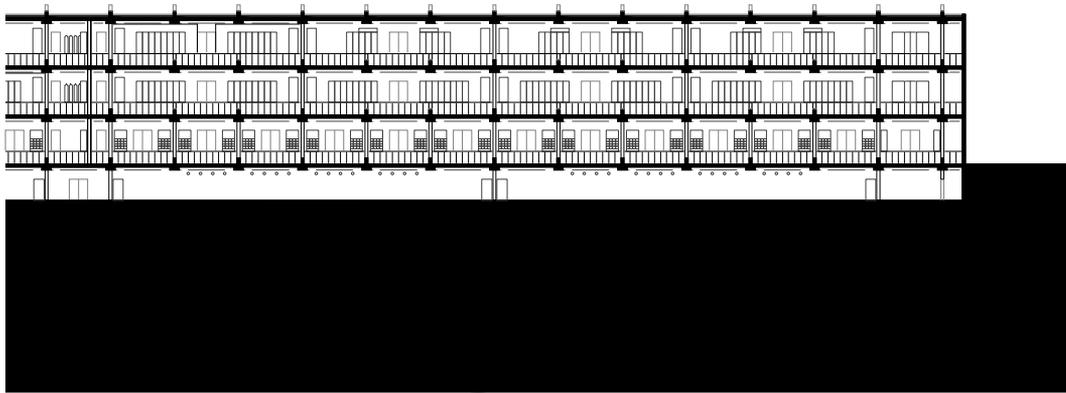




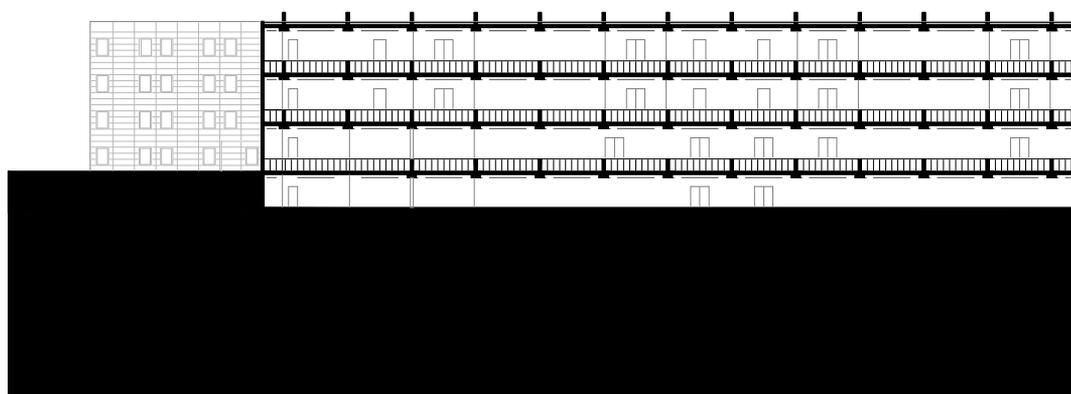


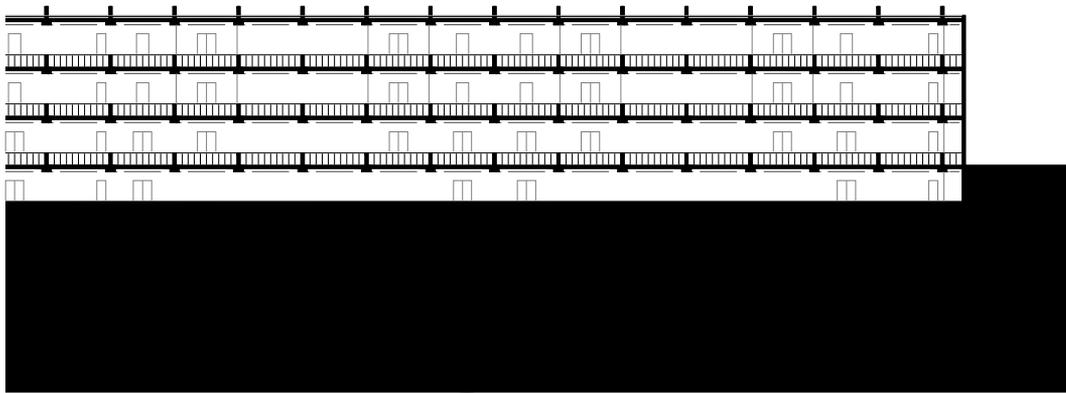
A-A | 1:750
B-B | 1:750

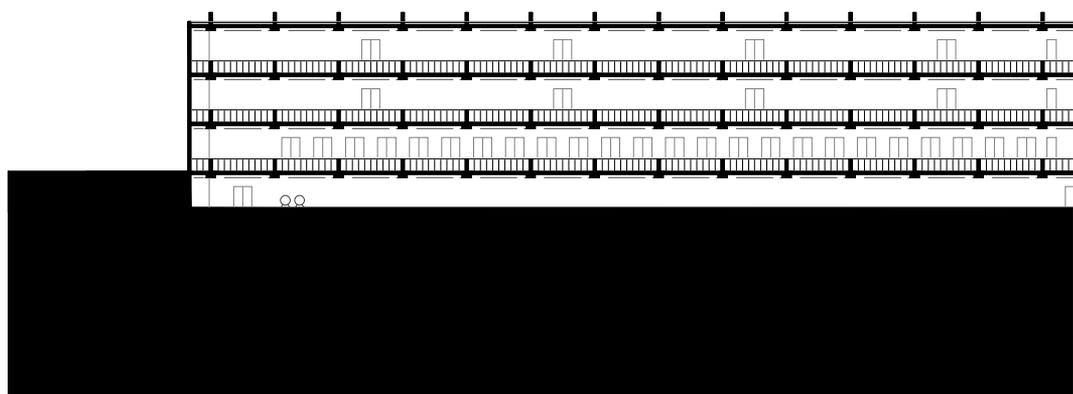


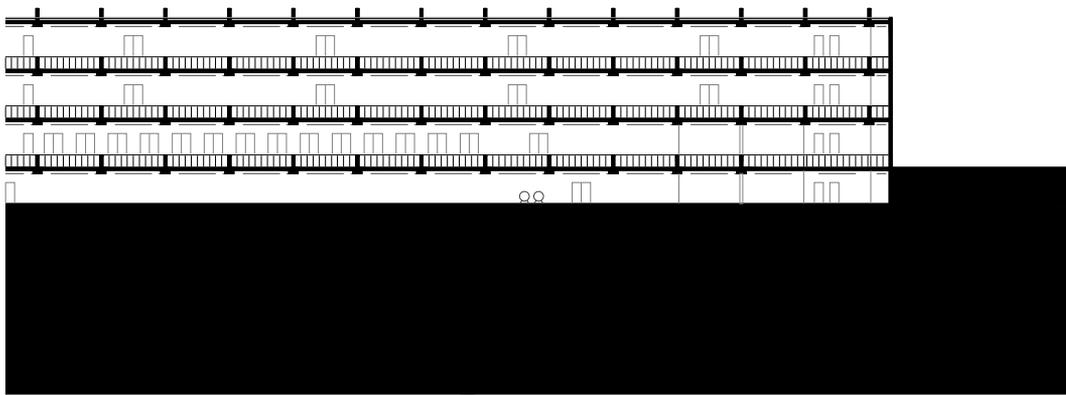


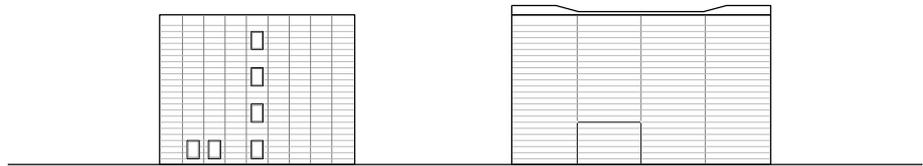
C-C | 1:750

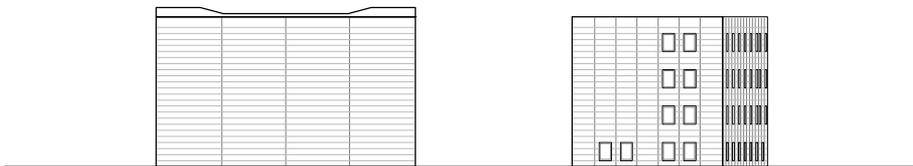




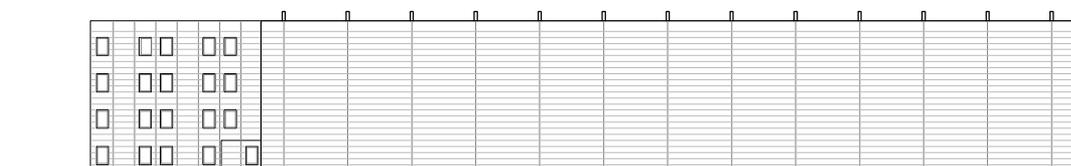


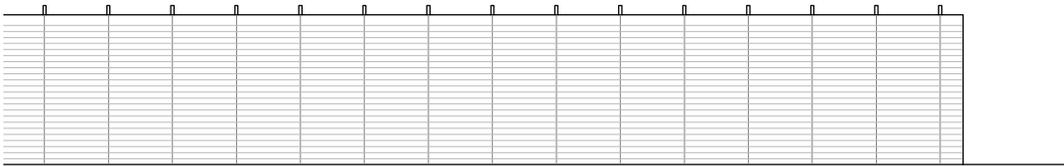


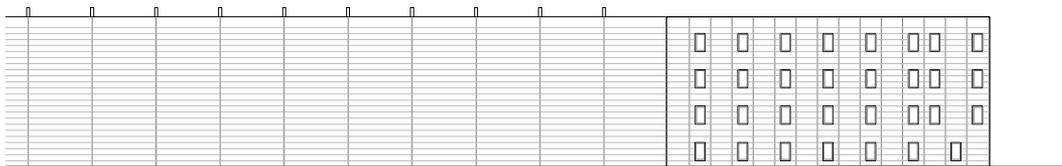


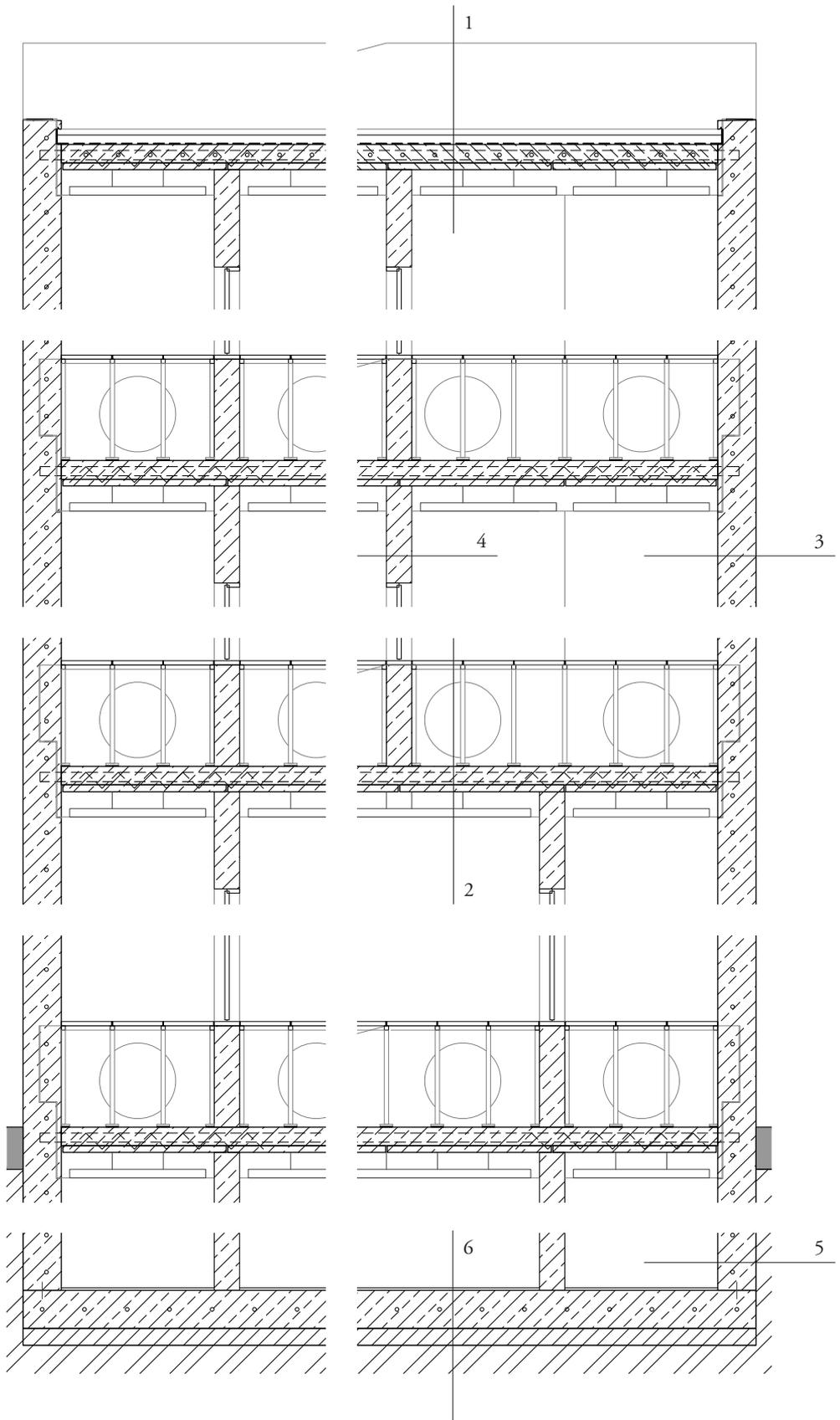


Nord-Ost | 1:750
Süd-West | 1:750









1 Dach

- 10cm Kies
- Dachabdeckung
- 30cm Elementdecke mit Aufbeton in Gefälleausführung (thermisch aktiviert)
- 180cm Betonträger - thermisch aktiviert
- Abgehängte Rahmenkonstruktion

2 Zwischendecke

- 5cm Doppelbodenelement
(antistatisch, rutschfest, glatt, Berücksichtigung dynamischer Lasten)
- 120cm Hohlboden
- 30cm Elementdecke mit Aufbeton
- 180cm Betonträger
- Abgehängte Rahmenkonstruktion

3 Aussenwand gegen Luft

- 45cm Stahlbeton (thermisch aktiviert)

4 Innenwand

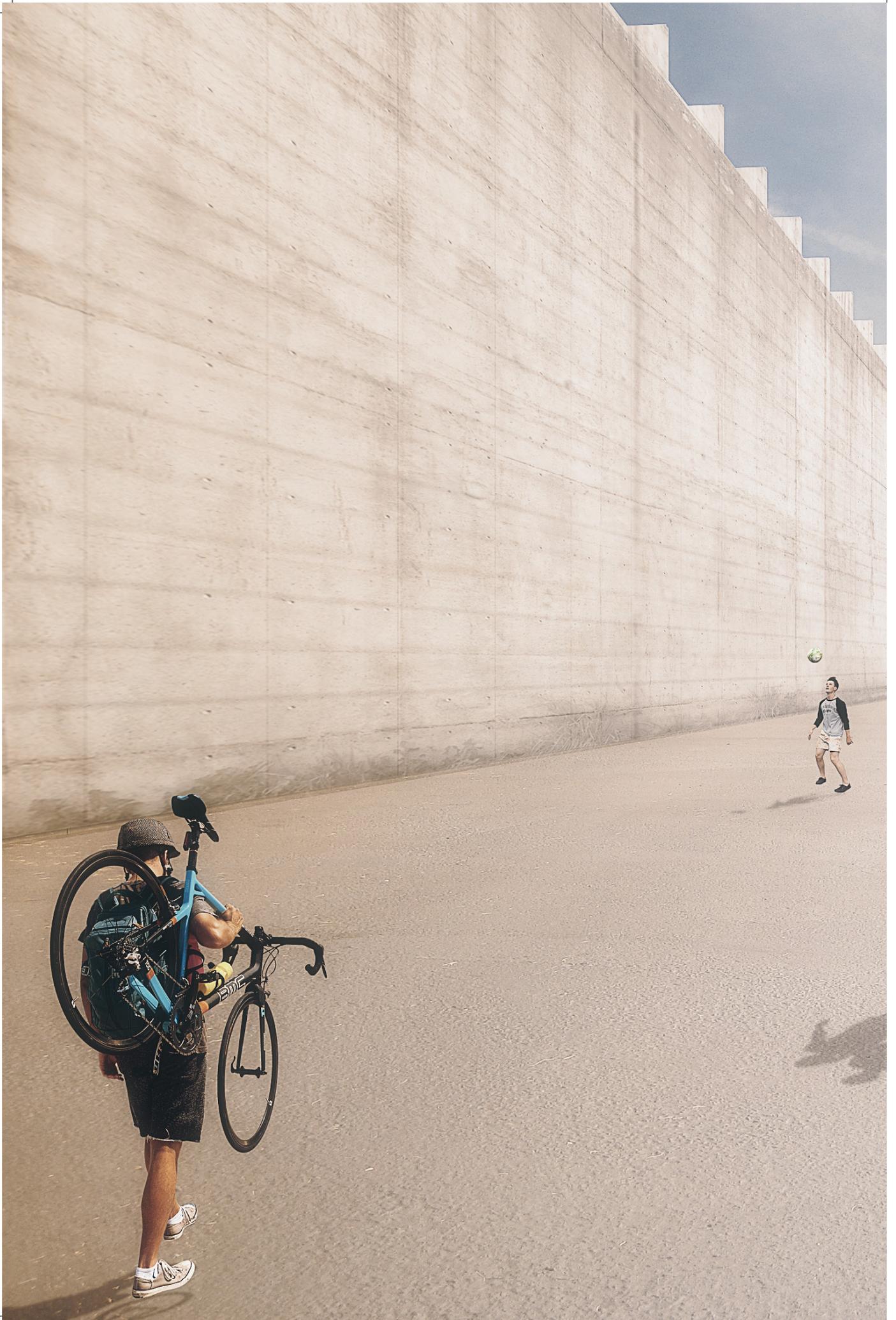
- 30cm Leichtbeton

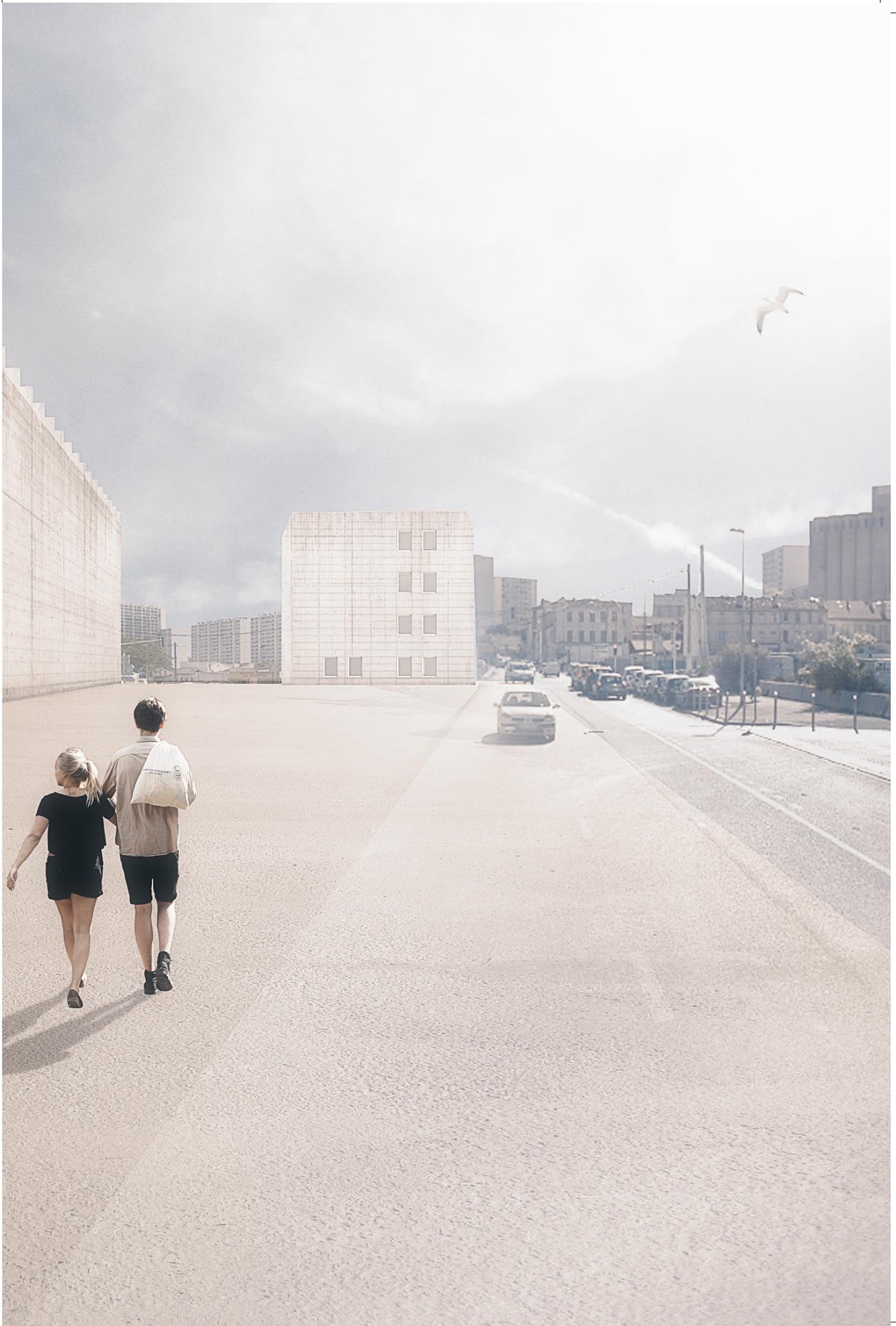
5 Außenwand gegen Erdreich

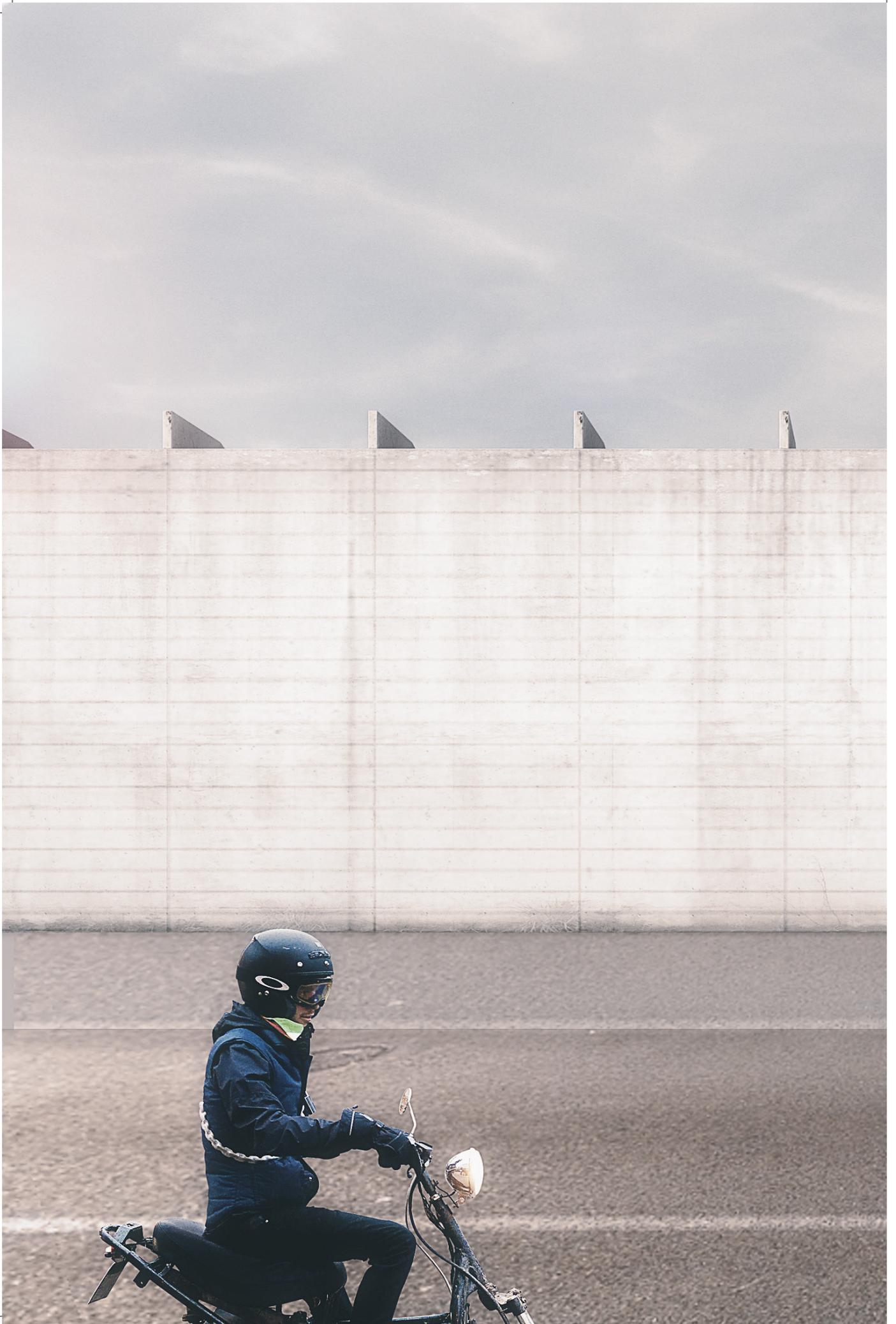
- 45cm WU Beton (thermisch aktiviert)

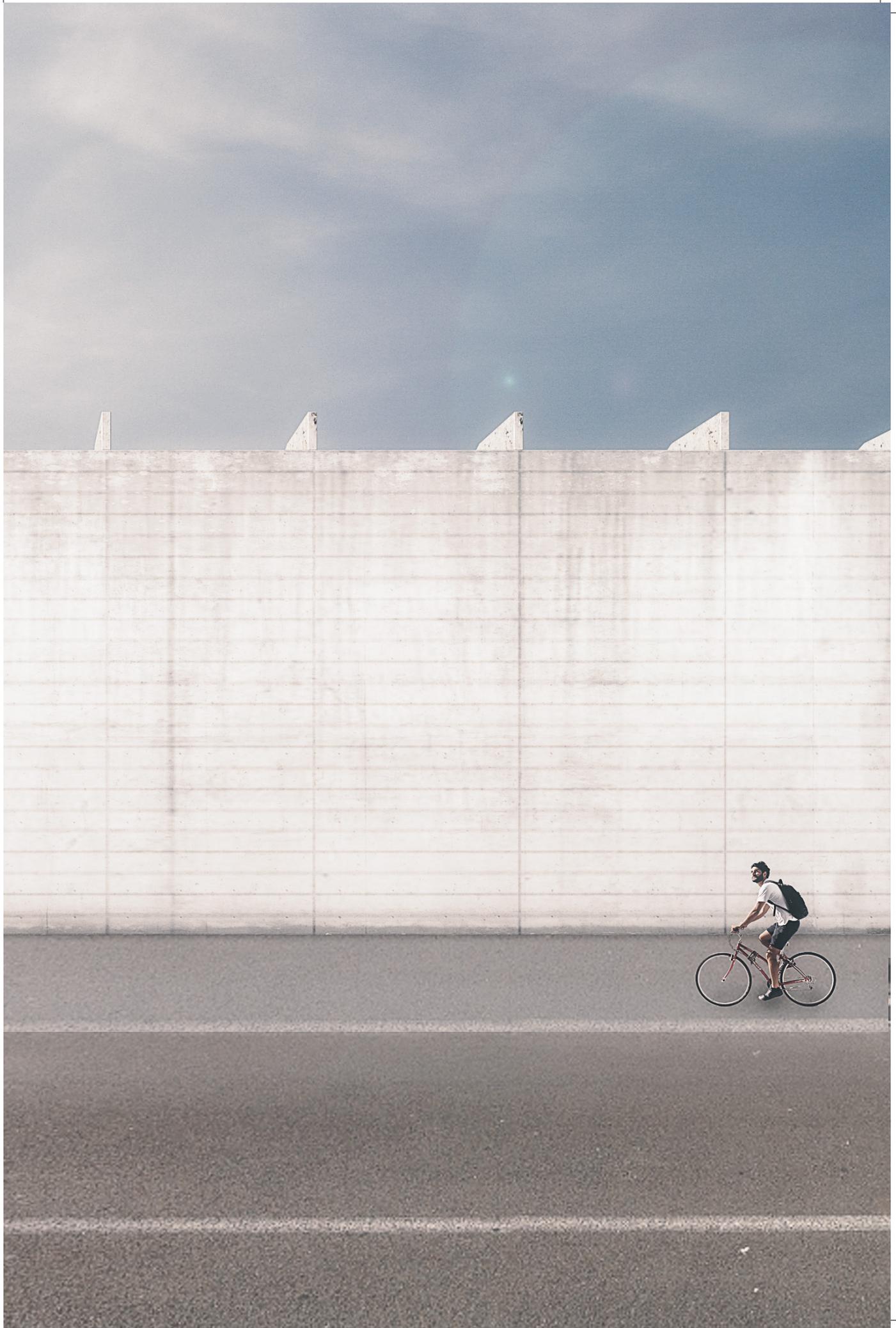
6 Bodenplatte gegen Erdreich

- Estrich
- PE-Folie
- Trittschalldämmung
- 45cm Bodenplatte in WU Beton (thermisch aktiviert)
- Sauberkeitsschicht

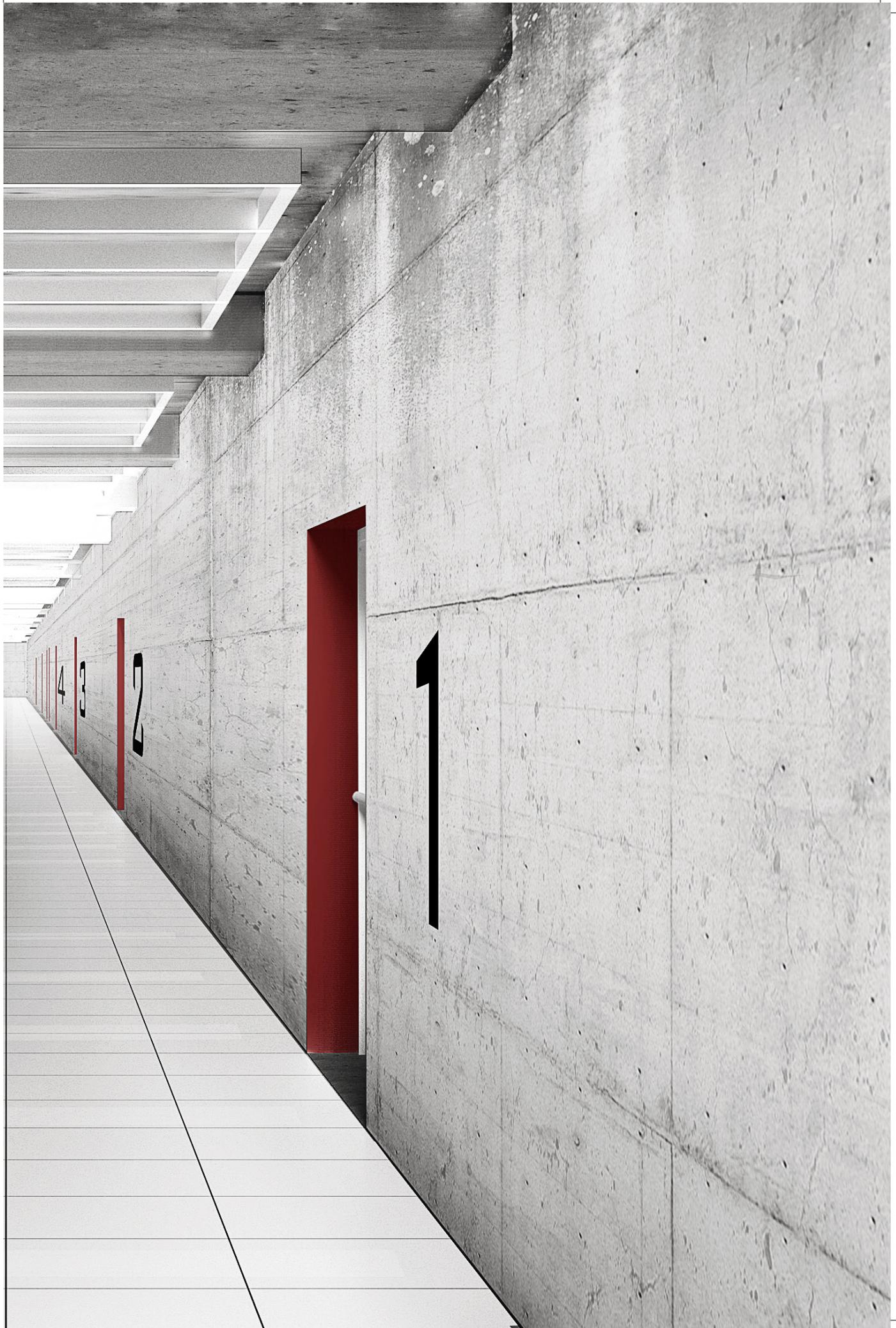


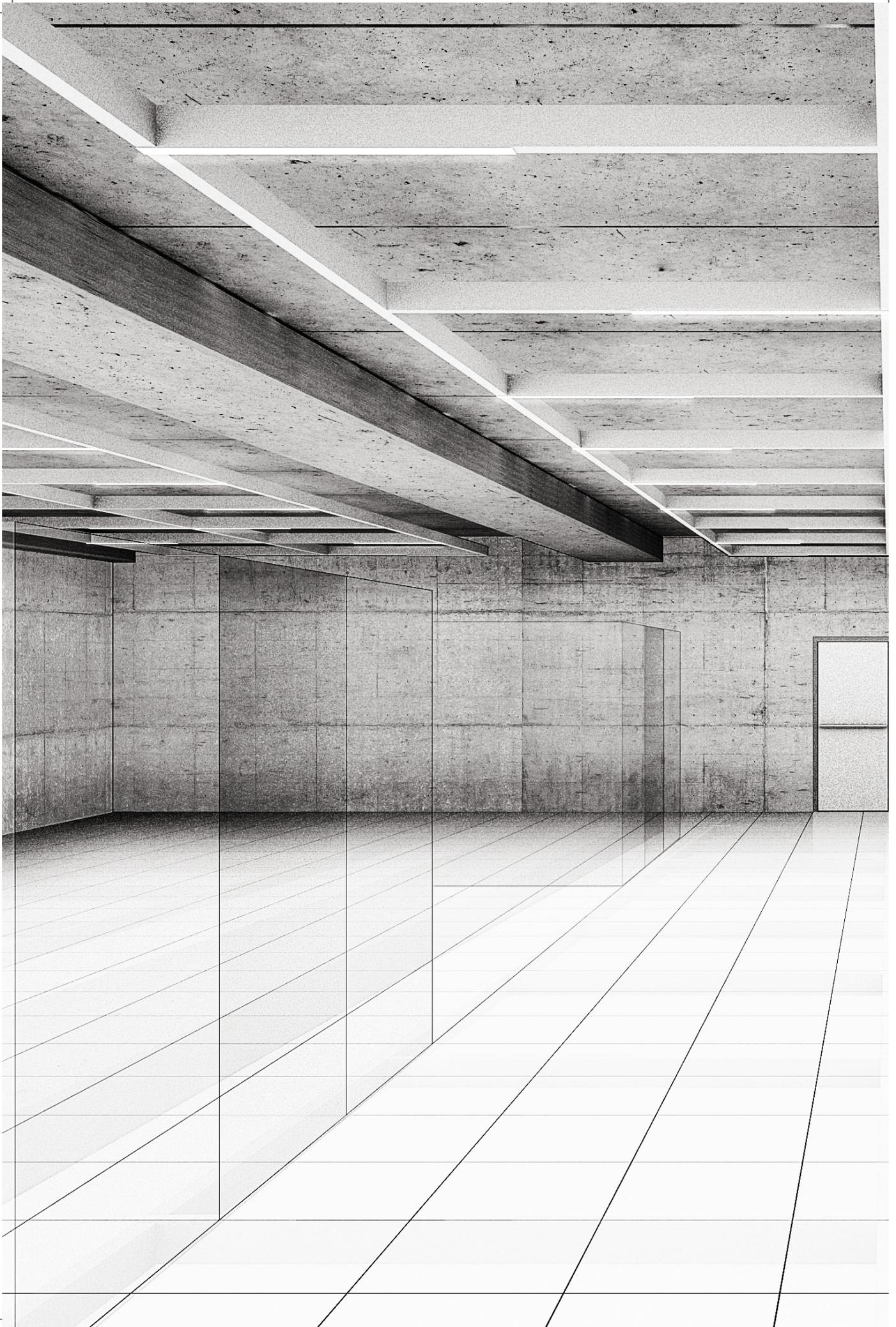


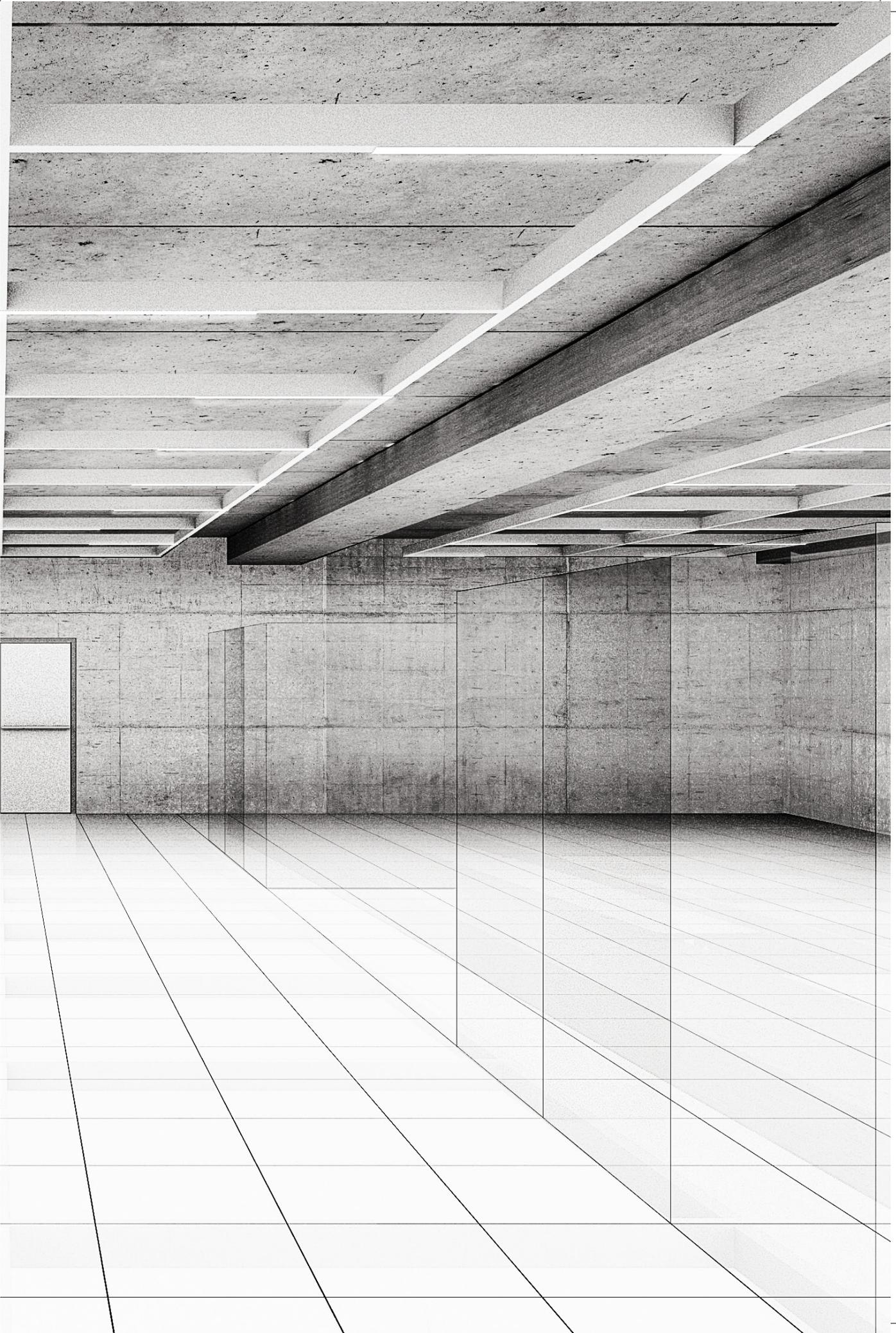














Quellenverzeichnis

selbstständige Publikationen

Basar, Shumon/ Coupland, Douglas/ Obrist, Hans Ulrich: Erschütterung der Welt. Leitfaden für die extreme Gegenwart, Köln 2015.

Castells, Manuel: Das Informationszeitalter, Teil 1: Der Aufstieg der Netzwerkgesellschaft, Opladen 2003.

Mc Luhan, Marshall/ Fiore, Quentin: Das Medium ist Massage, Frankfurt/M/Berlin/Wien 1984.

Mc Luhan, Marshall: The Gutenberg Galaxy. The Making of Typographic Man, Toronto 1962.

Rudofsky, Bernard: Architektur ohne Architekten, Eine Einführung in die anonyme Architektur, New York 1964.

Starosielski, Nicole: The Undersea Network , Durham/ London 2015.

Zweig, Stefan: Sternstunden der Menschheit, Frankfurt/M ⁵³2010.

unselbstständige Publikationen

Bernhardt, Ann-Julchen: Tertiär, Grau. Eine Studie zur logistischen Landschaft in Deutschland, in: Arch+ Servicearchitekturen. Von Korridoren und Black Boxes, Big Boxes und logistischen Landschaften (2012), H. 205, 90-91

Cerf, Vint u.a. (o.J.): Brief History of the Internet, <http://www.internetsociety.org/internet/what-internet/history-internet/brief-history-internet>, in: <https://www.internetsociety.org/internet/what-internet/history-internet/> [01.03.2017]

Foucault, Michel: Andere Räume, in: Aisthesis. Wahrnehmung heute oder Perspektiven einer anderen Ästhetik (1992)

Hammer, Wolfgang (09.02.2015): Space, the final frontier: A1 startet mit Breitband-Internet via Satellit, <https://www.a1blog.net/2015/02/09/space-the-final-frontier-a1-startet-mit-breitband-internet-via-satellit>, in: <https://www.a1blog.net> [01.03.2017]

Herzog, Andreas: Die Banalität der Wolke, in: Hochparterre (2016), H. 8/16, 14-17

Hommerl, Jörg/ Kiss, Pascal (02.01.2017): Wie viel Energie braucht das Netz?, <http://www.swr.de/naturlich/stromfresser-internet-wie-viel-energie-braucht-das-netz/-/id=100810/did=14939750/nid=100810/17wfi2i/>, in: <http://www.swr.de/naturlich/> [01.03.2017]

Koolhaas, Rem (06.01.2016): The Cur. Where to from Here, When All of the Horizon is in the Cloud?, <http://flaunt.com/art/rem-koolhaas/>, in: <http://flaunt.com/art/> [01.03.2017]

Kuhnert, Nikolaus/ Ngo, Anh-Linh: Servicearchitekturen. Von Korridoren und Black Boxes, Big Boxes und logistischen Landschaften, in: Arch+ Servicearchitekturen. Von Korridoren und Black Boxes, Big Boxes und logistischen Landschaften (2012), H. 205, 10-11

Mattern, Friedemann (03.03.2015): Wieviel Strom braucht das Internet?, <https://www.ethz.ch/de/news-und-veranstaltungen/eth-news/news/2015/03/wieviel-strom-braucht-das-internet.html>, in: <https://www.ethz.ch/de/news-und-veranstaltungen/eth-news/news/2015/03.html> [01.03.2017]

- Strand, Ginger: Keyword (03.2008): Evil. Google's addiction to cheap electricity, <http://archive.harpers.org/2008/03/pdf/HarpersMagazine-2008-03-0081946.pdf?AWSAccessKeyId=AKIAJXATU3VRJAAA66RA&Expires=1488563161&Signature=Et6ZkdZ2bgkySmTU7gooPv8bUPM%3D>, in: <http://harpers.org/archive/2008/03/> [01.03.2017]
- o.A. (o.J.): 2600 ans d'histoire, <http://decouvrir-marseille.marseille.fr/histoire-de-marseille/présentation/>, in: <http://decouvrir-marseille.marseille.fr/> [01.03.2017]
- o.A. (o.J.): AAE1, <http://aae1.com>, in: <http://aae1.com> [01.03.2017]
- o.A. (26.10.2016): Anwenderstudie zur Zukunft des Rechenzentrums, <http://www.datacenter-insider.de/anwenderstudie-zur-zukunft-des-rechenzentrums-v-37236-13272/?checkout/>, in: <http://www.datacenter-insider.de/index.cfm?pid=13272&cpk=37236/> [01.03.2017]
- o.A. (2013): Applikationen für die elektrische Energieverteilung, http://w3.siemens.com/powerdistribution/global/DE/consultant-support/download-center/tabcardseiten/Documents/Planungshandbuecher/Elektrische_Energieverteilung_in_Rechenzentren.pdf, in: <http://w3.siemens.com/powerdistribution/global/DE/consultant-support/download-center/Seiten/Default.aspx> [01.03.2017]
- o.A. (o.J.): Commercial versus Non-Commercial, <https://www.euro-ix.net/ixps/setup-ixp/ixp-models/commercial-versus-non-commercial/>, in: <https://www.euro-ix.net/ixps/set-up-ixp/ixp-models/> [01.03.2017]
- o.A. (25.08.2012): CPEU2 - European Internet history, <https://www.youtube.com/watch?v=uTx4rFxxgghs>, in: <https://www.youtube.com/> [01.03.2017]
- o.A. (10.04.2015): DE-CIX baut Internet Exchanges in Sizilien und Marseille auf, <https://www.eco.de/2015/news/de-cix-baut-internet-exchanges-in-sizilien-und-marseille-auf.html>, in: <https://www.eco.de> [01.03.2017]
- o.A. (21.09.2016): Die Geschichte des VIX, https://www.vix.at/vix_history.html, in: https://www.vix.at/vix_organization.html [01.03.2017]
- o.A. (o.J.): Explaining the Uptime Institute's Tier Classification System, <https://journal.uptimeinstitute.com/explaining-uptime-institutes-tier-classification-system/>, in: <https://journal.uptimeinstitute.com/category/executive/> [01.03.2017]
- o.A. (o.J.): Greg's Cable Map, <http://www.cablemap.info>, in: <http://www.cablemap.info> [01.03.2017]
- o.A. (o.J.): Housing, <https://www.euro-ix.net/ixps/setup-ixp/ixp-infrastructure/housing>, in: <https://www.euro-ix.net/ixps/set-up-ixp/ixp-infrastructure/> [01.03.2017]
- o.A. (o.J.): IXP Models, <http://www.ixptoolkit.org/content/ixp-models>, in: <http://www.ixptoolkit.org/content/ixps> [01.03.2017]
- o.A. (o.J.): Informationsgesellschaft Allgemein, <http://www.kunstkultur.bka.gv.at/site/4544/default.aspx#a1>, in: <http://www.kunstkultur.bka.gv.at/site/4544/default.aspx> [01.03.2017]
- o.A. (o.J.): Internet Users, <http://www.internetlivestats.com/internet-users/> in: <http://www.internetlivestats.com> [01.03.2017]
- o.A. (o.J.): Introduction, <http://www.euromediterranee.fr/districts/introduction.html?L=1>, in: <http://www.euromediterranee.fr>



fr/ [01.03.2017]

o.A. (13.12.2013): Leitfaden Betriebssicheres Rechenzentrum. Leitfaden Version 3, <https://www.bitkom.org/noindex/Publikationen/2013/Leitfaden/Betriebssicheres-Rechenzentrum/LF-Betriebssicheres-Rechenzentrum.zip>, in: <https://www.bitkom.org/Bitkom/Publikationen/Betriebssicheres-Rechenzentrum.html> [01.03.2017]

o.A. (o.J.): List of IXPs, <https://www.euro-ix.net/ixps/list-ixps/>, in: <https://www.euro-ix.net/ixps/> [01.03.2017]

o.A. (o.J.): M 1.49 Technische und organisatorische Vorgaben für das Rechenzentrum, https://www.bsi.bund.de/DE/Themen/ITGrundschutz/ITGrundschutzKataloge/Inhalt/_content/m/m01/m01049.html, in: https://www.bsi.bund.de/DE/Themen/ITGrundschutz/ITGrundschutzKataloge/Inhalt/Massnahmenkataloge/M1Infrastruktur/m1infrastruktur_node.html [01.03.2017]

o.A. (30.06.2015): Mobilfunkstationen in Österreich, http://www.fmk.at/site/assets/files/44906/140624_anzahl_stationen_q2_2015.pdf, in: <http://www.fmk.at/> [01.03.2017]

o.A. (o.J.): Mobilfunk - Technische Informationen, <http://www.senderkaster.at/technik/>, in: <http://www.senderkaster.at> [01.03.2017]

o.A. (o.J.): Neutrality, <https://www.euro-ix.net/ixps/setup-ixp/ixp-models/neutrality/>, in: <https://www.euro-ix.net/ixps/set-up-ixp/ixp-models/> [01.03.2017]

o.A. (o.J.): Prognose zum monatlichen Datenvolumen des globalen IP-Traffics bis 2020, <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/266869/umfrage/prognose-zum-datenvolumen-des-globalen-ip-traffics/>, in: <https://de.statista.com/statistik/kategorien/kategorie/21/themen/193/branche/reichweite-traffic/> [01.03.2017]

o.A. (o.J.): SEA-ME-WE 5 Submarine Cable System, <http://www.seamewe5.com>, in: <http://www.seamewe5.com> [01.03.2017]

o.A. (o.J.): Successful Models for IXPs, <http://www.ix-f.net/ixp-models.html>, in: <http://www.ix-f.net> [01.03.2017]

o.A. (17.04.2014): The Euro-IX video in German, <https://www.youtube.com/watch?v=A93IPHKozPU>, in: <https://www.youtube.com/> [01.03.2017]

o.A. (o.J.): The urban history, <http://www.euromediterranee.fr/topics/architecture/lhistoire-urbaine.html?L=1>, in: <http://www.euromediterranee.fr/> [01.03.2017]

o.A. (o.J.): What is an IXP?, <https://www.euro-ix.net/ixps/what-is-ixp/>, in: <https://www.euro-ix.net> [01.03.2017]

Andere Quellen

Gespräch mit Christian Panigl (VIX), geführt von Gabriel Tschinkel, Wien, 24.02.2016

Gespräch mit Bernhard Pawlata (Interxion), geführt von Gabriel Tschinkel, Wien, 23.03.2016



Abbildungsnachweis

Abb1	http://static.art-magazin.de/bilder/1f/4a/35599/fullsize/00-age-of-earthquakes-20-obrist-bookmarks-unknown-1.png	
Abb2	https://www.welt.de/img/geschichte/mobile117596037/0371351187-22-ci16x9-w780/SHIP-GT-EASTERN-CABLE.jpg	
Abb3	Internet: Funk - Satellit - Kabel Gabriel Tschinkel	28
Abb4	Gabriel Tschinkel - nach Ventury/ Scott Brown Learning from Las Vegas	32
Abb5	https://datacentermurals.withgoogle.com/static/assets/images/mural/ghislain/hero.34.jpg	
Abb6	https://www.telekom.com/resource/blob/313626/77b7bfb7fd825322ef3256356e0362504/dl-rechenzentrum-in-biere-3-data.jpg	
Abb7	Starosielski, Nicole: The Undersea Network , Durham/ London 2015	38
Abb8	Globale Unterseekabel Gabriel Tschinkel - nach http://www.cablemap.info	40
Abb9	Seekabel am Standort Marseille Gabriel Tschinkel - nach http://www.cablemap.info	42
Abb10	Peeringmatrix 2016 - Internetknoten in der EURO-IX Region Gabriel Tschinkel - nach https://www.euro-ix.net/tools/peering-matrix/	46
Abb11	peering - transit Gabriel Tschinkel	48
Abb12	VIX: Strukturplan + Typologien Gabriel Tschinkel	52/ 53
Abb13	DE-CIX: Strukturplan + Typologien Gabriel Tschinkel	54/55

Abb14	AMS-IX: Strukturplan + Typologien Gabriel Tschinkel	56/57
Abb15	http://socialmediaweek.org/wp-content/blogs.dir/1/files/2015/02/Facebook-64-Servers-3rd-Image.jpg	
Abb16	Axonometrie Gabriel Tschinkel	88
Abb17	Statik Gabriel Tschinkel	92
Abb18	Erschließung Gabriel Tschinkel	94



Danksagung



Ich möchte mich ganz herzlich bei Herrn Professor Roger Riewe sowohl für die Annahme meiner Themenwahl, die Betreuung meiner Masterarbeit und die wichtigen Impulse als auch für die vielfältigen Erfahrungen, die ich während meiner Mitarbeit im Architekturbüro sammeln durfte, bedanken.

Ich danke Herrn Professor Stefan Peters für die Anregungen zum Tragwerk.

Ebenfalls danke ich dem AZ3 für die vielen schönen Stunden.

Ein wichtiger Dank gilt meinem engen Freundeskreis, durch den die gemeinsame Zeit in Graz durch unzählige besondere Momente zu etwas absolut Unvergesslichem wurde.

Schließlich geht mein ganz besonderer und aufrichtiger Dank an meine Eltern Martina und Erich, die mich während des gesamten Studiums immer und ganz wesentlich unterstützt haben.





