

Die approbierte Originalversion dieser Diplom-/
Masterarbeit ist in der Hauptbibliothek der Tech-
nischen Universität Wien aufgestellt und zugänglich.

<http://www.ub.tuwien.ac.at>



The approved original version of this diploma or
master thesis is available at the main library of the
Vienna University of Technology.

<http://www.ub.tuwien.ac.at/eng>

**Gewidmet meinen Kindern,
Vuk und Jovana**

Wien, am 10.02.2014.

DIPLOMARBEIT

ausgeführt zum Zweck der Erlangung des akademischen Grades eines
Diplom-Ingenieurs/ Diplom-Ingenieurin unter der Leitung von

Univ.Prof. Arch. Dipl.- Ing. Dr.techn. Manfred Berthold

Institut für Architektur und Entwerfen
E253/4 Abteilung für Hochbau und Konstruktion
eingereicht an der Technischen Universität Wien
Fakultät für Architektur und Raumplanung

Aleksandar Majkić
0325302
Fockygasse 55/14 1120 Wien



Wolkenkratzer
Geschichte
1

abstract

Die meisten großen Gewerbeobjekte in Großstädten sind meist 24 Stunden täglich und sieben Tage die Woche offen und werden allzeit geheizt bzw. gekühlt, womit ca. 30 Prozent der Energie verschwendet werden. Das Ziel dieses Projektes ist die Erbauung eines multifunktionellen Hochhauses, welches selbsterhaltend ist in Energieaspekten. Durch den Einsatz moderner Technologie, Materialien und Design würde man eine hohe Wiedererkennbarkeit und Prägung der Landschaft in der Region und im weiteren Umkreis erreichen.

1.1 Grundlagen

Als Wolkenkratzer bezeichnet man besonders hohe Hochhäuser, üblicherweise ab 100 Metern Höhe. Sie werden oft als Symbole für wirtschaftliche Macht und das Streben nach Wachstum angesehen, für ihre Erbauer und Besitzer können sie repräsentative Zwecke erfüllen. Der englische Name skyscraper stammt ursprünglich aus der Marine und bezeichnete den höchsten Mast auf Segelschiffen, seine deutsche Übersetzung ist ein Anglizismus. In erster Linie zeichnet sich ein Gebäude dadurch aus, dass es von Menschen zum Wohnen und Arbeiten genutzt wird. Wolkenkratzer sind in der Regel bauliche Solitäre mit turmartigem Charakter und hoher städtebaulicher Eigenständigkeit. Diese Merkmale und die große Höhe machen sie zu einer Sonderform des Hochhauses – eine Bezeichnung, die allgemein für alle Gebäude mit einer Höhe von mehr als 40 Metern oder mehr als 12 Stockwerken gilt. Nicht zu den Wolkenkratzern zählt man Sende- bzw. Fernsehtürme wie den CN Tower in Toronto oder Aussichtstürme wie den Eiffelturm, da deren wenigste Ebenen zum Wohnen oder Arbeiten genutzt werden. Solche Türme werden daher auch nicht als Gebäude, sondern als (freistehende) Bauwerke bezeichnet. Das aktuell höchste Gebäude wie auch Bauwerk der Welt ist der Burj Khalifa (während der Bauphase Burj Dubai) in Dubai mit einer strukturellen Höhe von 828 Metern, einer Gesamthöhe von 830 Metern und 163 nutzbaren Stockwerken (mindestens 189 gesamt). Er wurde 2010 fertiggestellt.



Abb.1 Eiffelturm-Paris- 1899



Abb.2 Burj Khalifa -Dubai 830 m. Bj.2010

1.2 Geschichte

Pyramiden von Gizeh als erste Hochbauten der Alten Ägypter Die ägyptischen Pyramiden, im Speziellen die Pyramiden von Gizeh, können als erste Hochbauten (ca. 2500 v. Chr.) betrachtet werden. Die höchste der drei Pyramiden, die Cheops Pyramide, ursprünglich 146 Meter hoch, misst noch heute 137 Meter. Das mesopotamische Gegenstück zu den Pyramiden waren die Zikkurats im heutigen Irak. Die rekonstruierte Zikkurat des Mondgottes Nanna war rund 25 Meter hoch. Die bekannteste Zikkurat ist der schon in der Bibel erwähnte Turm zu Babel, der allerdings nur noch als Grundriss vorhanden ist. Aus Mittelamerika sind die Pyramiden der Tolteken, Azteken und Mayas bekannt. Die Hauptpyramide von Teotihuacán im heutigen Mexiko war 63 Meter hoch. Die Hauptpyramide von Tikal im heutigen Guatemala erreichte eine Höhe von 47 Met. Der Nataraja-Tempel in Chidambaram im Süden Indiens wurde mit 45 Meter hohen, steil gestuften Pyramiden im 13.Jh. gebaut.

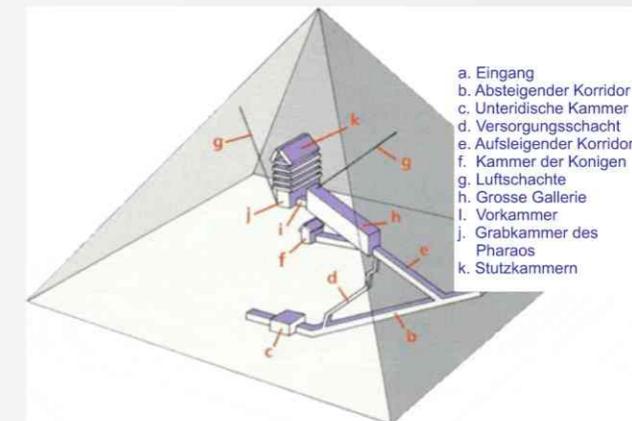


Abb.3 Die Pyramiden von Gizeh

1.3 Mittelalterliche Wohntürme

Im Mittelalter gab es in vielen italienischen Städten Wohntürme, die von einflussreichen städtischen Familien aus Prestige Gründen in die Höhe gebaut wurden. So wie die italienische Stadt Bologna im 12. bis 13. Jahrhundert 80 bis 100 Wohntürme auf, von denen sich jedoch noch knapp 20 erhalten haben. Darunter sind der Turm Azzoguidi, genannt Altabella (61 Meter Höhe), der Turm Prendi-parte, genannt Coronata (60 m), die Türme Scappi (39 m), Uguzzoni (32 m), Guido zagni, Galluzzi und die berühmten schiefen Türme Asinelli (97 m) und Garisenda (48 m). Die Stadt San Gimignano in der Toskana weist noch eine mittelalterliche Stadtansicht mit einigen Wohntürmen auf. Von den einst 72 Geschlechtertürmen existieren heute noch 15. Die beiden höchsten, der Torre Grossa aus dem Jahr 1311 und der Torre della Rognosa, weisen eine Höhe von 54 bzw. 51 Metern auf. Sechs- bis siebenstöckige Wohnhäuser aus dem 16. Jahrhundert sind auch aus der Stadt Schibam im Hadramaut in Yemen bekannt.



Abb. 4 Mittelalterliche Stadt, San Gimignano, Italien



Abb. 5 Rekonstruierte Stadtansicht von Bologna im 13. Jahrhundert nach Angelo Finelli 1917



Abb. 4a. Turm Prendiparte (60 m)



Abb. 5a Turm Azzoguidi-61 Meter Höhe

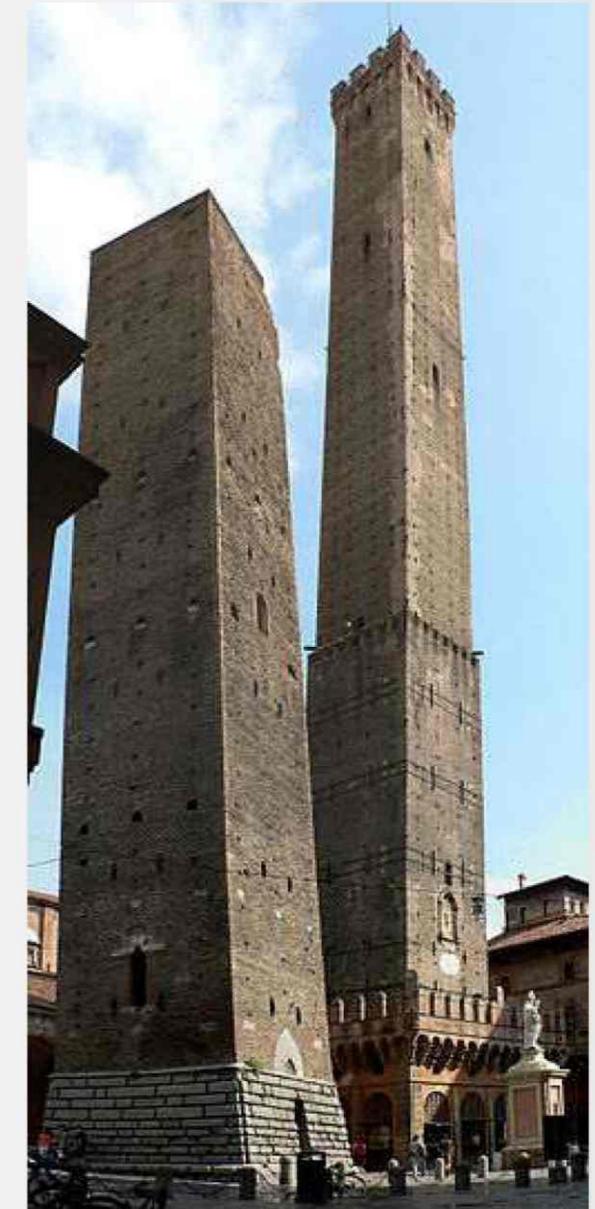


Abb. 6 Die zwei schiefen Türme von Bologna, Asinelli (97 m) und Garisenda (48 m)

1.4 Das 19. Jahrhundert

Ende des 19. Jahrhunderts und zu Beginn des 20. Jhd. taten sich die amerikanischen Großstädte, und hier besonders Chicago – das als Geburtsstätte der Wolkenkratzer gilt – und New York City mit dem Bau immer höherer Gebäude hervor. 1871 kam es zum Großen Brand von Chicago, der 17.450 Gebäude im Herzen des Geschäftsviertels der Stadt vernichtete. Innerhalb von sechs Wochen begannen die Bauarbeiten an 300 neuen Gebäuden, was der Architektur ganz neue Horizonte eröffnete. Zwischen 1880 und 1890 verdoppelte sich die Einwohnerzahl von Chicago auf über eine Million, was zu einer Explosion der Grundstückspreise in der Innenstadt führte. Kostete ein Quadratmeter im Jahr 1880 noch 130 US-Dollar, versiebenfachte er sich bis zum Jahr 1890 fast bis auf 900 US-Dollar. Das Home Insurance Building von 1885 (1931 abgerissen) war das erste Bauwerk, das die neuen technischen Errungenschaften vereinte, und gilt mit seinen zehn Etagen als das erste Hochhaus der Welt. Das 1889 von Dankmar Adler und Louis Sullivan errichtete Auditorium Building wies zudem - neben seiner fast perfekten Akustik - als Neuheit eine Klimaanlage auf. Rund um den ersten Stahlskelettbau in Chicago entstand eine Gruppe von Architekten, William Jenney, Louis Sullivan, Daniel Burnham, William Holabird und Martin Roche, die man heute als die Chicagoer Schule bezeichnet. Diese Gruppe prägte die Wirtschaftsarchitektur Chicagos bzw. des Ostens der USA maßgeblich. 1892 stieg New York City erstmals in den Wettlauf um das höchste Gebäude ein.

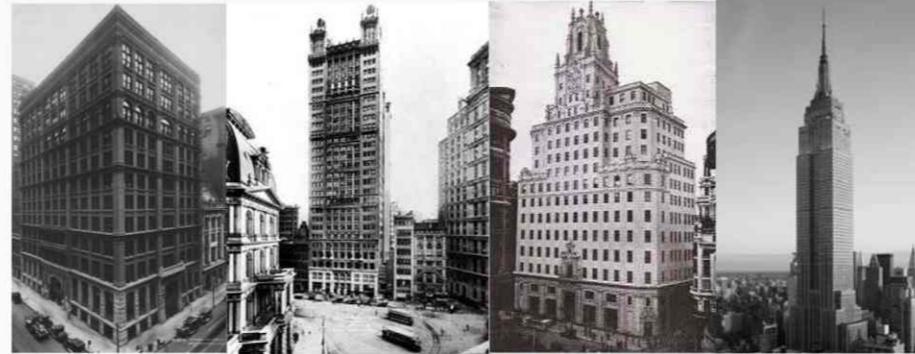


Abb. 7 W. Le Baron, Home Insurance Building 1884.

Abb. 8 R.H. Robertson, Park Row Building, 1899.

Abb. 9 I.C. Pastor, Edificio Telefonica, 1929.

Abb. 10 Shreve, Lamb, Herman, Empire State Building, 1931.



Abb. 11 Macht den Aufzug auch für Personen sicher – Elisha Graves Otis, 1852.

1.5 Das 20. Jahrhundert

Der erste Wolkenkratzer mit einer Höhe von über 150 Metern wurde 1908 in New York fertiggestellt: das Singer Building mit einer Höhe von 187 Metern und einer äußerst kunstvollen, bunten und palastartigen Fassade. Das Singer Building wurde trotz seiner historischen Bedeutung 1968 abgerissen, um Platz für den One Liberty Plaza, auch bekannt als U.S. Steel Building, zu schaffen. Bis heute ist das Singer Building das höchste jemals kontrolliert abgerissene Gebäude der Welt. 1909 wurde ebenfalls in New York der 213 Meter hohe Metropolitan Life Tower errichtet. Auch die nächsten Wolkenkratzer, die zur Zeit ihrer Erbauung die höchsten der Welt waren, wurden in New York erbaut: 241 Meter hoch und deutlich massiger als alle Vorgänger ist das 1913 erbaute Woolworth Building, das aufgrund seiner Form, seines Aussehens und seiner Funktion den Spitznamen „Kathedrale des Kommerzes“ erhielt. Das 1915 gebaute Equitable Building läutete zwangsweise einen neuen Baustil ein: Aufgrund der massiven Bauweise nahm es den vielen kleineren Gebäuden der Umgebung das Sonnenlicht. Nach der 1916 festgelegten Zoning Resolution für New York City mussten Gebäude nach oben hin dünner werden.



Abb. 12 Singer Building 187 m. 1908 Jhd.



Abb. 13 Met Life Tower 213 m. 1909 Jhd.



Abb. 14 Chrysler Building 319 m. 1930 Jhd.

1.6 Das 21. Jahrhundert

Das China Central Television Headquarters in Peking beeindruckt mehr durch seine Form als durch seine Höhe. Der Burj Khalifa: seit Januar 2009 das höchste je errichtete Bauwerk. Im Jahre 2004 wurde der Taipei 101 in Taipei eröffnet. Er ist 508 Meter hoch und löste die Petronas Towers als höchstes Gebäude der Welt ab. Weiterhin blieb jedoch der Willis Tower mit seiner Antennenspitze auf 527 Meter höchstes Gebäude nach dem Kriterium Höhe bis zur Spitze. Am 17. Januar 2009 erreichte der Burj Khalifa seine strukturelle und offizielle Endhöhe von 828 Meter und ist mit seinen 830 Metern Höhe bis zur Spitze nicht nur der höchste Wolkenkratzer, sondern auch das weltweit höchste jemals errichtete Bauwerk. Damit war es seit der Errichtung des Empire State Building das erste Mal, dass der Titel des höchsten Bauwerks wieder an einen Wolkenkratzer ging. Das Gebäude wurde am 4. Januar 2010 eröffnet. In Peking entstand 2009 mit dem 234 Meter hohen Gebäude der China Central Television Headquarters (CCTV) des Architekten Rem Koolhaas eine neue Form von Wolkenkratzer in Form eines Bügels oder einer Schleife. Dieser Entwurf galt ebenso als bedeutend, wenngleich dieses Gebäude mit seiner vergleichsweise geringen Höhe zu keinem Rekord beitrug.



Abb. 15. China Central Television- Peking, Höhe 234 m.
Eröffnung: 2009 arh. Rem Koolhaas



Abb. 16 „Kuala Lumpur, Malaysia, Höhe 310 m.
Eröffnung: 1999 arh. César Pelli



Abb. 17 „Burj Khalifa-Dubai
Höhe 828 m. Eröffnung: 2010
arh. Adrian Smith



Abb. 18 „Shanghai Tower, China
Höhe 632 m. Eröffnung: 2014
arh. Gensler



Abb. 19 The Shard—London, UK.
Height: 1,017.06 feet



Abb. 20 „Capital Gate, Abu
Dhabi Höhe 160 m. Eröffnung:
2011 arh. RMJM Dubai



Abb. 21 Turning Torso im schwedischen
Malmö

1.7 Verdrehte Wolkenkratzer

Heutzutage gibt es Architekten, die eine oder andere wirklich ausgefallene Idee mit ihren Bauprojekten verwirklichen wollen. In dieser Sammlung sind jede Menge verdrehter Wolkenkratzer vorgestellt und die meisten von ihnen kann man schon jetzt vor Ort betrachten.



Abb. 22 Dubai Tower 2011 J.

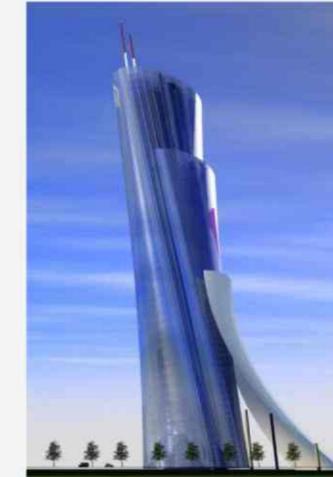


Abb. 23 Diplom arbeit-Tower-Banjaluca



Abb. 24 Dynamic Tower. D.Fisher

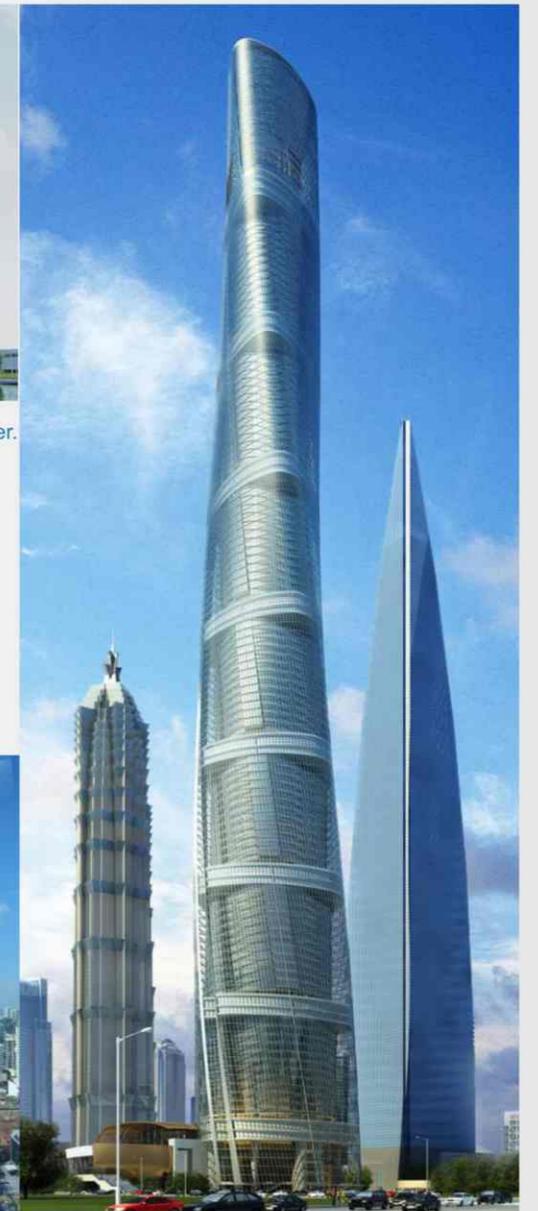


Abb. 24 a „Turning Torso“ Malmö-Schweden



Abb. 25 Infinity Tower in Dubai



Abb. 26 Avaz Twist Tower in Sarajevo (Bosnien):



Abb. 27 Absolute World in Toronto:



Abb.28 Evolution Tower in Moskau:



Abb.29 Mode Gakuen Spiral Towers in Japan:



Abb.30 Revolution Tower in Panama City:



Abb.31 Shanghai Tower-arch Gensler IL. 2014 J.



1.8 Konzept

Die meisten großen Gewerbeobjekte in Großstädten sind meist 24 Stunden täglich und sieben Tage die Woche offen und werden allzeit geheizt bzw. gekühlt, womit ca. 30 Prozent der Energie verschwendet werden. Das Ziel dieses Projektes ist die Erbauung eines multifunktionellen Hochhauses, welches selbsterhaltend ist in Energieaspekten. Durch den Einsatz moderner Technologie, Materialien und Design würde man eine hohe Wiedererkennbarkeit und Prägung der Landschaft in der Region und im weiteren Umkreis erreichen. Des Weiteren würde man sich Ansehen im wirtschaftlichen Bereich, als auch auf nationaler Ebene in der Entwicklung ähnlicher Projekte sichern. Viele Länder sind bereits wegen ihrer futuristischen Wolkenkratzer bekannt, mit denen sie ihre Wirtschaftsmacht durch die Größe und das Design der Hochhäuser demonstrieren. Durch das Außendesign, Windungen und die Materialien wird eine gewisse Dynamik veranschaulicht. Das Interieur besticht durch seine räumliche Organisation, als auch den technischen Errungenschaften in Bequemlichkeit und Nützlichkeit. Die Verbindung der verschiedenen Verwendungen (Shopping, Büros, Restaurants, Hotels, usw.) umschließt dieses Objekt in seiner Gesamtheit. Die hängenden Gärten und das Atrium sind auf solche Weise projektiert, dass sie durch Doppelglasfassaden eine natürliche Ventilation besitzen würden. Die vertikale Kommunikation durch das System von Einbahnaufzügen und die selbstangetriebenen Lifte erzeugen Strom. Neben den Liften, tragen Photovoltaikanlagen, Tiefenpumpen und andere Energiefaktoren, die auf dem Prinzip der erneuerbaren Energie beruhen, zur Nachhaltigkeit bei und sollen das Gebäude so möglichst unabhängig und modern machen.

1.9 Schematische Darstellung der 20 weltweit höchsten Gebäude in 2020

Die höchsten 20 Gebäude in 2020: Die Ära von Megatall wird eingeläutet. Die weltweit prognostizierten höchsten 20 Wolkenkratzer im Jahr 2020. In diesem Jahrzehnt wird das erste 1km hohe Gebäude weltweit errichtet, sowie auch der Abschluss einer erheblichen Anzahl von Gebäuden über 600 Meter stattfinden - das ist doppelt so hoch wie der Eiffelturm. Vor zwei Jahren, vor der Fertigstellung des Burj Khalifa, hat es diesen Gebäudetyp nicht gegeben. Und dennoch, bis zum Jahr 2020 können wir mindestens acht solcher Bauten weltweit erwarten. Der Begriff "supertall" (bezieht sich auf ein Gebäude über 300 Meter) ist somit nicht mehr ausreichend, um diese Gebäude zu beschreiben: Wir treten in das Zeitalter "megatall." Nicht nur steigende Höhe, sondern auch die Vielfalt an Projektstandorten ist beträchtlich. Die Projekte werden in 15 Städten in 7 Ländern verstreut. China, mit 10 der 20 Projekten, gefolgt von Korea (3), Saudi-Arabien (2) und den Vereinigten Arabischen Emiraten (2) und Asien (ohne Nahen Osten) mit einem Anteil von 70% der Gebäude (14). Der Nahe Osten zählt für 25% (5). Die einzige andere Region in der Studie ist Nordamerika, mit dem New Yorker One World Trade Center, er ist der einzige Turm in der westlichen Hemisphäre in dieser Untersuchung. Wenn wir den Nahen Osten als Teil des kontinentalen Asien betrachten, dann enthält Asien 19 von 20 Projekten.

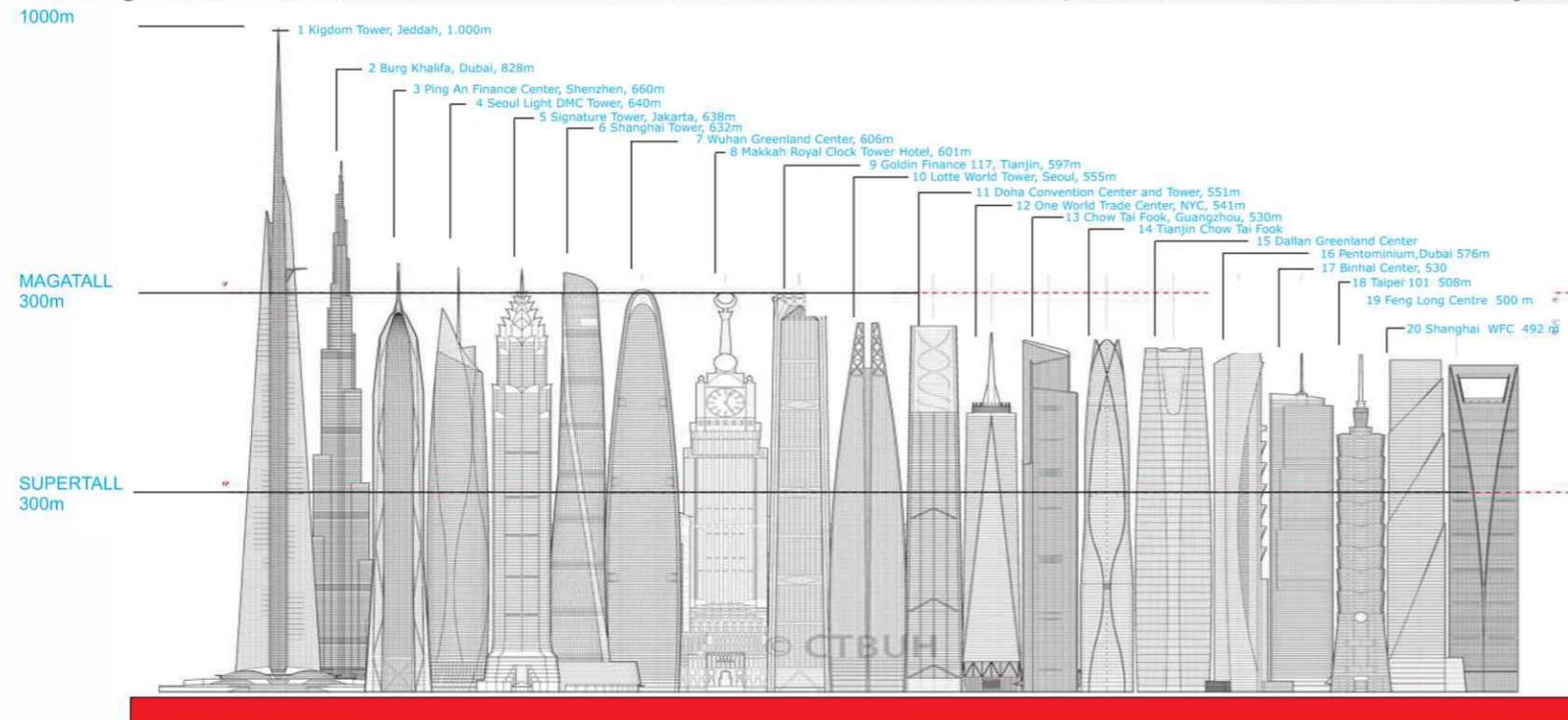


Abb.32 Schematische Darstellung der 20 weltweit höchsten Gebäude in 2020

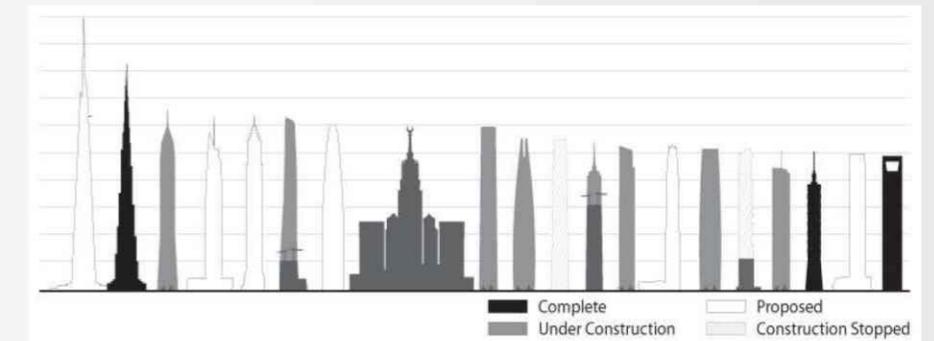


Abb.33 Der Status der "höchsten 20 im Jahr 2020"-Projekte

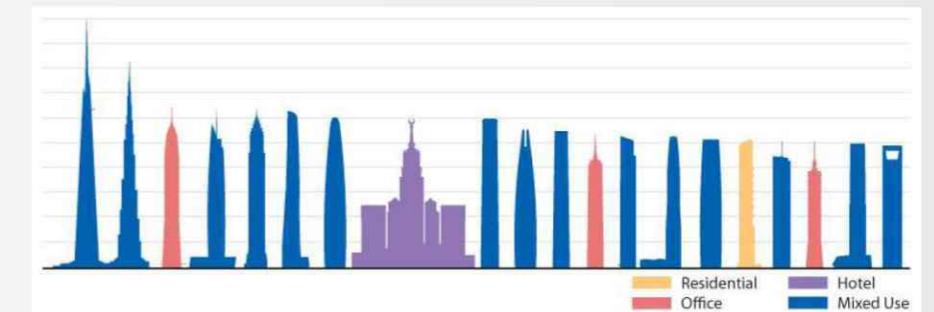


Abb.34 Die Lage des "höchsten 20 im Jahr 2020"-Projekte

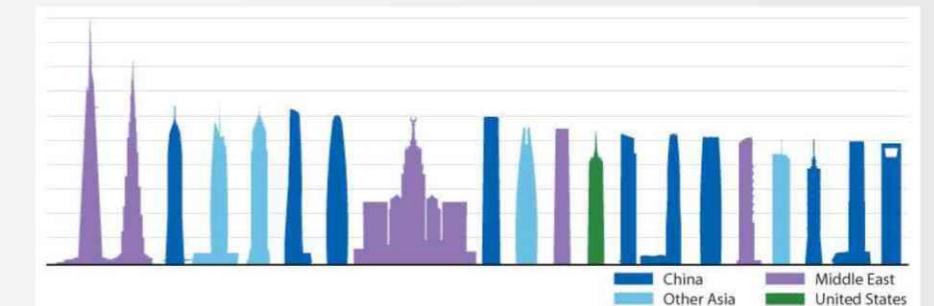


Abb.35 Die Verwendung des "höchsten 20 im Jahr 2020"-Projekte

1.10 Vergangenheit, Gegenwart und Zukunft der Wolkenkratzer

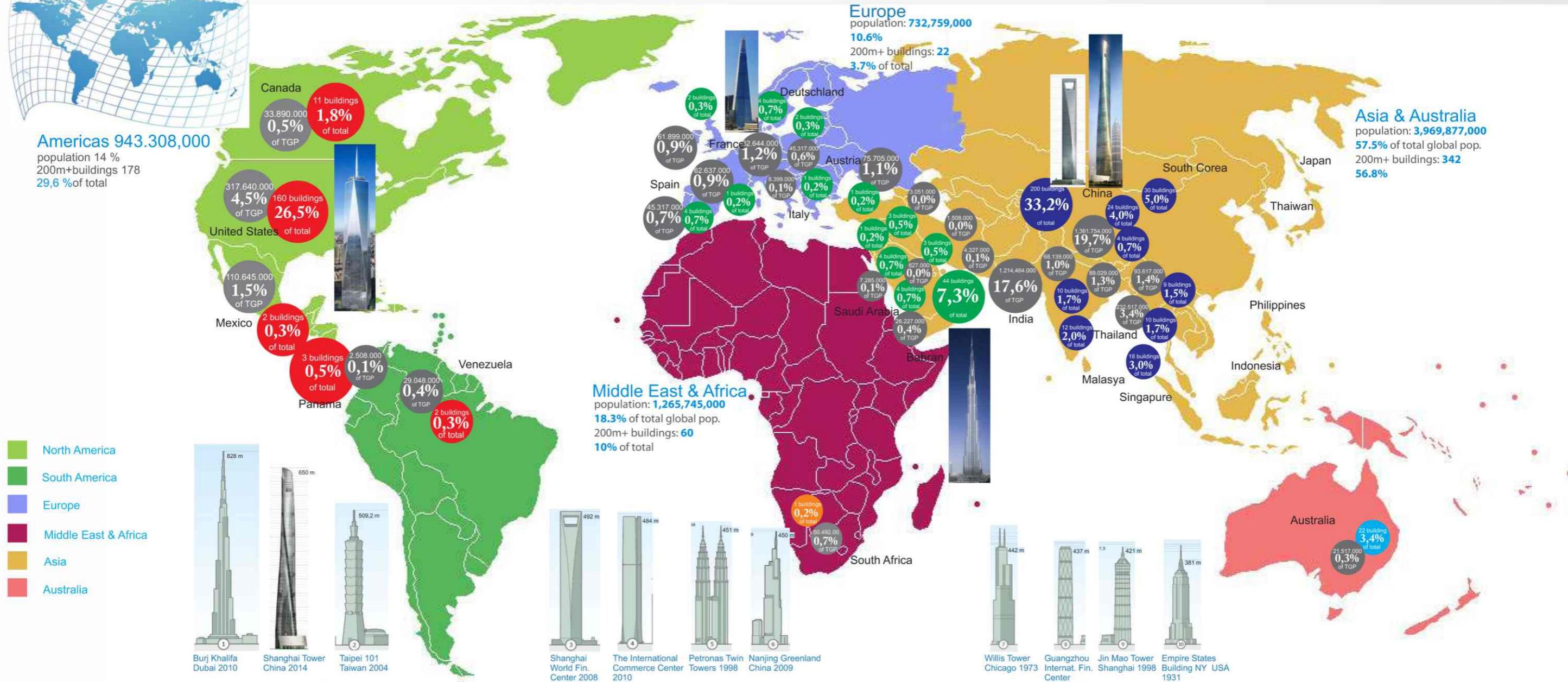
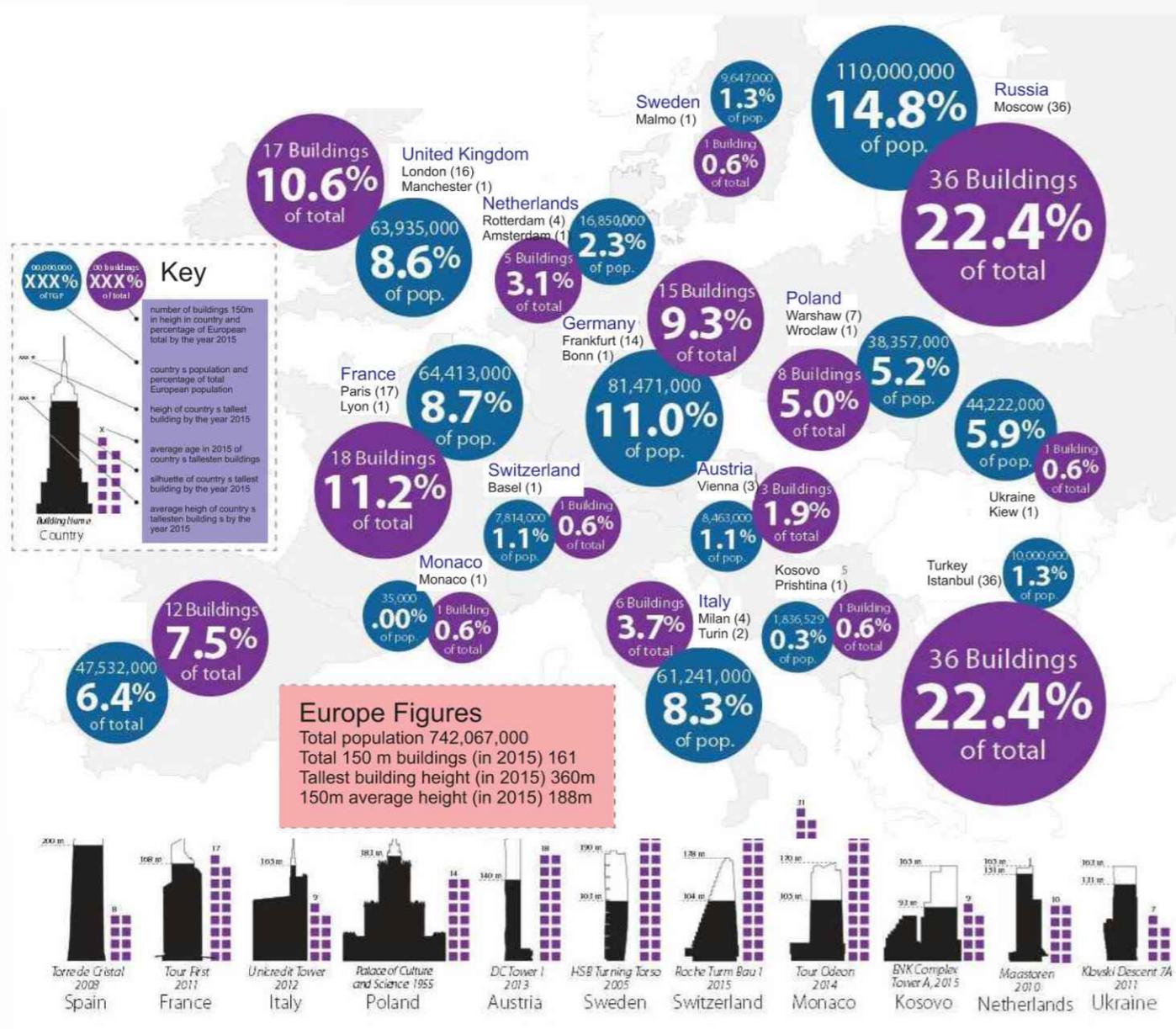
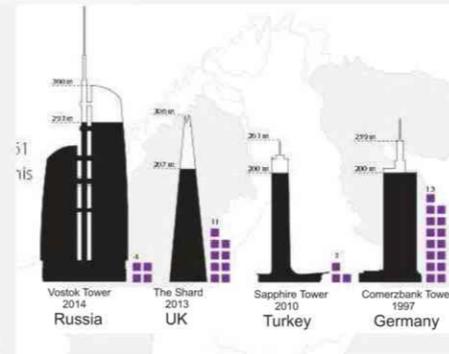


Abb.36 Vergangenheit, Gegenwart und Zukunft der Wolkenkratzer



1.11 Vergangenheit, Gegenwart und Zukunft der europäischen Wolkenkratzer



Es gibt derzeit 109 Wolkenkratzern über 150 Meter in Europa. Diese Zahl wird auf 161 springen bis zum Ende des Jahres 2015, was bedeutet, dass es mehr als 50 Projekte in fortgeschrittenen Bau. diese Studie liefert eine Momentaufnahme der Vergangenheit, Gegenwart und Zukunft der Europa

Abb.37 Vergangenheit, Gegenwart und Zukunft der Europäischen Wolkenkratzer

1.12 Evolution of Structural Systems

Änderungen der Struktur mit der Höhe. Die Rohrsysteme sind grundlegende für Super hoch buildings. Framed Rohr Seit 1963 die neue strukturelle System von gerahmten Rohre wurde sehr einflussreich in Wolkenkratzer-Design und Konstruktion. Khan definiert das gerahmte Rohr Struktur als "dre dimensional Raum Struktur aus drei, vier besteht, oder möglicherweise mehr Rahmen, Rahmen verspannt oder Wandscheiben, trat an oder nahe ihrer Kanten bilden ein vertikales Rohr-ähnliche strukturelle System ausreichend gegen seitliche Kräfte in jede Richtung durch auskragenden von der Stiftung. Abstand miteinander verbunden Außensäulen bilden die Röhre. Horizontale Lasten, zum Beispiel aus Wind und Erdbeben werden durch die Struktur abgestützt als Ganzes. Gerahmte Rohre erlauben weniger Innenraum Spalten und so schaffen mehr nutzbar Nutzfläche. Die gebündelte Rohr Struktur ist effizienter für hohen Gebäuden, Verminderung der Strafe in der Höhe. Das statische System ermöglicht auch die Innenraum Spalten kleiner zu sein und der Kern des Gebäudes, frei zu sein von verspannt Frames oder Wandscheiben, die sich verwenden wertvolle Stellfläche. wo größere Öffnungen wie Garagentore erforderlich sind, muss der Rohrrahmen sein unterbrochen, mit Transfer Trägern verwendet werden, um die strukturelle Integrität aufrecht zu erhalten.

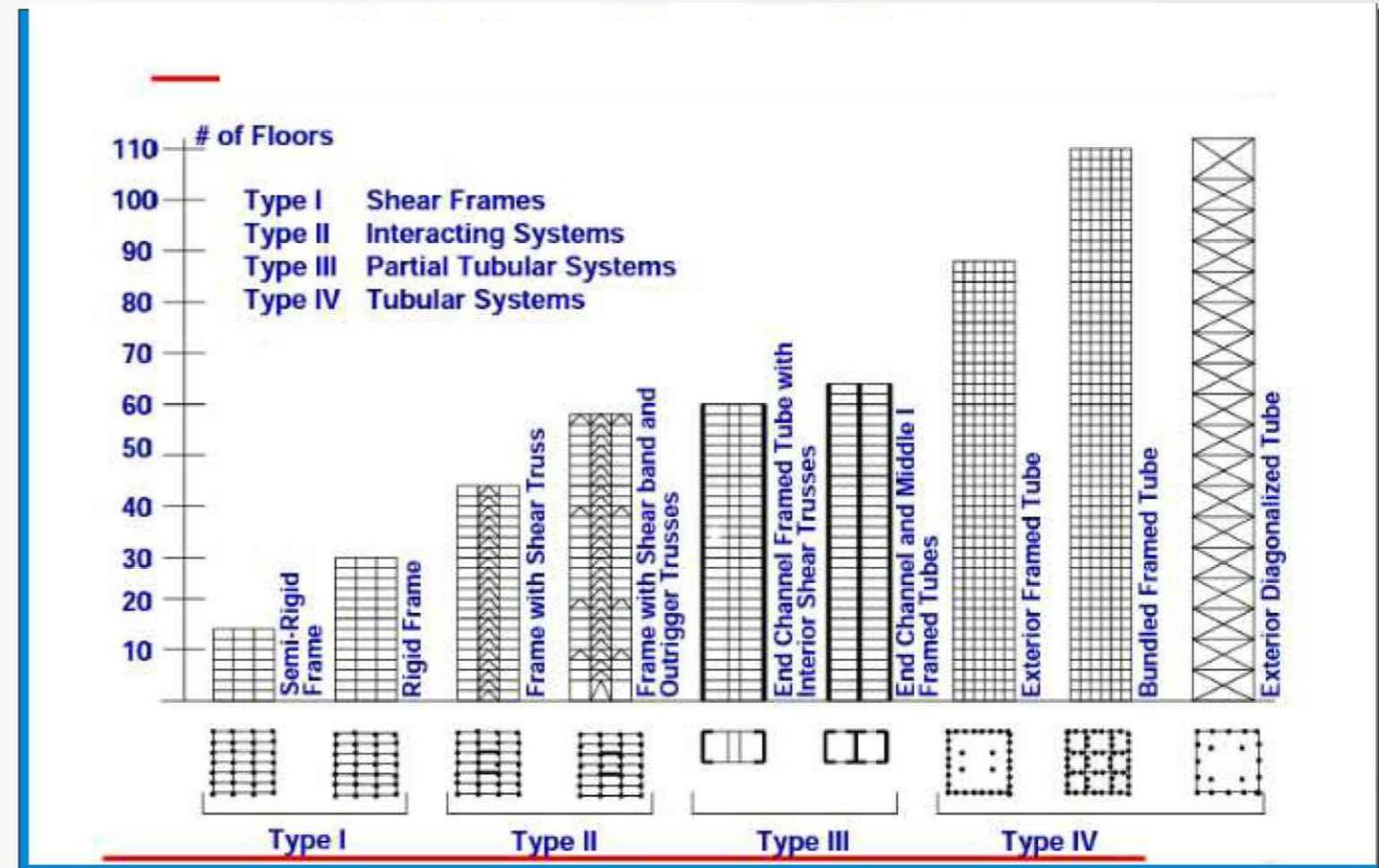


Abb.38 „Evolution of Structural Systems“

1.13 Structural Systems

Beton ist ein künstliches Gestein aus Zement, Betonzuschlag (Sand und Kies oder Splitt), gegebenenfalls Zusatzmitteln und Wasser. Betonstahl, auch als Bewehrungsstahl bezeichnet, ist ein spezieller, heutzutage gerippter oder profilierter Rundstahl mit einer hohen Zugfestigkeit ($f_{yk} = 500 \text{ N/mm}^2$). Dieser wird in die Schalung des Bauteils eingebaut und anschließend einbetoniert. Damit die Bewehrungsstäbe sich im fertigen Betonteil an der planmäßigen Stelle befinden und während des Betonierens nicht verschieben, werden sie mit Hilfe von Bindedraht untereinander zu einem Korb fixiert (zusammengerödelt). Beim Einfüllen des Betons, dem Betonieren, wird der Betonstahl durch den Beton komplett umhüllt, was den Verbund zwischen den beiden Baustoff bewirkt.

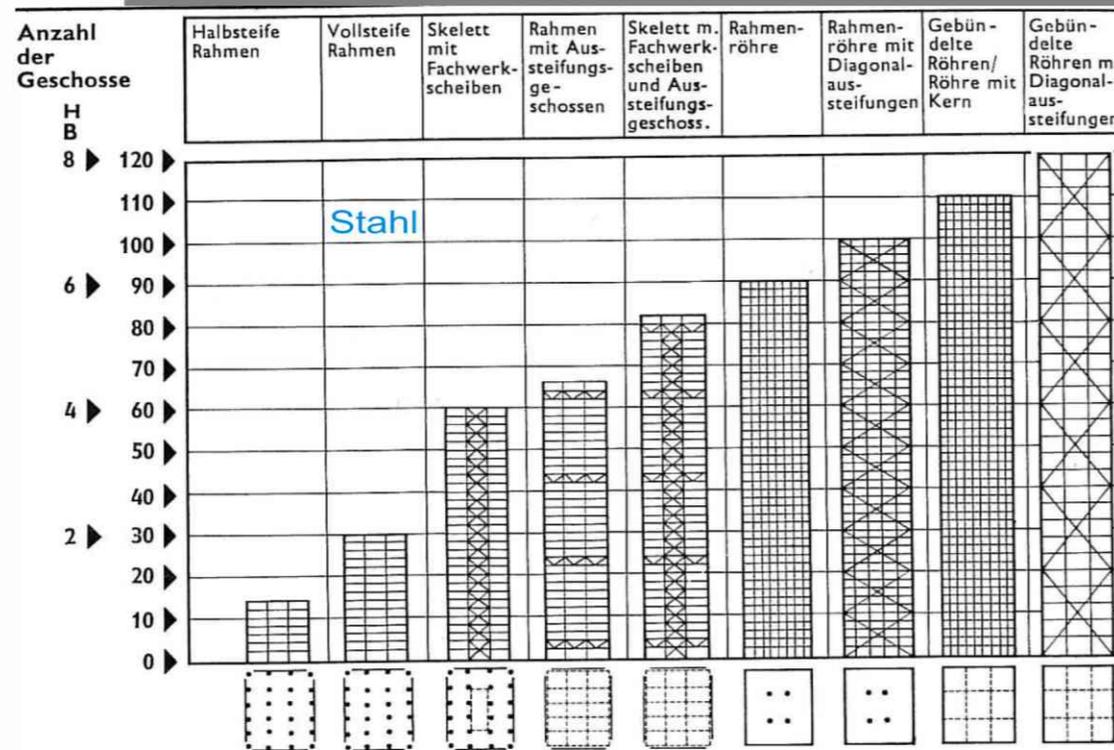


Abb.39 „Evolution of Structural Systems“ (Stahl)

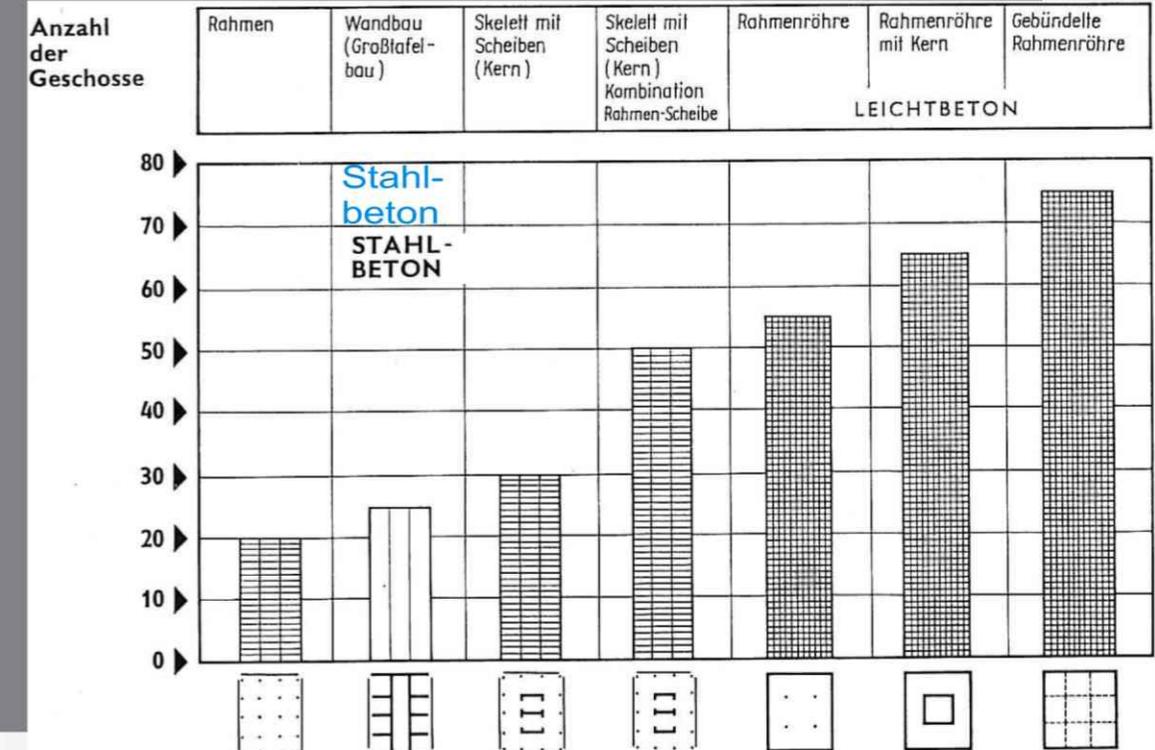


Abb.40 „Evolution of Structural Systems“ (Stahlbeton)

1.14 Hochhäuser und ihre Konstruktionsprinzipien

Wolkenkratzer müssen vor allem den Windlasten widerstehen und diese Kräfte in die Fundamente ableiten. Die Grafik zeigt, welche Lösungen dafür bislang gefunden wurden. Beim Zürich-Hochhaus in Frankfurt übernahm die Ableitung der Lasten allein der Stahlbeton-Kern des Gebäudes. Beim Frankfurter Messeturm sind die Lasten je zur Hälfte auf Kern und Gebäudehülle verteilt. Bei klassischen Röhren-Hochhäusern wie dem World Trade Center oder dem Sears Tower in Chicago werden die Kräfte nur über die Stahlstützen abgeleitet. Bei neuen Wolkenkratzern wie dem Jin Mao Building in Shanghai setzt man auf kombinierte Lösungen: "Megastützen" außen und Bauwerkskerne innen sind für die Stabilität verantwortlich. Der für Stuttgart geplante Trump-Tower folgt der Lastenverteilung des "doppelten Cubes": ein Stahlbetonkern und eine Tragkonstruktion, die durch Betonkerne versteift wird.

Legende:

- Hülle (Stahlbeton)
- Kern (Stahlbeton)
- Stahlskelett
- Röhre aus Stahlstützen
- Megastützen (Verbundbauweise)

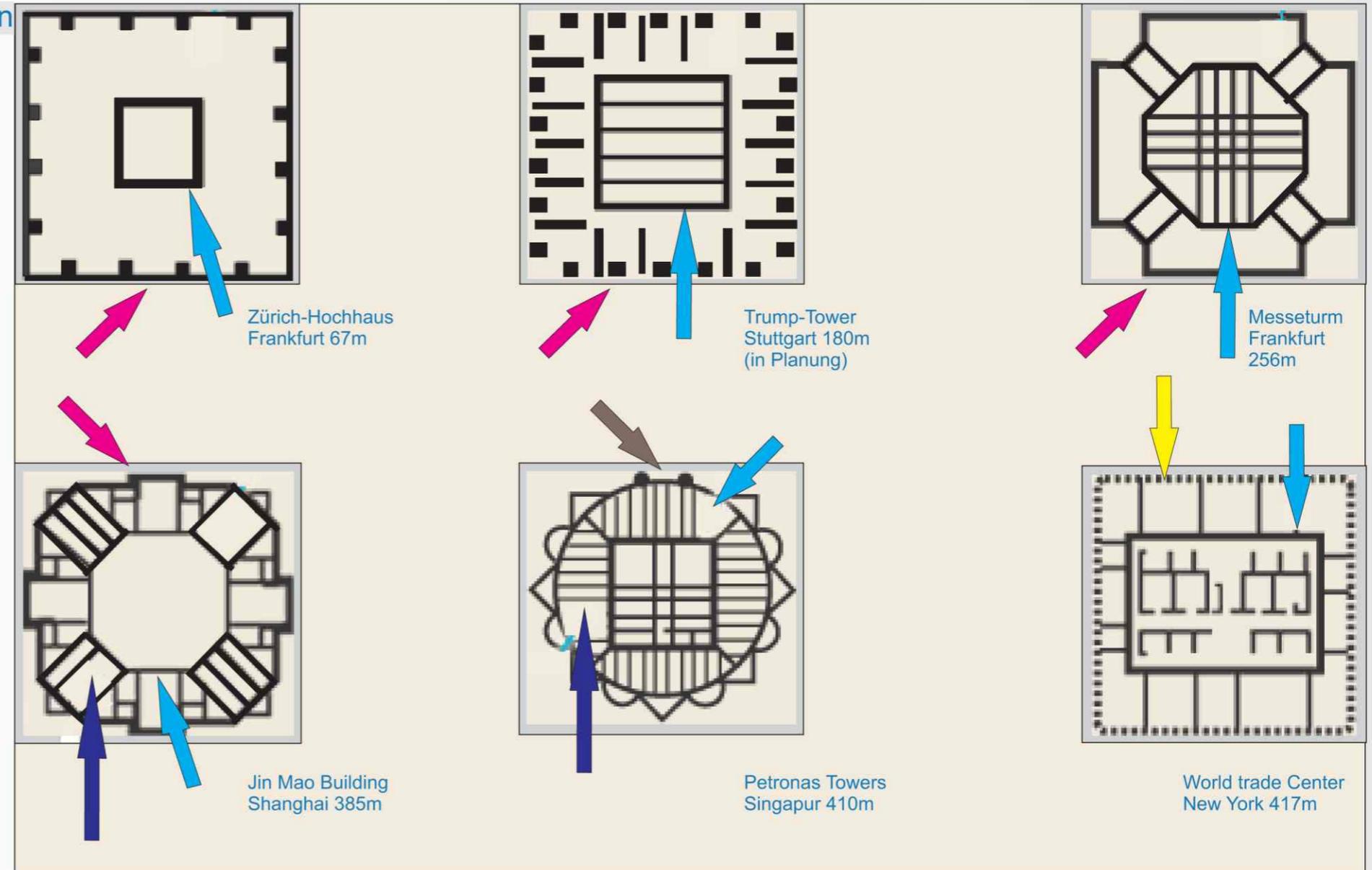


Abb.41 Hochhäuser und ihre Konstruktionsprinzipien

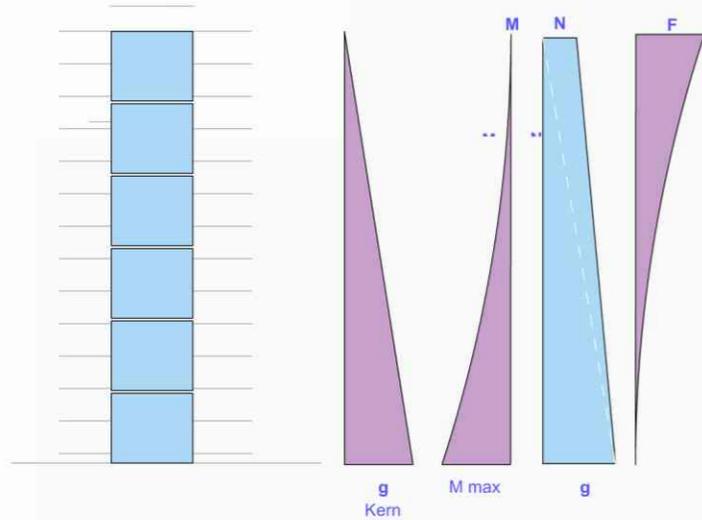


Abb.39. Kern mit unterem kragtrager Vertikal und Horizontallastverteilung

1.15 Kernsysteme

-das auslegersystem kann horizontalverformungen minimieren> ab 35 bis 80 geschosse durch die aussteifungsgeschosse werden die fassadenstützen zur horizontalen lastabtragung aktiviert>entlastung des kerns

-das unterste geschoss wird sehr steif ausgebildet> meist räumliche Fachwerkträger

.das oberste geschoss wird sehr steif ausgebildet> meist räumliche fachwerkträger

-der kern erhält hohe normalkräfte die zugglieder haben kein stabilitätsproblem, werden jedoch gedehnt

-die praktische grenze liegt bei max. 15 geschossen, dann weiteres fachwerkgeschoss> auslegersysteme

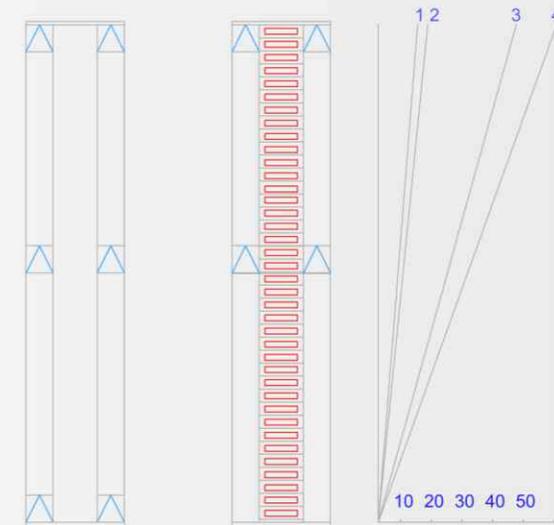
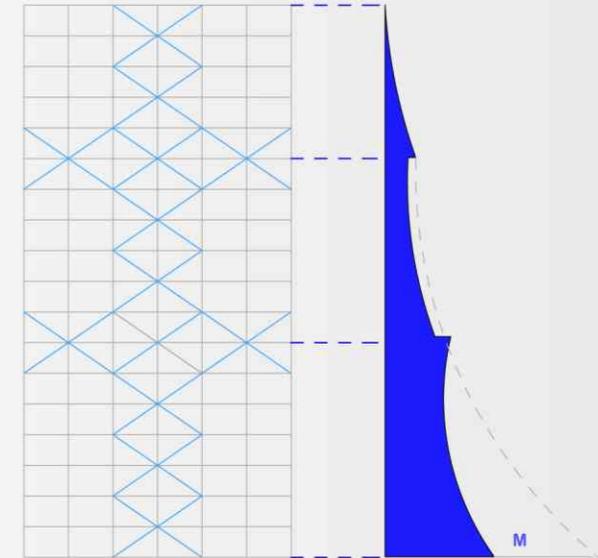


Abb.41. Tragverformungsverhalten von Kerntragwerken mit Auslegersystem

1. Stahlbetonkern mit Auslegersystem
2. Stahlkern mit Auslegersystem
3. Stahlbetonkern mit Wandscheiben
4. Stahlkern mit ausgesteiften Stockwerkrahmen

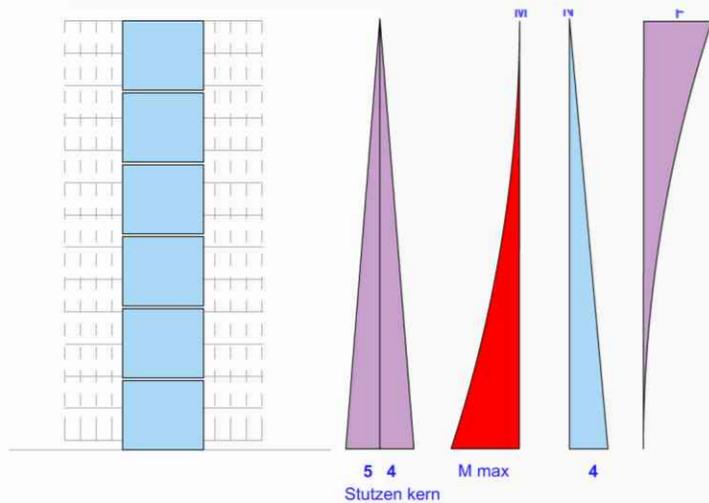


Abb.42 Kern mit Stützen Vertikal und Horizontallastverteilung

1.16 Vergleich der kernsysteme

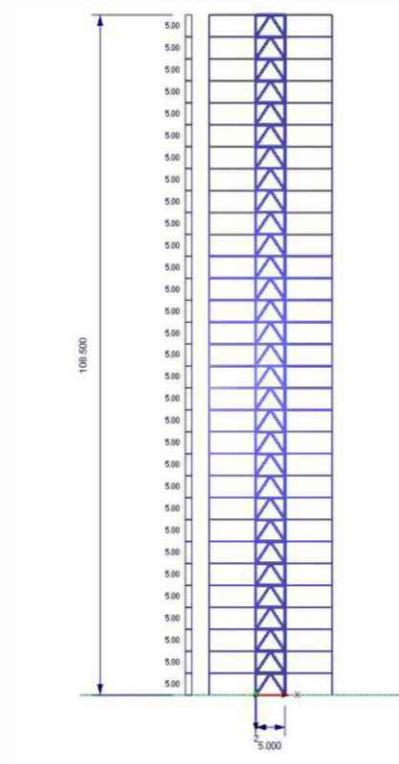
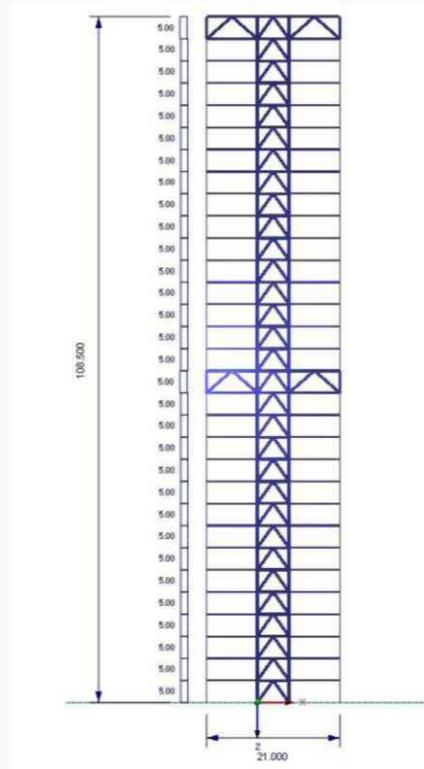


Abb.43 links: reines kernsystem ($h/b \sim 21$!)



rechts auslegersystem ($h/b \sim 5$) >nur 4 diagonalen/system mehr!

Abb.42 Kern mit Stützen
Vertikal und Horisontallastverteilung

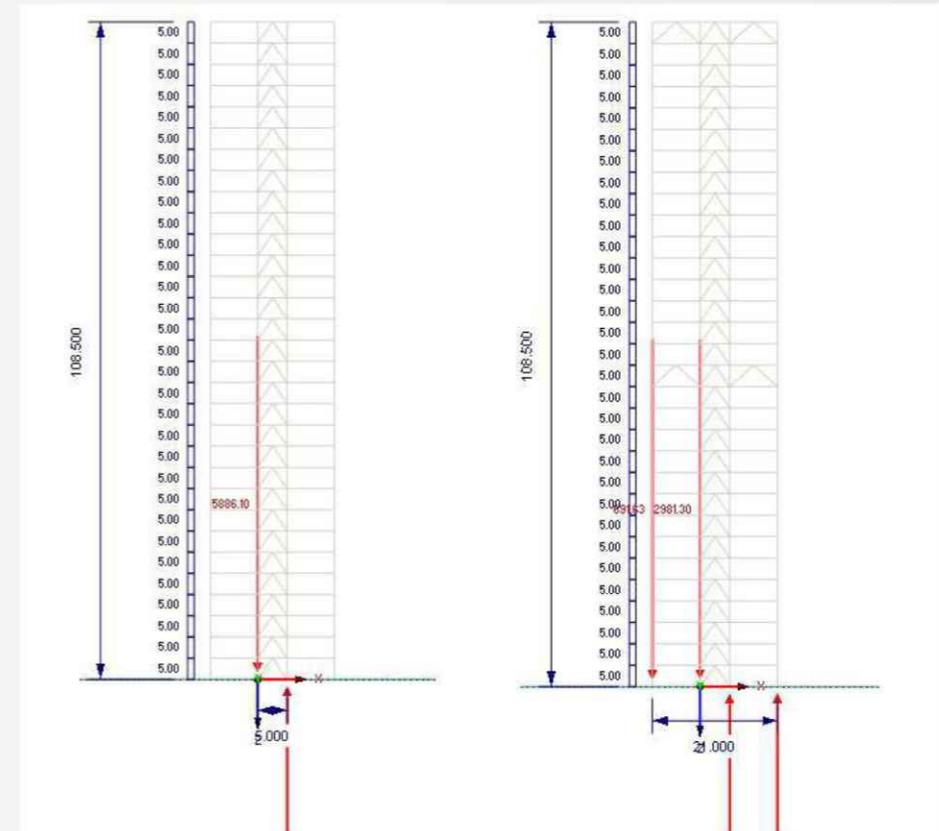


Abb.44 links: enge pfahlstellung,
hohe lasten aus kernmoment

rechts: breitere pfahlstellung,
halbierung der lasten aus kernmoment

1.17 Vergleich der kernsysteme

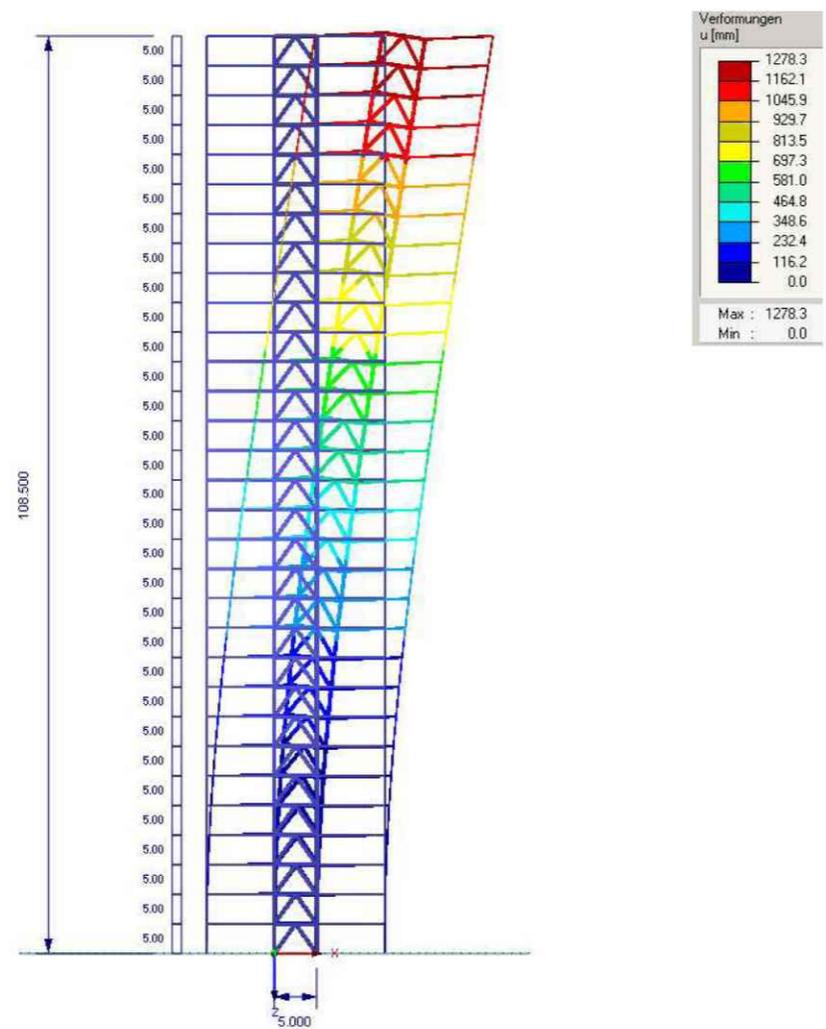


Abb. 45 seitliche verformungen 10-fach überhöht
soll/ist= 1278/216= 5.91 !

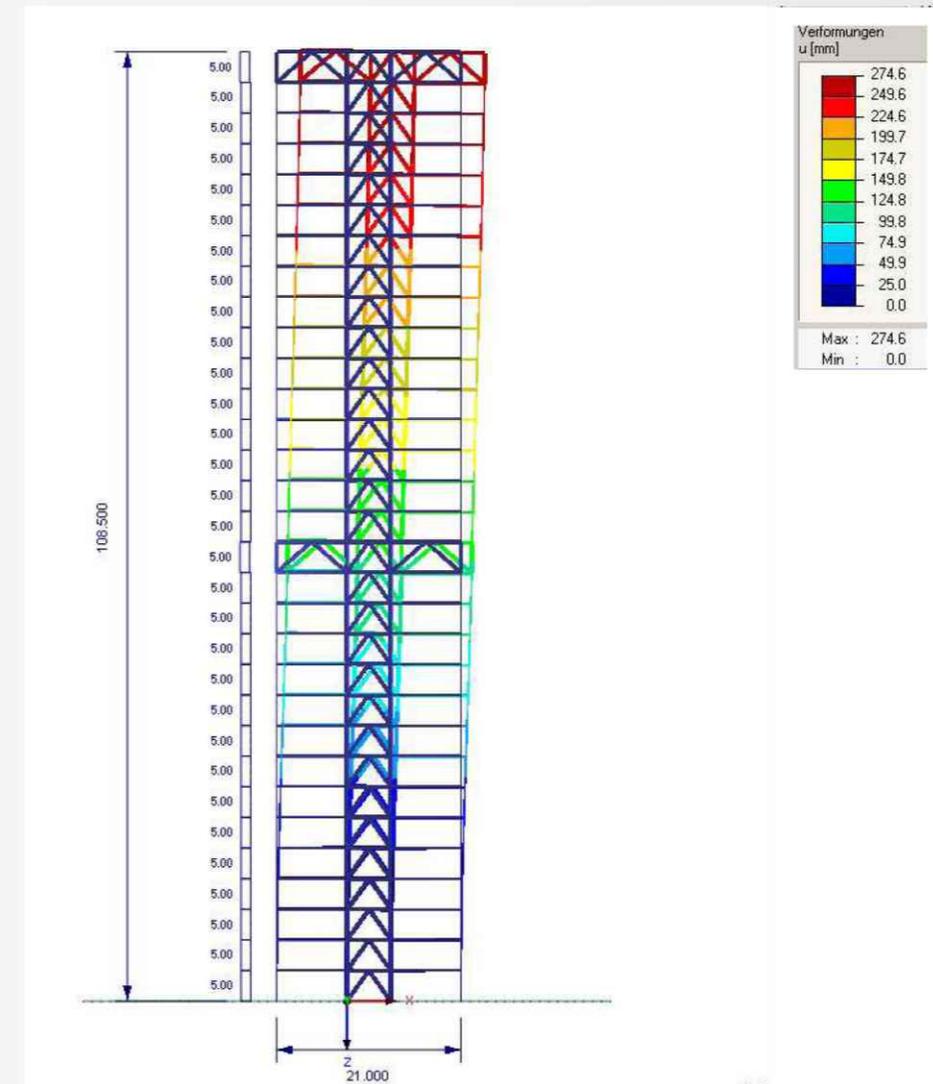


Abb. 46 soll/ist= 274/216= 1.27 !
> verbesserung um den faktor 5

1.18 Capital Gate Abu Dhabi

Capital Gate ist ein Multifunktions-Wolkenkratzer in Abu Dhabi und im Guinness-Buch der Rekorde als der am stärksten geneigte Turm der Erde verzeichnet. Der Rohbau von Capital Gate im zu den Vereinigten Arabischen Emiraten gehörenden Abu Dhabi war Ende 2009 abgeschlossen, das Gebäude soll 2011 bezogen werden. Am Standort unmittelbar neben dem Abu Dhabi National Exhibition Centre unweit des Zayed-Sports-City-Stadions verteilen sich auf eine Gesamthöhe von 160 Metern 35 Stockwerke. Die Neigung nach Westen beträgt 18 Grad, beträchtlich mehr als beim Schiefen Turm von Pisa (3,97 Grad) oder dem Kirchturm von Suurhusen, Rekordhalter mit 5,19 Grad. Bauherr sind die Abu Dhabi National Exhibitions Company, Architekten die Dubai-Gruppe der in England beheimateten Robert Matthew Johnson Marshall (RMJM). Zur Nutzung ist unter anderen Fazilitäten (Büroräume) ein Fünf-Sterne-Hotel.

<i>Ort/Land</i>	Abu Dhabi/Vereinigte Arabische Emirate
<i>Fertigstellung</i>	2009
<i>Sparte</i>	Stahl-Glas-Technik
<i>Projekttyp</i>	Freiformflächen
<i>Kunde</i>	Abu Dhabi National Exhibitions Company (ADNEC)
<i>Architekt</i>	RMJM
<i>Generalunternehmer</i>	Al Habtoor



Abb.47 Capital Gate Abu Dhabi und Zayed-Sports-City-Stadionsi, Vereinigte Arabische Emirate 2011.

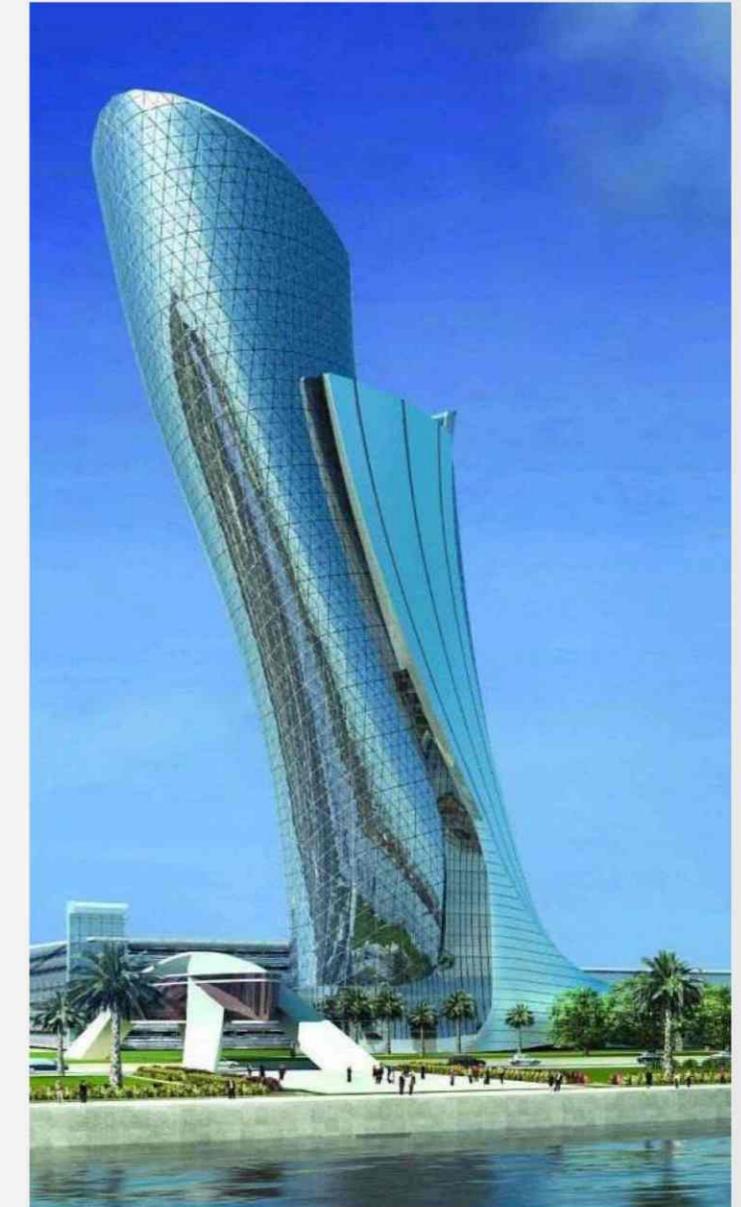


Abb.48 Capital Gate Abu Dhabi, 2011 Architect RMJM Dubai.

1.19 Capital Gate -Konstruktion

Kernsysteme

Der 160 m hohe Turm gründet auf einem extrem dichtbewehrten Betonfundament, für das mehr als 6.000 Kubikmeter Hochleistungsbeton verbaut wurden und das auf insgesamt 490 Bohrpfählen ruht, die 30 m tief in den Boden reichen. Diese enorme Betonmenge wurde mit 850 LKW-Fuhren innerhalb von lediglich 30 Stunden auf die Großbaustelle transportiert und mit 5 Hochleistungsbetonpumpen eingebaut. Der zentrale Ortbetonkern des Capital Gate-Towers ist durch einen elliptischen Grundriss sowie einer Vielzahl an Schächten gekennzeichnet und in dieses massive Stahlbeton-fundament zurückgespannt. Damit werden die aus der extremen Neigung resultierenden Horizontallasten abgeleitet und der Turm gegenüber Windlasten sowie bei Erdbeben gesichert.

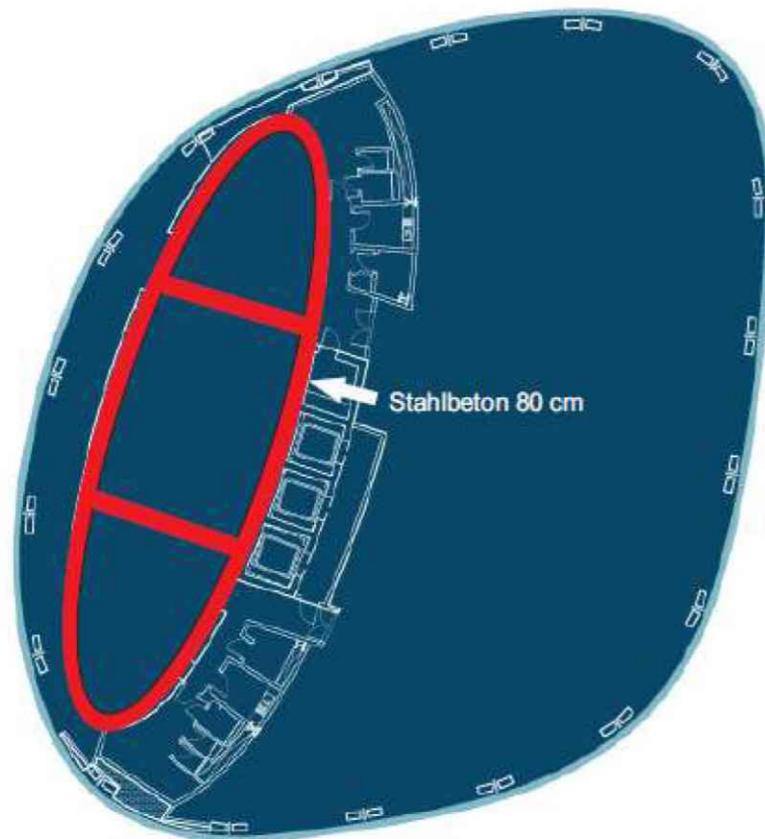


Abb.49 Der Grundriss des Ortbetonkerns ist durch einen elliptischen Grundriss gekennzeichnet und eine Vielzahl an Schächten gekennzeichnet.



Abb.50 Stahlbeton konstruktion

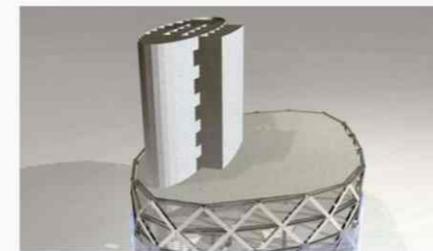


Abb.51.KERN-Systeme -Capital Gate

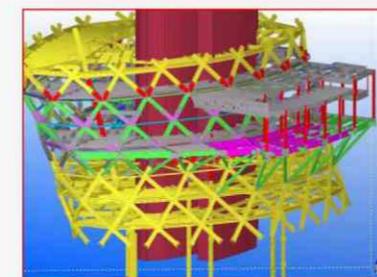


Abb.52 Stahl konstruktion



Abb. 53 Konstruktion

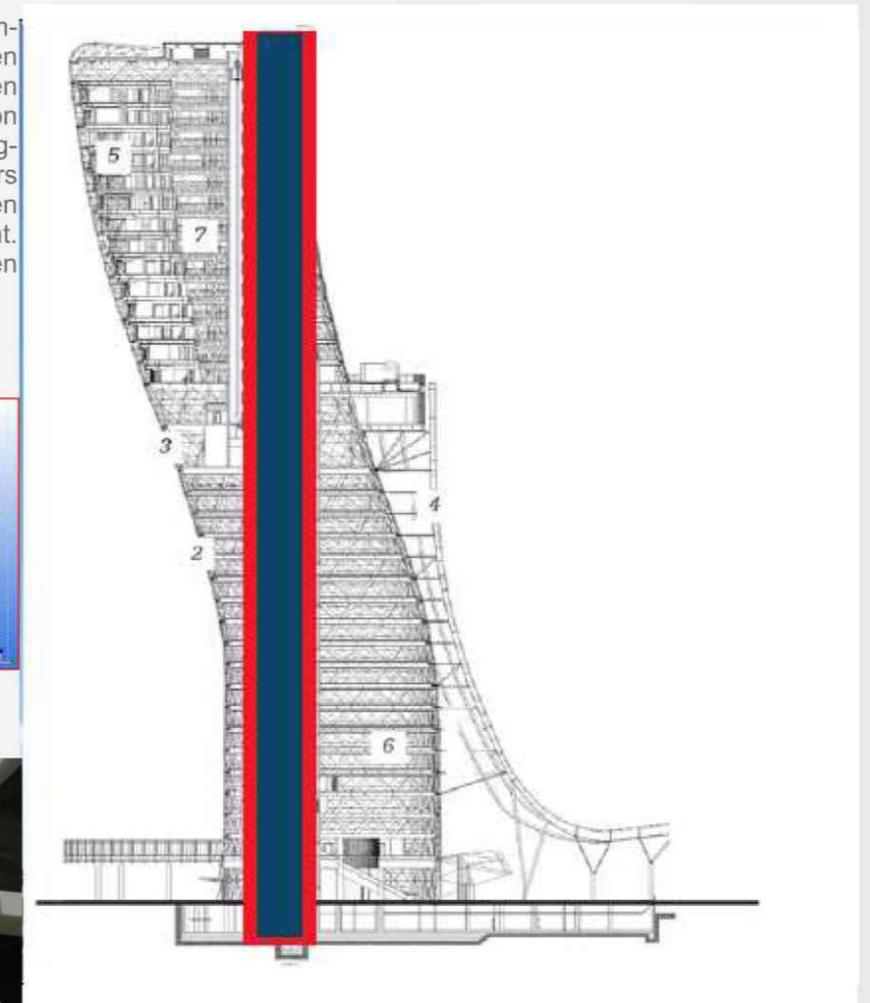


Abb. 54 Capital Gate Gebäude, das schiefste Gebäude der Welt mit 18 Grad Neigung, 160 Meter hoch, Abu Dhabi, Vereinigte Arabische Emirate.

1.20 Capital Gate-Glass Panelle

Die enorme Herausforderung ist wohl die Planung und Fabrikation der Fachwerk-Stahlträger der Fassade sowie der tausenden Glasspanele. Diese müssen zwingend genau passen, denn bei der Luft- und Regendichtheit sind bei Hochhäusern wegen der Windexponiertheit keine Kompromisse möglich. Bei Sturm könnte eine Undichtheit wohl große Teile der Fassade aufreißen.



Abb.57 Glass Panell



Abb.58 Restaurant

Rund 160 Meter ragt das Capital Gate in die Höhe. Eine Stahl-Glass-Fassade umschließt auf 23.000 m² ganze 34 Etagen. Der Dreiecksstruktur des Haupttragwerks folgend, wurden über 700 vorwiegend rautenförmige Elemente aus Dreiecksprofilen vor Ort vorgefertigt und komplett verglast in Position gebracht. Aufgrund der komplexen Geometrie ist jede der 12.000 dreieckigen Scheiben aus Isolierglas ein Einzelstück.



Abb.55 Eingangs Photovoltaich dach



Abb.56 Glass Instalazion



Abb.59 Glass Fassade



Stadt Banja Luka

2

2.1 Banja Luka

Staat:	Bosnien und Herzegowina
Entität:	Republika Srpska
Gemeinde:	Banja Luka
Koordinaten:	44° 46' N, 17° 11' O
Koordinaten:	44° 46' 19" N, 17° 11' 29" O
Höhe:	163 m. l. J.
Fläche:	1.239 km ²
Einwohner:	224.647 (Schätzung 2004)



Abb.60 Die Kathedrale von Banjaluka



Abb.61 Christ-Erlöser-Kathedrale (Banja Luka), einzige Kirche der Balkanhalbinsel mit Kuppeln aus Echtgold

2.2 Geschichte der Stadt Banja Luka

Die 1579 von den Osmanen erbaute Ferhadija-Moschee wurde während des Bosnienkrieges am Morgen des 7. Mai 1993 von serbischen Nationalisten gesprengt. Moschee wird wieder aufgebaut (bis 2014). Die Stadt verfügt mit dem einzigen Kirchengebäude in Südosteuropa mit goldenen Kuppeln, der serbisch-orthodoxen Christ-Erlöser-Kathedrale (Saborni Hram Hrista Spasitelja), über ein sehenswertes Gotteshaus, das im Zweiten Weltkrieg beschädigt und schließlich von den Ustascha zerstört wurde, von 1995 bis 2005 aber wieder originalgetreu aufgebaut wurde. Bekannt ist auch das oberhalb der Stadt gelegene Partisanendenkmal Banj Brdo oder Šehitluci des Bildhauers Antun Augustinčić. Sehenswert ist außerdem das Kastel, eine Festung, die durch die Römer erbaut wurde und während der Zugehörigkeit zum Osmanischen Reich für dessen Zwecke verkleinert wurde.



Abb.62 Panoramablick auf Banja Luka

2.3 Bosnien und Herzegowina Banja Luka

Banja Luka (deutsch veraltet Weina Luka, Luka) ist eine Stadt im Norden von Bosnien und Herzegowina und Regierungssitz der Republika Srpska. Die Stadt ist Sitz eines serbisch-orthodoxen und römisch-katholischen Bistums sowie der Universität Banja Luka und eines Campus der American University in Bosnia and Herzegovina. Mit 199.191 Einwohnern (Volkszählung 2013) ist Banja Luka die bevölkerungsreichste Gemeinde in Bosnien und Herzegowina und dessen zweitgrößte Stadt.

2.4 Geographie

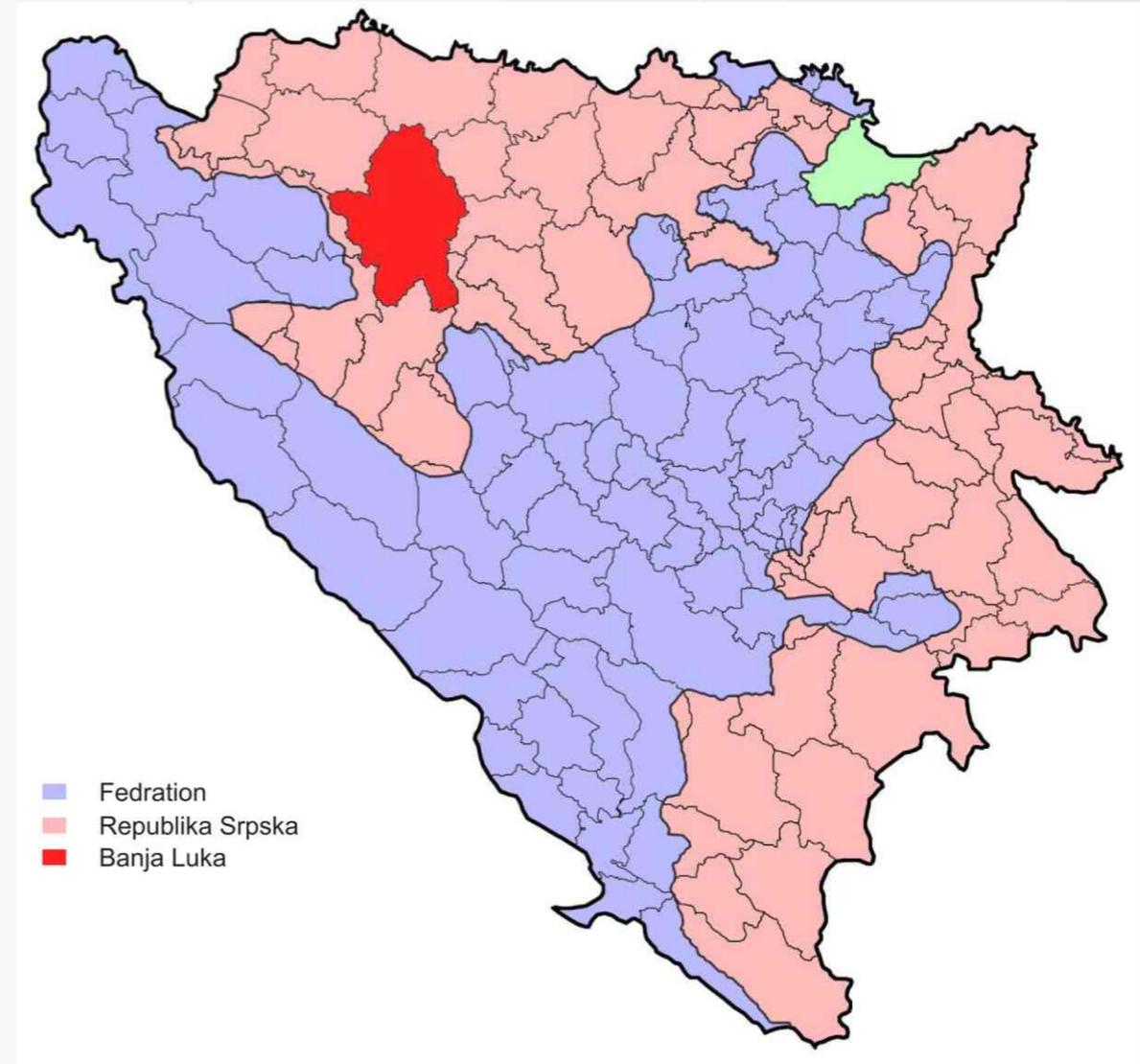
Die Stadt befindet sich im Nordwesten des Landes Bosnien und Herzegowina. Banja Luka liegt an beiden Ufern des Vrbas, der aus einer südlich gelegenen Schluchtenlandschaft in die Pannonische Tiefebene zur Save fließt. Die Vrbanja mündet hier von rechts ein. Die Stadt ist von Mittelgebirgen umgeben. Die Region südlich der Stadt ist sehr gebirgig, dort befindet sich die Vrbas-Schlucht. Nördlich der Stadt ist die Landschaft eher flach. Banja Luka ist bekannt für seine Alleen, weshalb sie die Bezeichnung „Grüne Stadt“ erhielt. Im Volksmund heißt es, in Banja Luka gäbe es doppelt so viele Bäume wie Menschen.



Abb.63 Banja Luka



Abb.64 Banja Luka, Zentrum



- Federation
- Republika Srpska
- Banja Luka

Abb.65 Bosnien und Herzegowina, Banja Luka

2.5 Heutige Situation



Abb.66 Zentrum (Google Earth)



Abb. 67 Regierungssitz der Republika Srpska und Geschefts gebaude Integral

2.6 Geschichte

Erstmals namentlich erwähnt wird Banja Luka 1494 vom ungarischen König Vladislav. Der Ursprung des Namens ist ungeklärt, möglicherweise wird er von den Worten Ban und Luka abgeleitet. Ban/Banj (Herrscher) war ein Herrschaftstitel, der im Bosnien des 13. Jahrhunderts durch „Kralj“ (König) ersetzt wurde, „Luka“ bedeutet Hafen oder „Ort der Ruhe“, somit kann man den Namen am ehesten mit „Königshafen“ übersetzen. Im Ungarischen steht "bánya" für Bergwerk. Banja (kyrillisch бања) ist im Slawischen die Bezeichnung für ein Badehaus.

Nach der Eroberung durch die Osmanen 1528 wurde die Stadt in das Paschalik Bosnien integriert. In dieser Blütezeit der Stadt wurden eine Reihe von Brücken, Mühlen und 40 Moscheen gebaut, von denen die meisten, so auch die Ferhadija-Moschee und die Arnaudija-Moschee, während des Bosnienkrieges 1992–1995 gezielt zerstört wurden. Während der jahrhundertelangen osmanischen Regierungszeit wurde Banja Luka einige Male durch türkisch-österreichische Kriege, aber auch durch Erdbeben zerstört. Immer wieder wurde die Bevölkerung auch durch die Pest dezimiert.



Abb.68 Römischen Brunnen 2 Jh.



Abb.69 Ferhadija-Moschee



Abb.70 Die Burg Kastel



Abb. 71 Krajinina-Platz



Abb 73 City Park - Petar Kocic



Abb.72 Hauptbahnhof, erbaut 1891 während der k.u.k.-Zeit



Abb.74 Rathaus von Banja Luka



Abb.75 Krajinina-Platz 1912



Abb.76 Zentrum 1912

2.7 Verkehr

Große Teile der Autobahn Gradiška–Banja Luka sind seit 2011 für den Verkehr freigegeben. Ein Ausbau über Gradiška nach Kroatien mit Anschluss an die Autocesta A3 (Zagreb–Belgrad) ist vorgesehen. Durch Banja Luka verläuft weiterhin die Bahnstrecke Doboj–Novi Grad, auf der Schnellzüge nach Sarajevo und Zagreb verkehren. Der Hauptbahnhof Banja Luka wurde 2000 renoviert. Der Flughafen

2.8 Wirtschaft

Stadt und Region Banja Luka entwickelten sich in den letzten Jahren zur wirtschaftsstärksten Region ganz Bosnien-Herzegowinas. Einerseits profitiert die Stadt mit ihrer engeren Region, dass sie eines der wenigen Gebiete ist, die vom Krieg verschont blieben (während andere Städte und Regionen mit dem Wiederaufbau beschäftigt sind), andererseits galt auch vor dem Krieg der Nordwesten Bosniens als wirtschaftsstark. Zudem wird die zentralistische Haltung der Republika Srpska dafür verantwortlich gemacht, dass ihre Hauptstadt (Banja Luka) boomt und andere Teile der Republika Srpska (vor allem im Ostteil, insbesondere um Foča) sich wirtschaftlich kaum entwickeln. Zudem haben in den letzten Jahren liberale politische Kräfte im westlichen Teil der Republika Srpska immer mehr Macht ergriffen, während der Ostteil mehr oder weniger als Hochburg der Radikalen und Nationalisten gilt, was ein weiterer Grund der unterschiedlichen Entwicklung der Republika Srpska ist.



Abb. 79 Anschluss an die Autobahn A3 (Zagreb–Belgrad)



Abb. 80 Flughafen Aleksandrovac



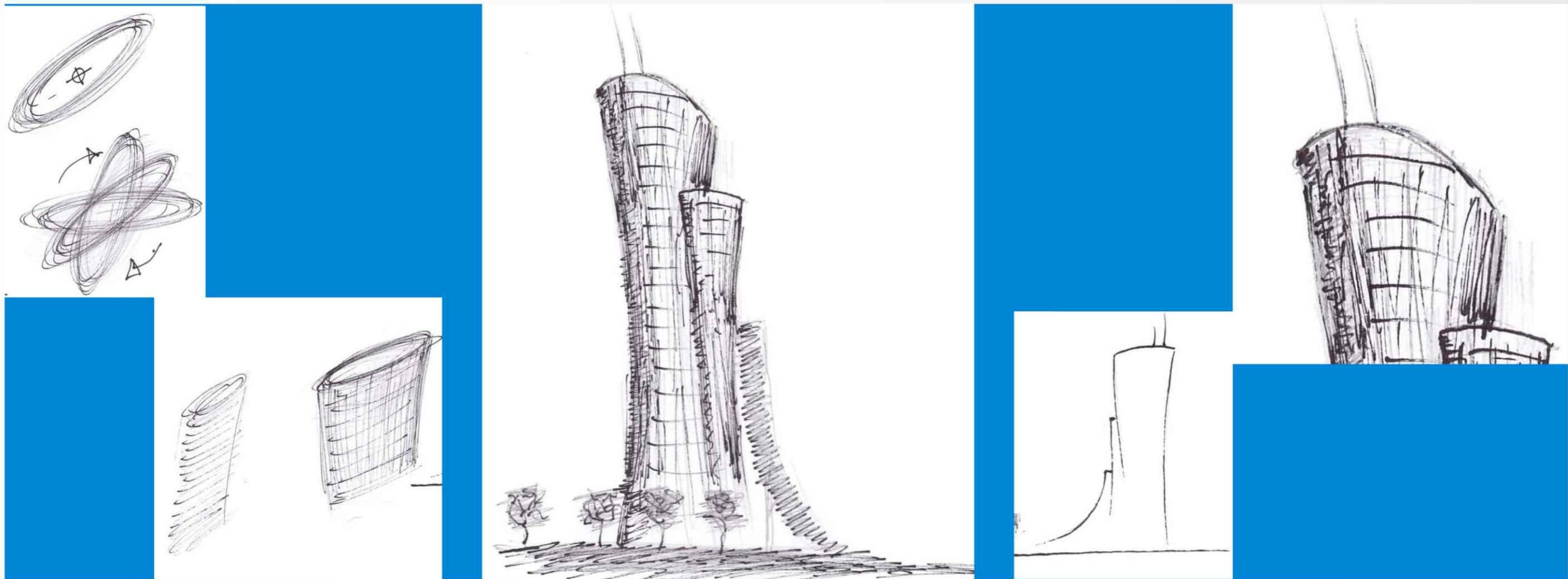
Abb.82 Universität Banja Luka



Abb. 81 Regierungssitz der Republika Srpska



3.1 Formfindung





Der Standort

3

3.2 Bauplatz

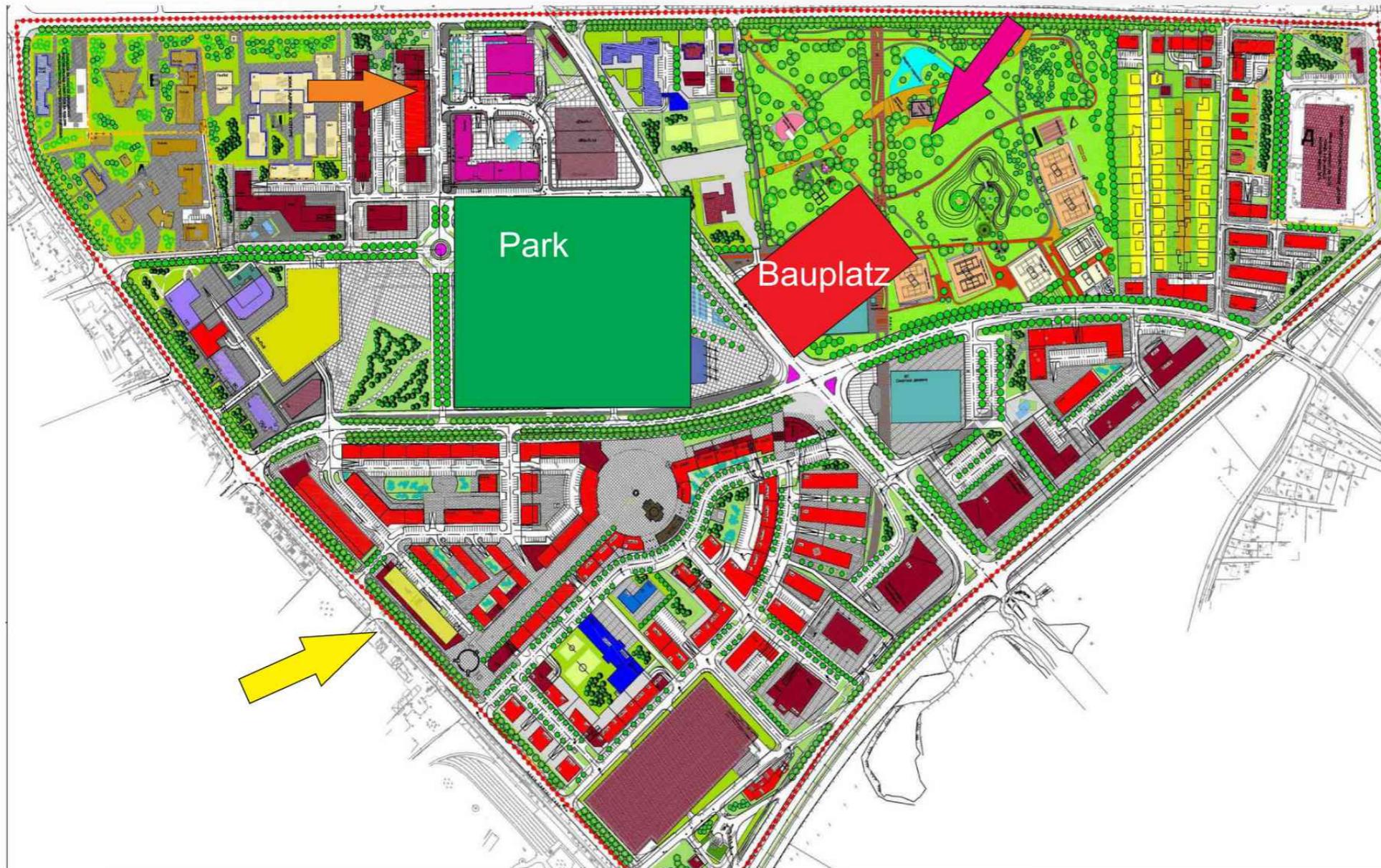


Abb.82 Bauplatz

3.3 Panoramaphoto



Abb.83 Das Panoramaphoto

3.4 Bauplatz-Photo

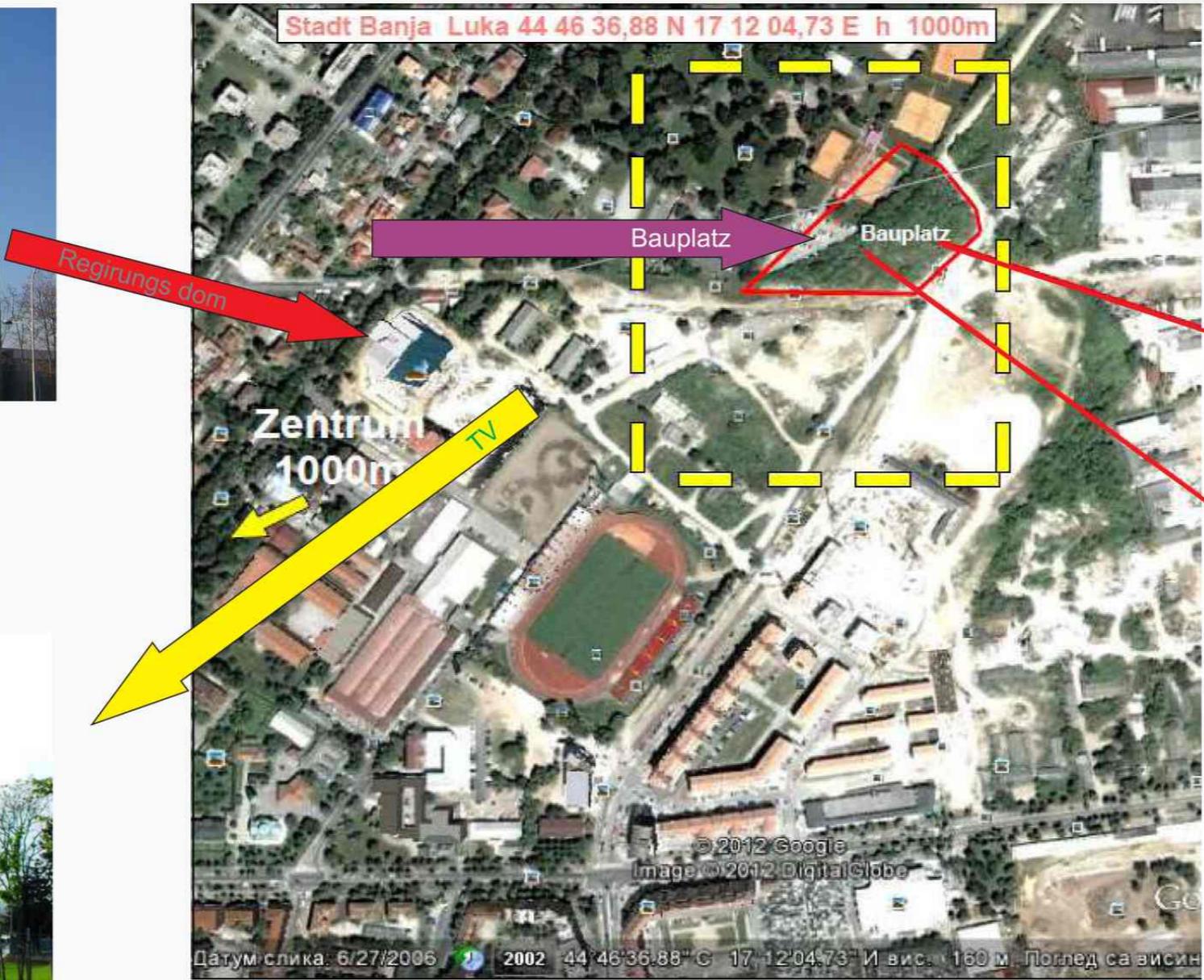


Abb. 84 Bauplatz-photo (orientirung)



Entwurfsprozess

4



4.1 Lageplan



Abb.85 Lageplan

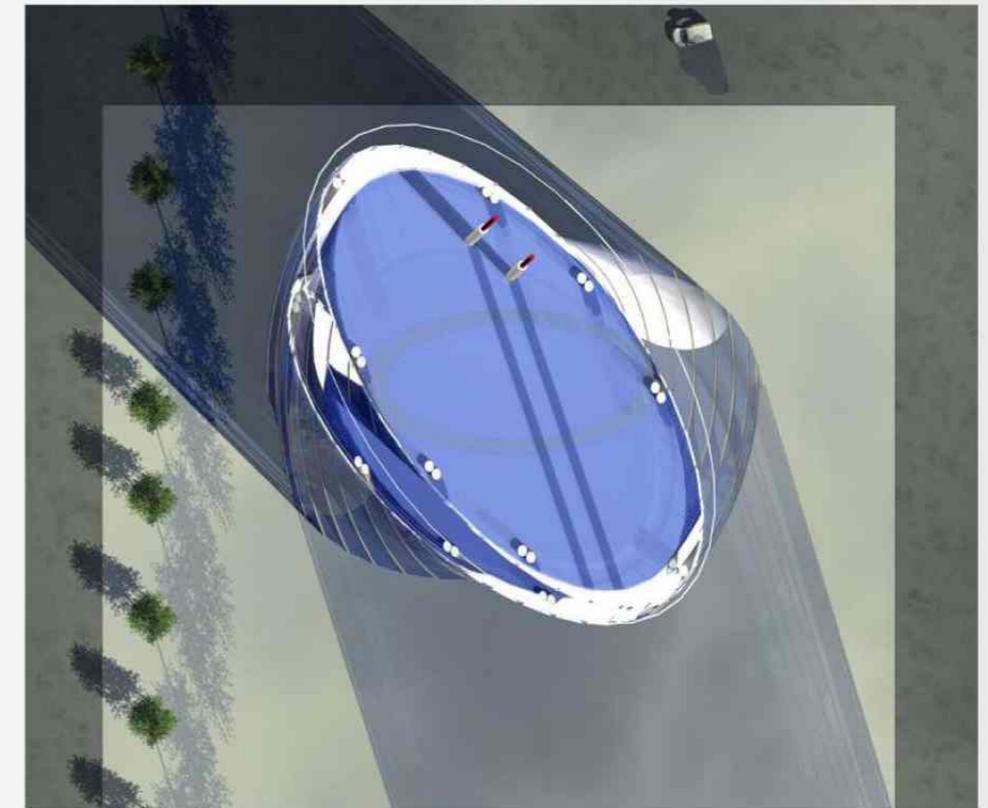
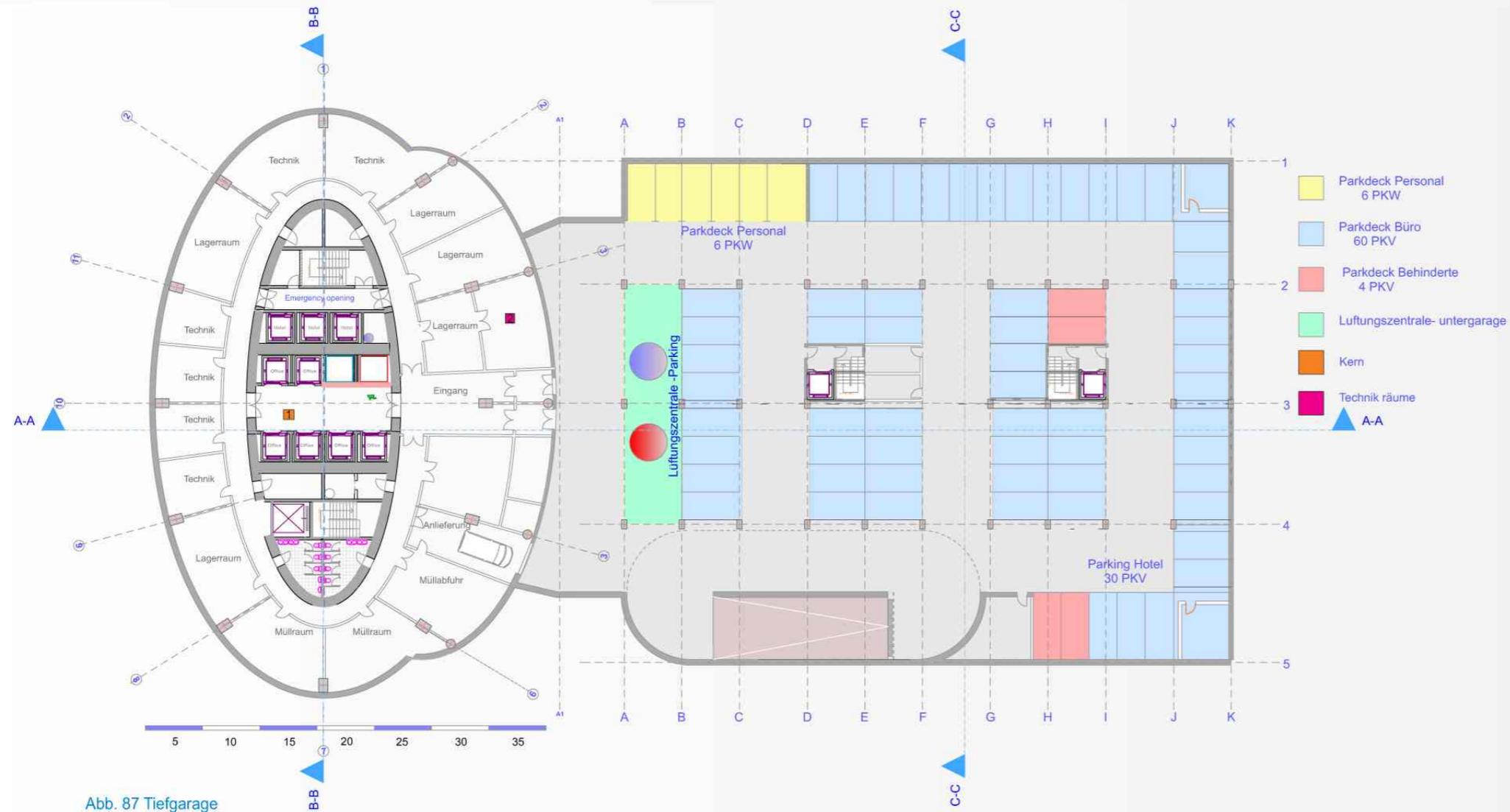


Abb.86 Dach

4.2 Tiefgarage



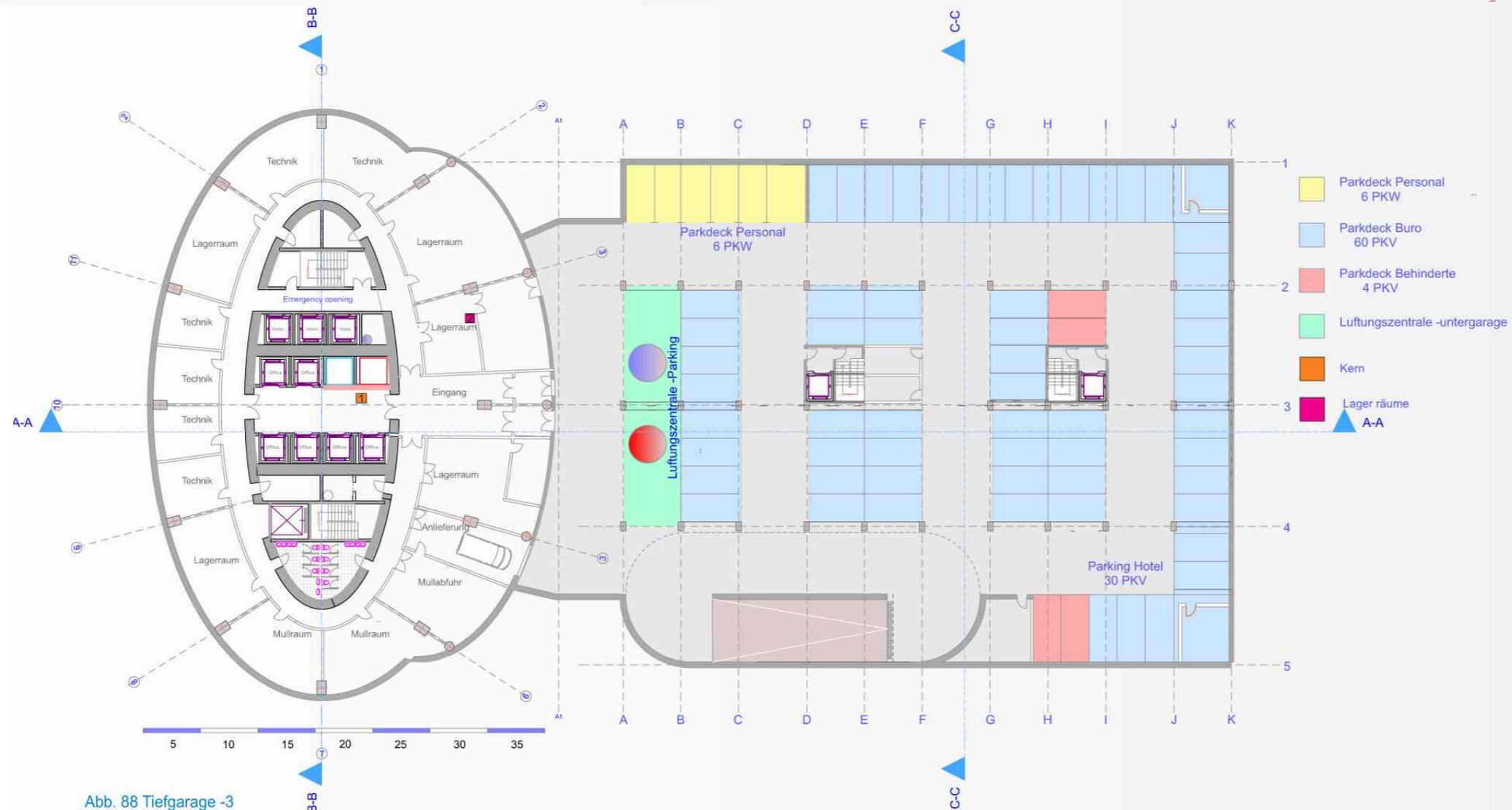
Bodenfläche

Tiefgarage -4

Raumfläche	2411 m ²
Nutzfläche	1128 m ²
Technische Räume -4	
Raumfläche	1398 m ²
Kern	378 m ²
Nutzfläche	1020 m ²
Gesamte Bruttofläche	3809 m ²
Gesamte Nettofläche	2148 m ²

Abb. 87 Tiefgarage

4.3 Tiefgarage -3



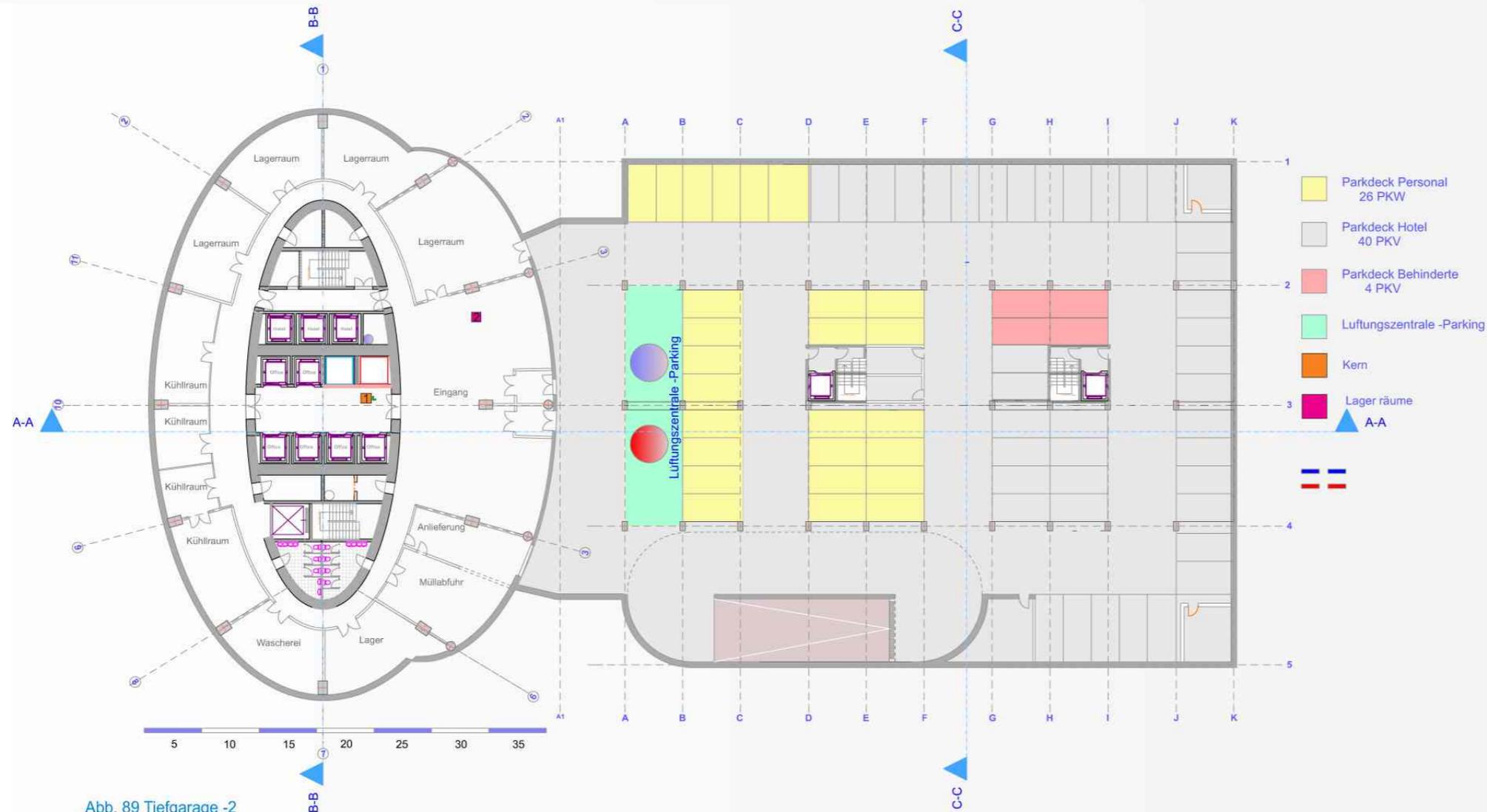
Bodenfläche

Tiefgarage -3

Raumfläche	2411 m ²
Nutzfläche	1128 m ²
Lager räume -3	
Raumfläche	1398 m ²
Kern	378 m ²
Nutzfläche	1020 m ²
Gesamte Bruttofläche	3809 m ²
Gesamte Nettofläche	2148 m ²

Abb. 88 Tiefgarage -3

4.4 Tiefgarage -2



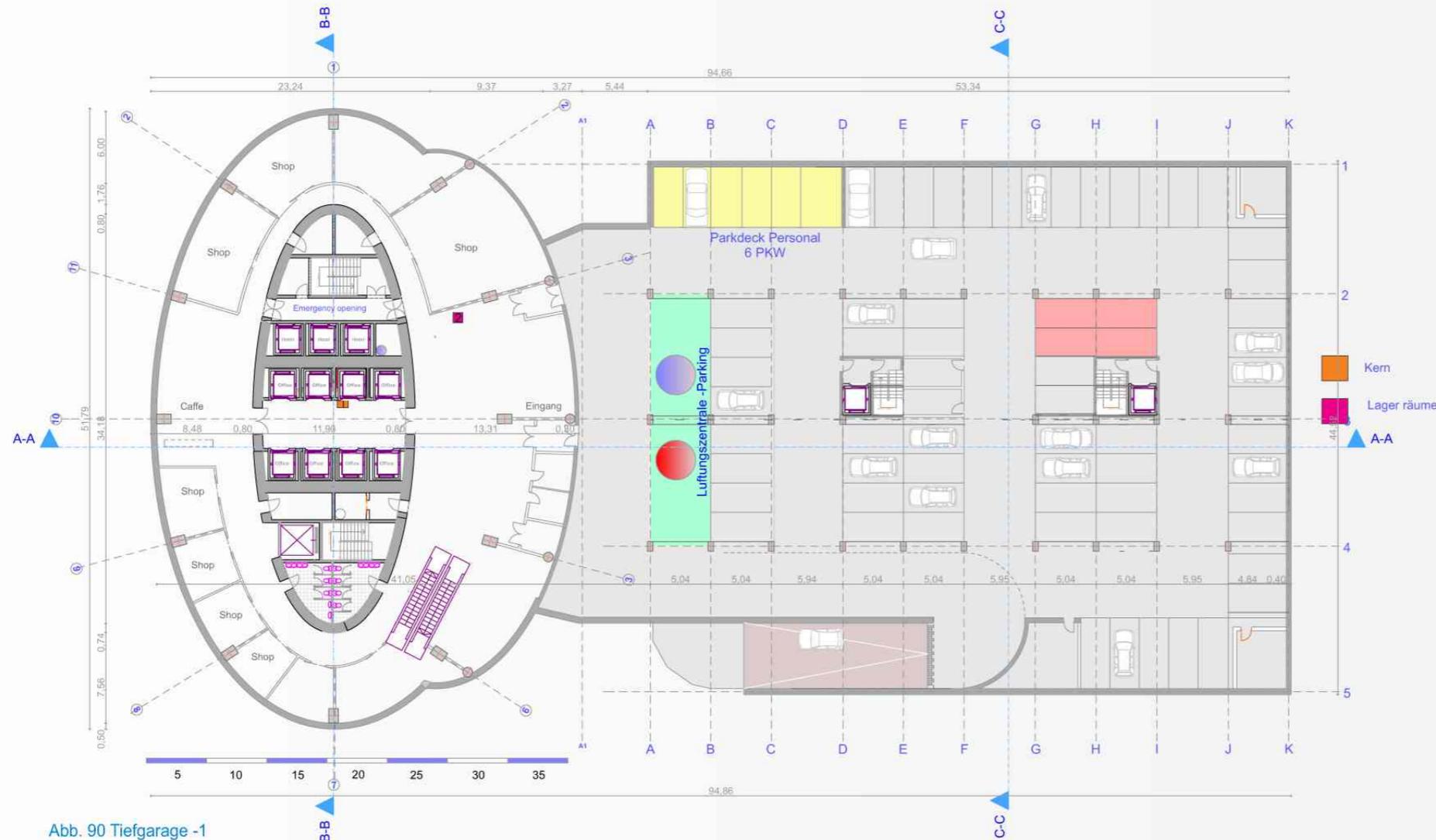
Bodenfläche

Tiefgarage -2

Raumfläche	2411 m ²
Nutzfläche	1128 m ²
Lager räume -2	
Raumfläche	1398 m ²
Kern	378 m ²
Nutzfläche	1020 m ²
Gesamte Bruttofläche	3809 m ²
Gesamte Nettofläche	2148 m ²

Abb. 89 Tiefgarage -2

4.5 Tiefgarage -1



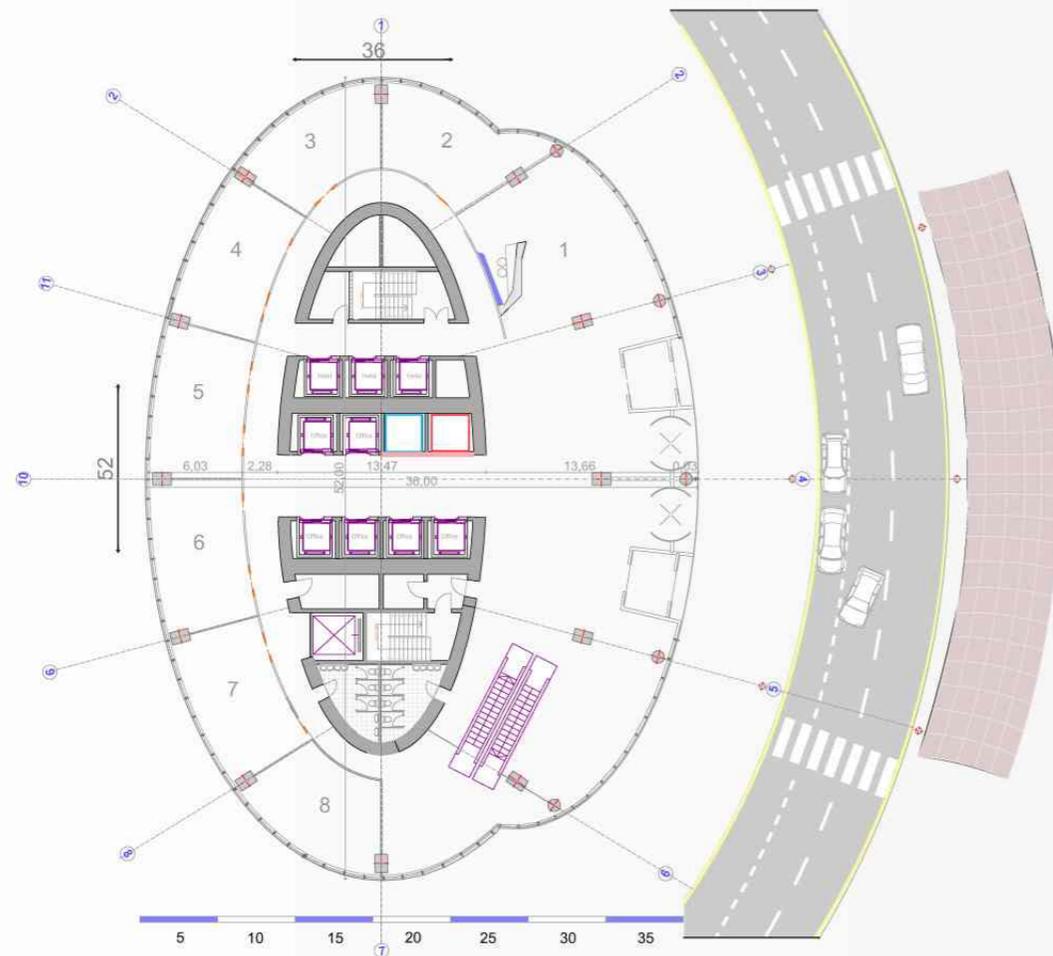
Bodenfläche

Tiefgarage -1

Raumfläche	2411 m ²
Nutzfläche	1128 m ²
Shopping -1	
Raumfläche	1398 m ²
Kern	378 m ²
Nutzfläche	1020 m ²
Gesamte Bruttofläche	3809 m ²
Gesamte Nettofläche	2148 m ²

Abb. 90 Tiefgarage -1

4.6 Erdgeschoss

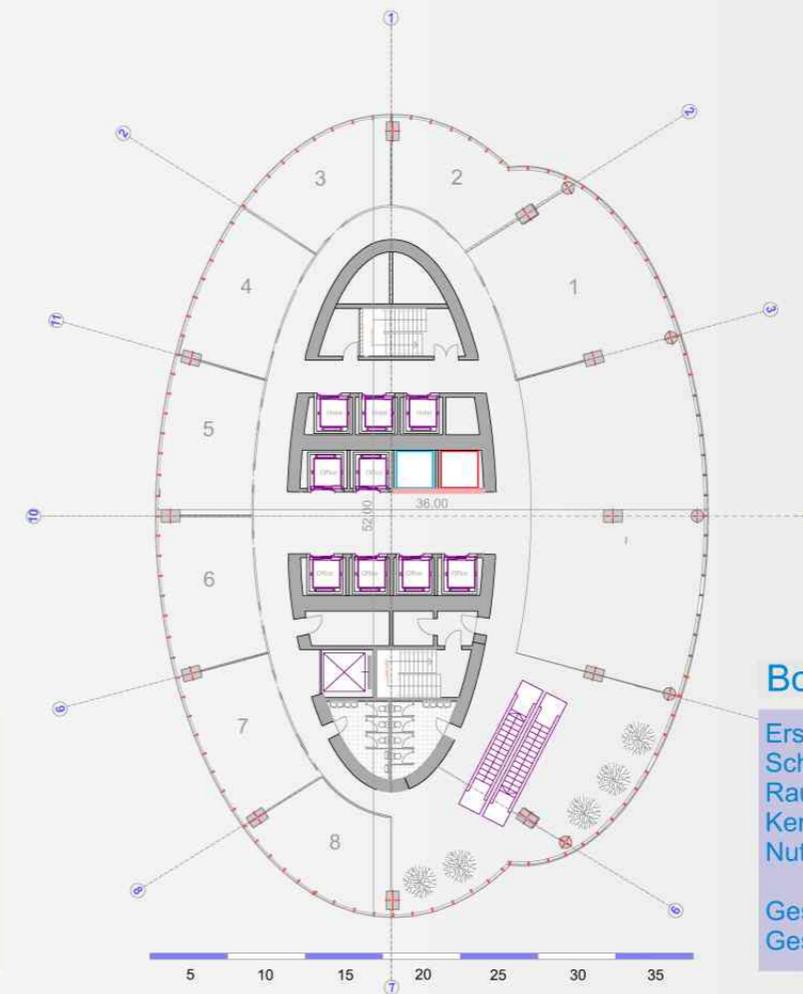


Bodenfläche

Erdgeschoss	
Schopping	
Raumfläche	1398 m ²
Kern	378 m ²
Nutzfläche	1020 m ²
Gesamte Bruttofläche	1398 m ²
Gesamte Nettofläche	1230 m ²

Abb. 91 Erdgeschoss

4.7 Erster und zweiter Stock Shopping

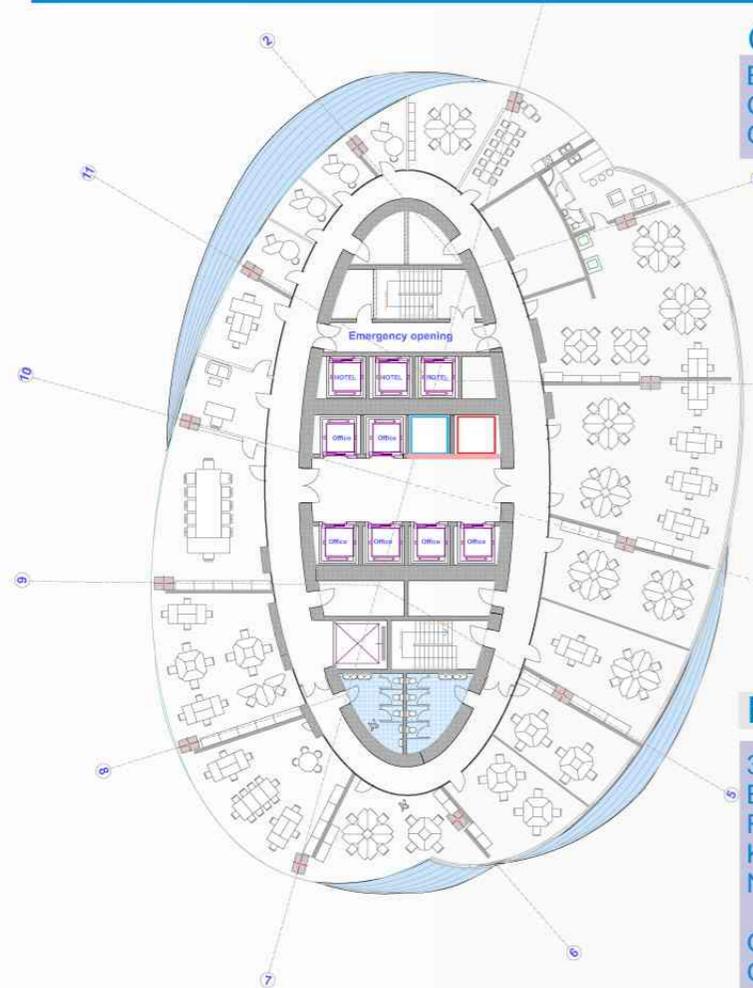
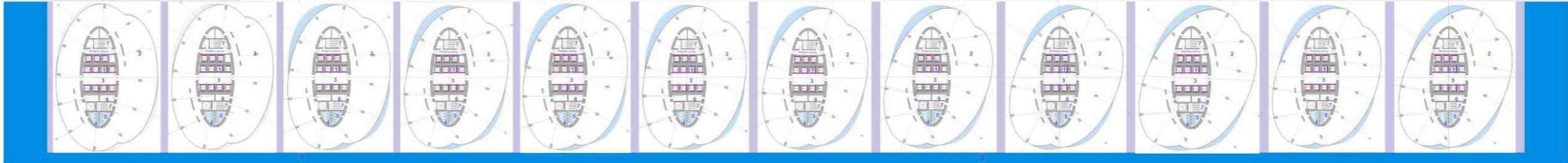


Bodenfläche

Erste Stock	
Schopping	
Raumfläche	1398 m ²
Kern	378 m ²
Nutzfläche	1020 m ²
Gesamte Bruttofläche	1398 m ²
Gesamte Nettofläche	1230 m ²

Abb. 92 Erster und zweiter Stock (Shopping)

4.8 Büros 3-35 St.



Gesamte Bodenfläche

Büro 3-33 Stock	
Gesamte Bruttofläche	38745 m ²
Gesamte Nettofläche	33398 m ²

Level Plan 3-35

Legend:

- 1 Core
- 2 Floor Plate
- 3 Elevator Lobby
- 4 Male Toilets
- 5 Female Toilets
- 6 Services
- 7 Fire Stairs

Bodenfläche

3-33 Stock	
Büro	
Raumfläche	1398 m ²
Kern	378 m ²
Nutzfläche	1020 m ²
Gesamte Bruttofläche 1398 m ²	
Gesamte Nettofläche 1230 m ²	

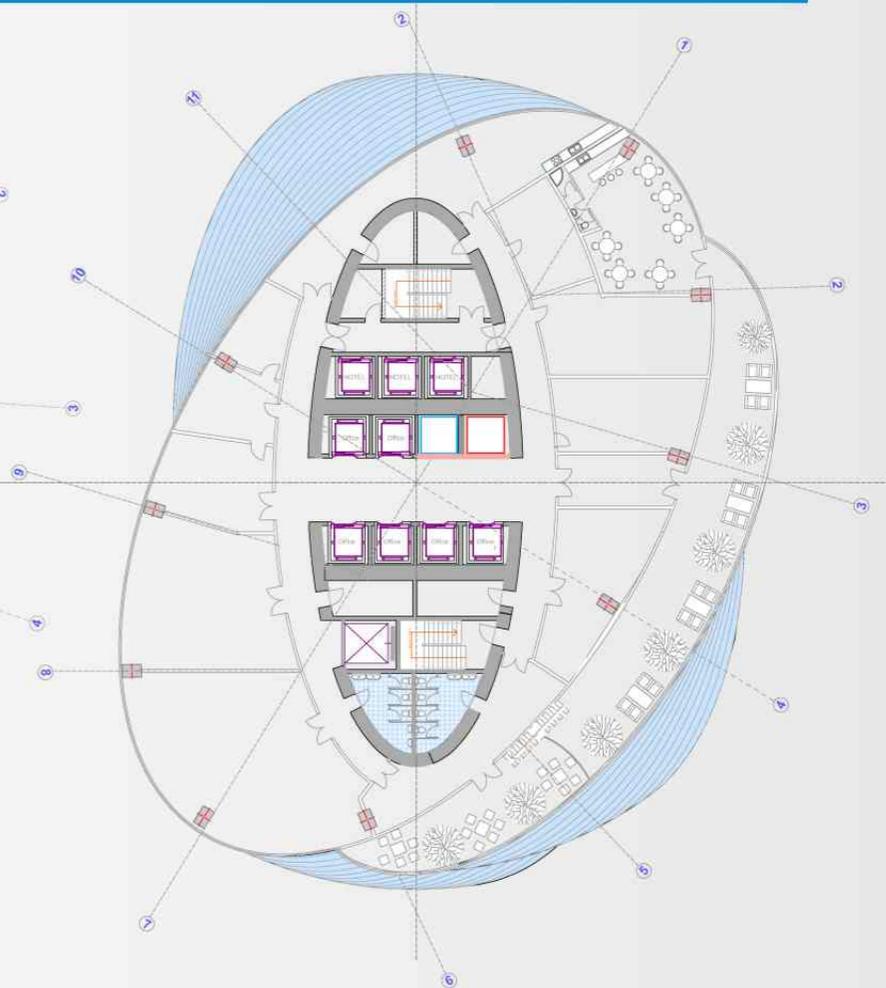
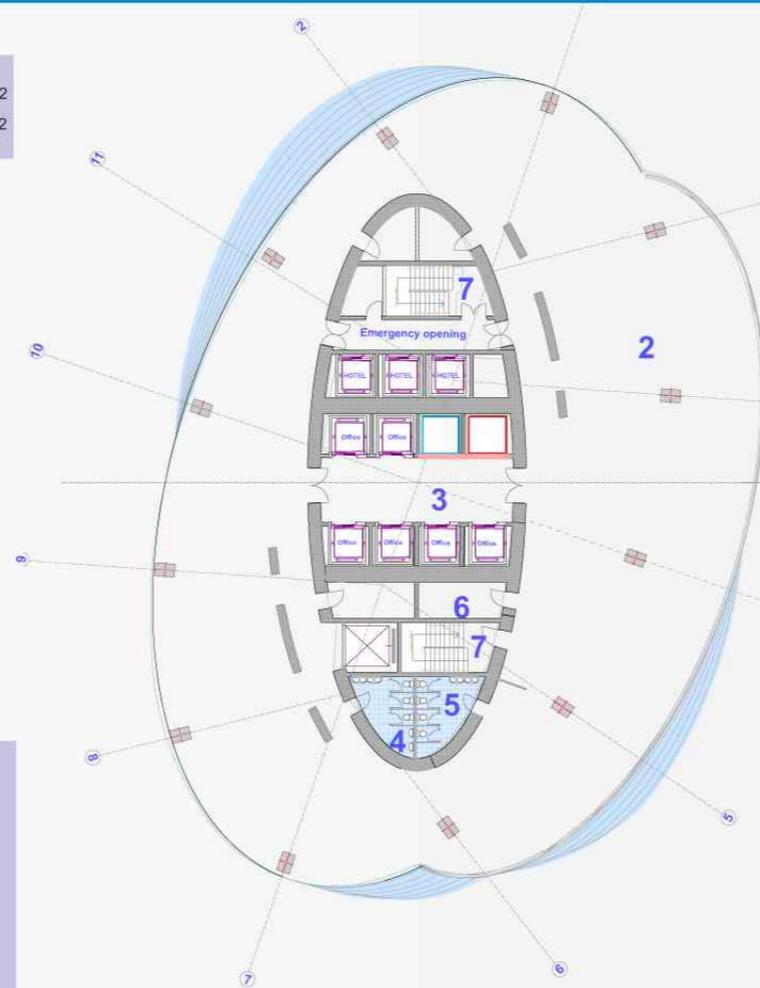
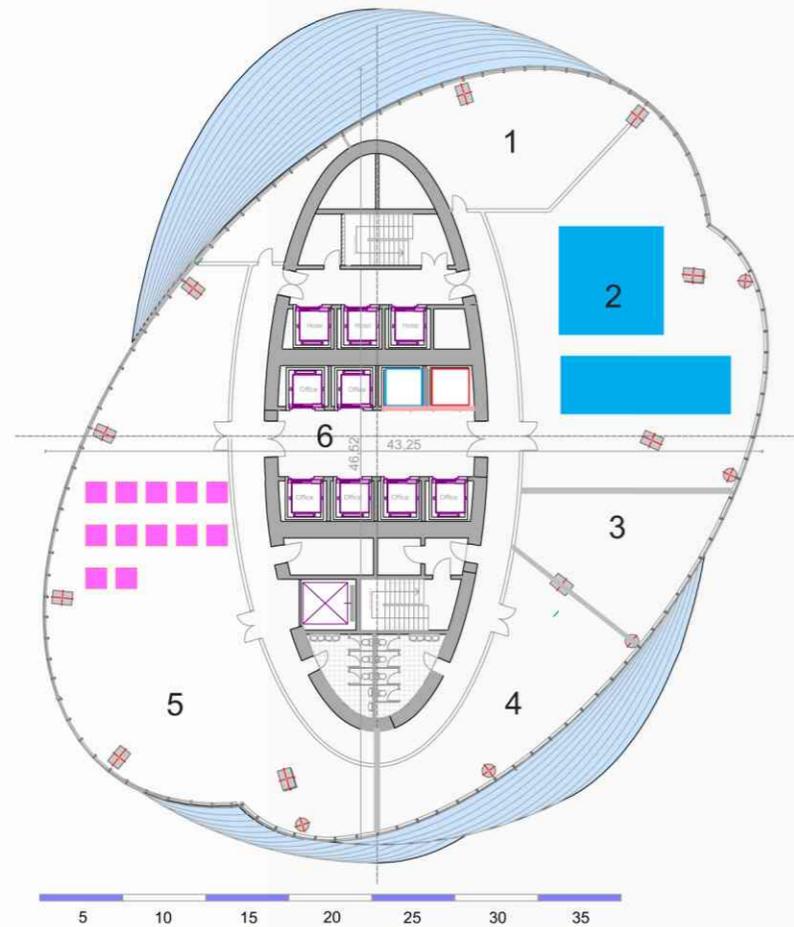


Abb. 93 Büros 14 Stock

Abb. 94 Büro 18 St.

Abb. 95 Büros mit Atrium 30-35 St.

4.9 Technik



- 1 Garderobe
- 2 Schwimmbad
- 3 Sauna
- 4 Sport
- 5 Technik
- 6 Kern

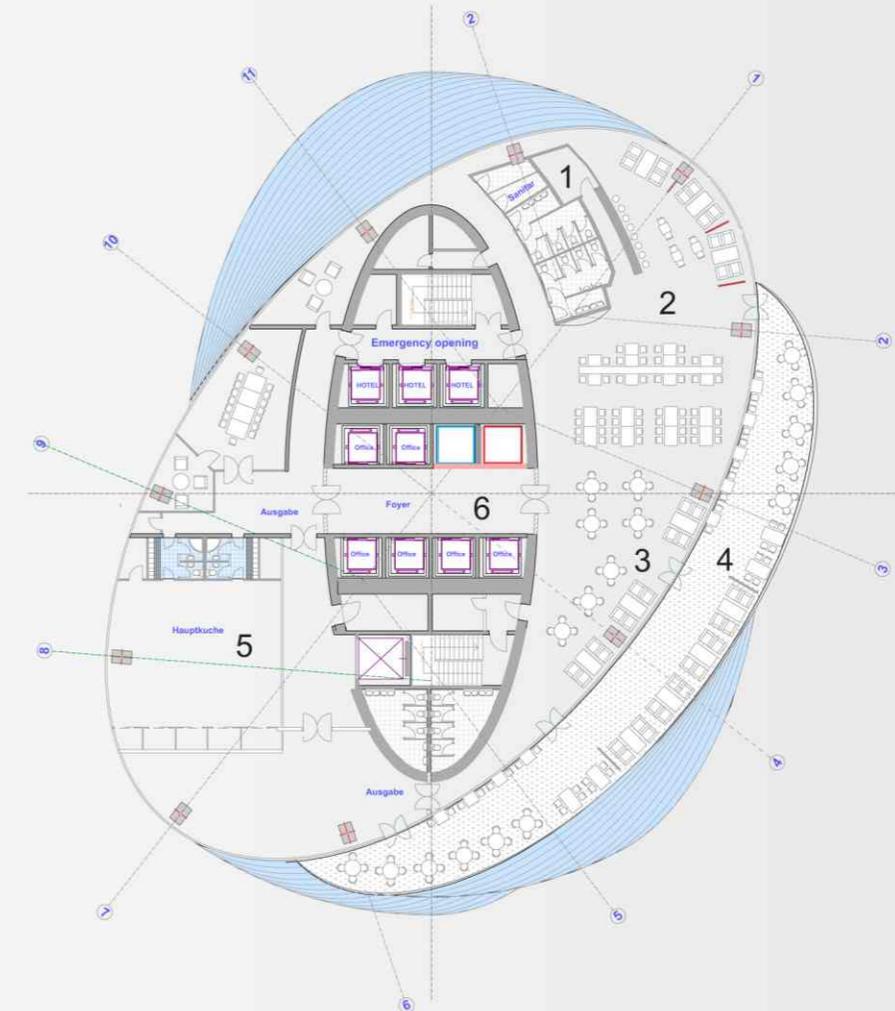
Bodenfläche Restaurant

34 Stock	
Restaurant	
Raumfläche	1398 m ²
Kern	378 m ²
Küche	510 m ²
Restaurant	510 m ²
Gesamte brutto fläche	1398 m ²
Gesamte netto fläche	1230 m ²

Bodenfläche Technik

34 Stock	
Technik	
Raumfläche	1398 m ²
Kern	378 m ²
Technik	510 m ²
Swimmbad & Sauna	510 m ²
Gesamte brutto fläche	1398 m ²
Gesamte netto fläche	1230 m ²

4.10 Restaurant



- 1 Toilet
- 2 Caffè
- 3 Restaurant
- 4 Terasse
- 5 Küche
- 6 Kern

Abb. 96 Technik 34 Stock

Abb. 97 Restaurant 35 Stock

Park

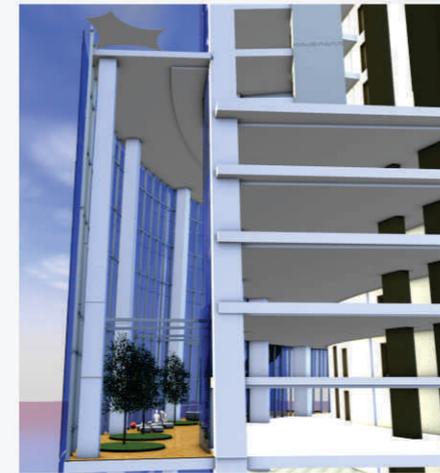
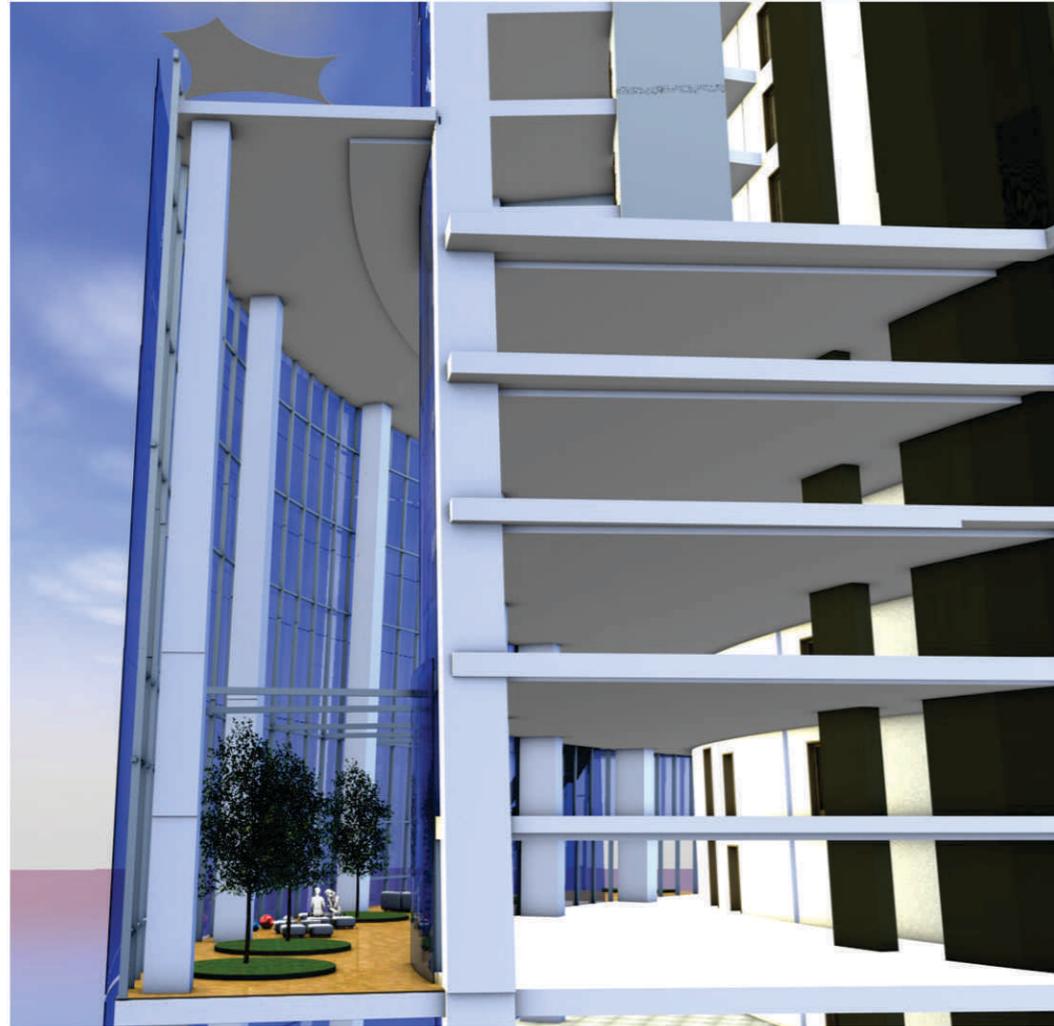


Abb. 98a Park-photo

Hotel

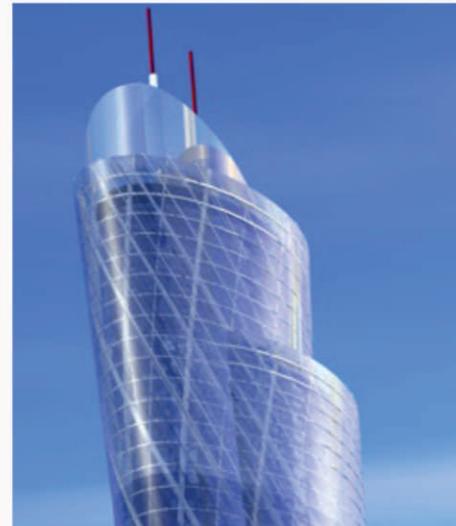
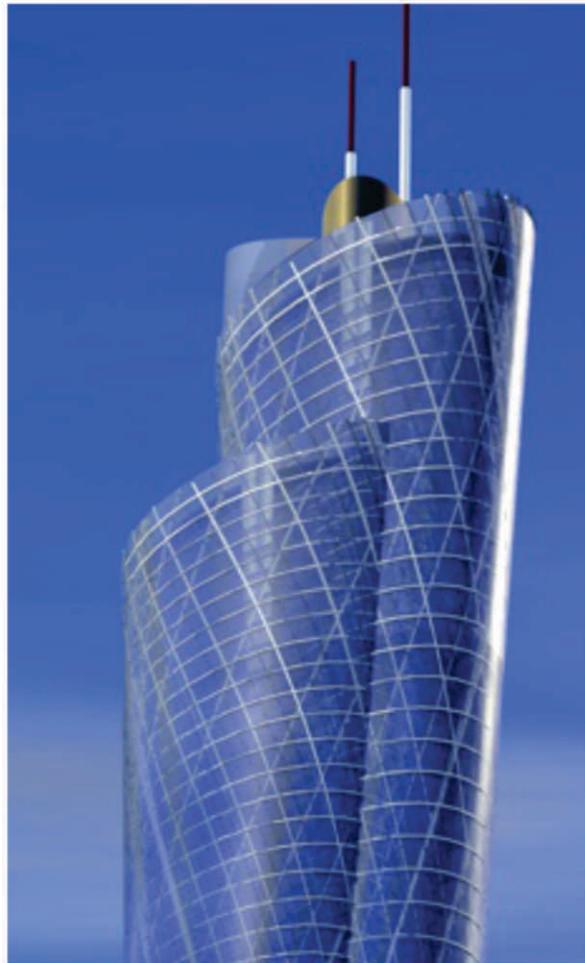


Abb. 97a Hotel-photo



4.11 Hotel
36-45 St.

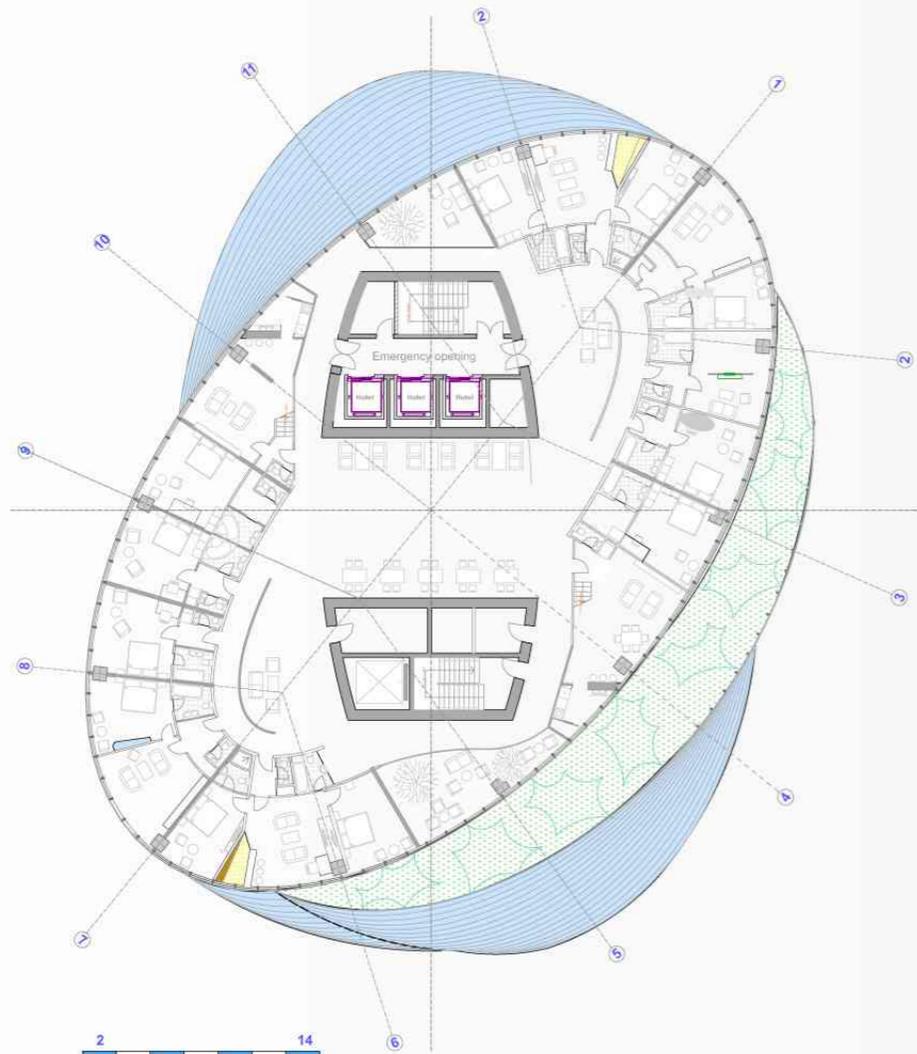
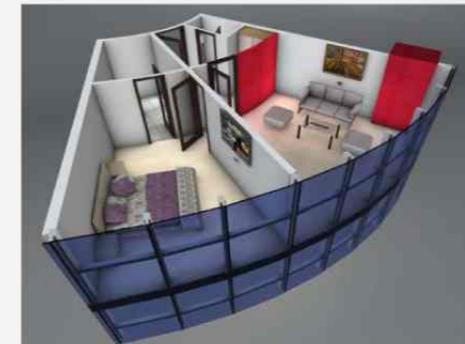


Abb. 98 Hotel-grundriss



Hotel
Gesamtfläche
Gesamte Bruttofläche..... 11043 m ²
Gesamte Nettofläche..... 9342 m ²

Abb. 99 Hotel-schaubilder



Hotel
Gesamte Bruttofläche..... 1227 m ²
Kern..... 189 m ²
Gesamte Nettofläche..... 1038 m ²



4.12 Schnitt 1-1

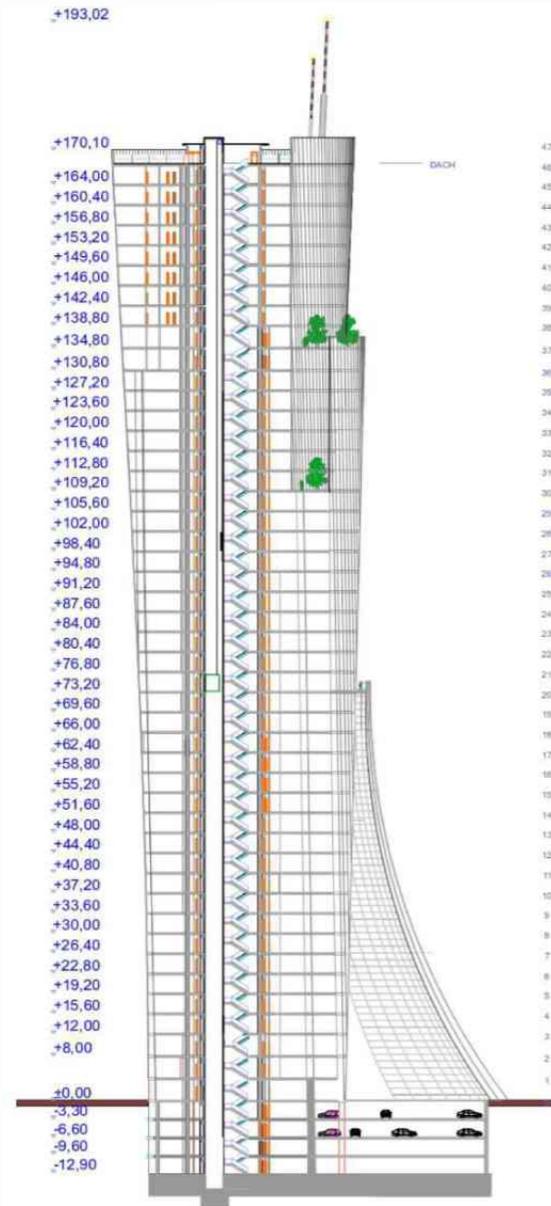


Abb. 100 Schnitt 1-1

Detail 1

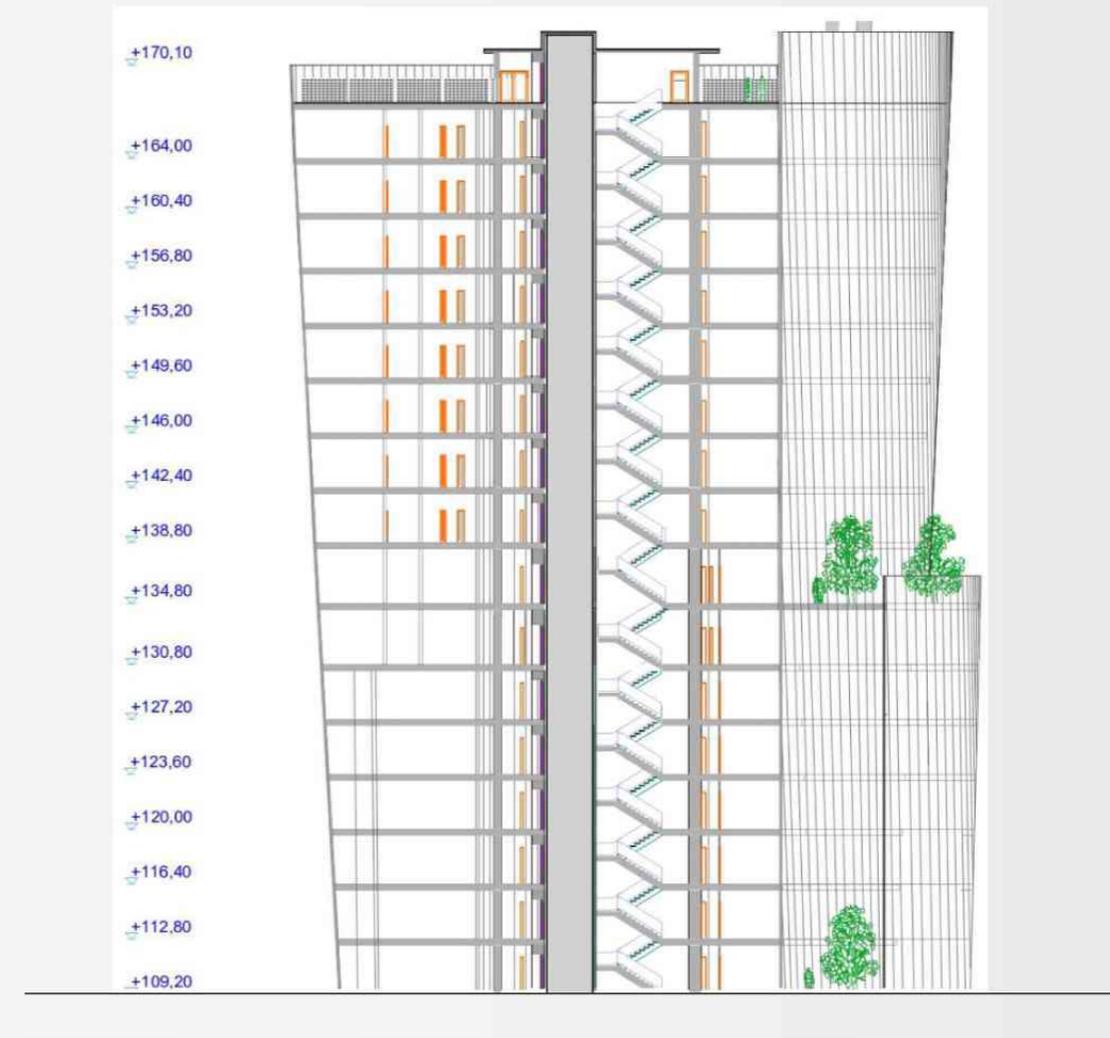


Abb. 100 a. Detail 1



4.13 Fassaden Ansicht

E

W

N

S

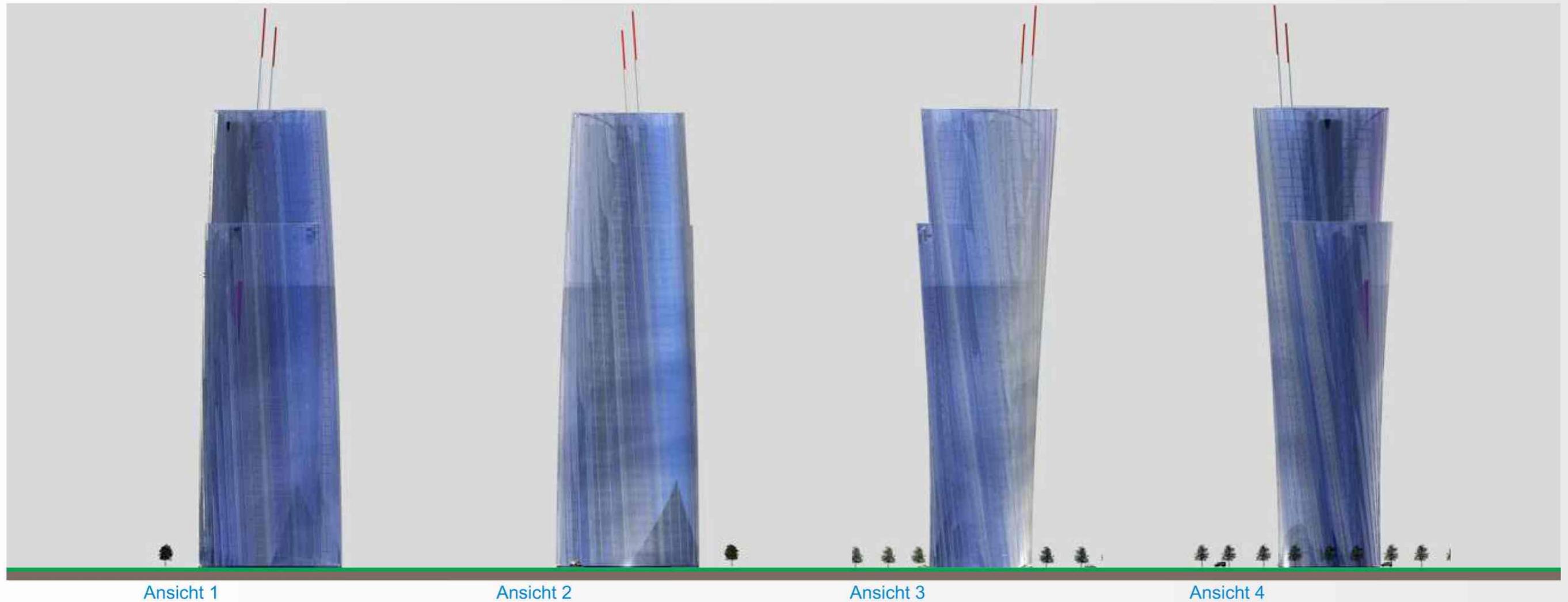
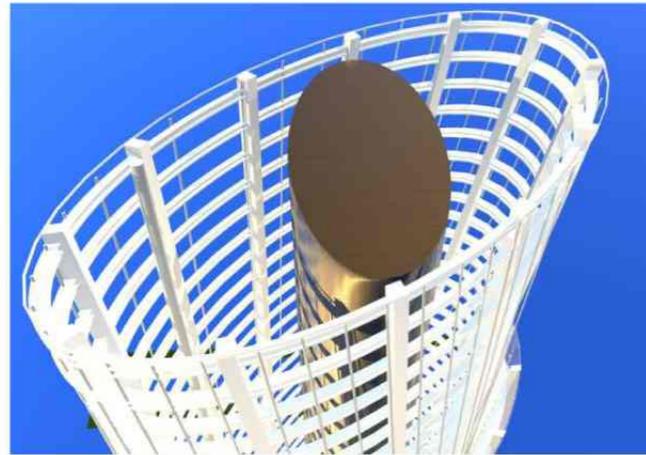


Abb.101 Fassaden ansicht



4.14 Statik und Konstruktion

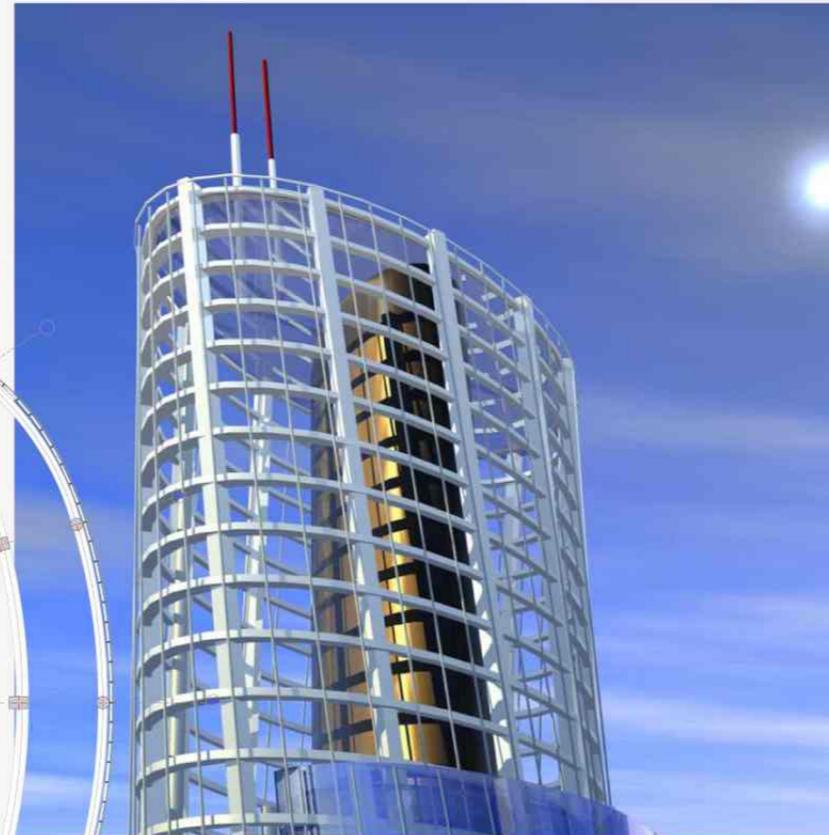
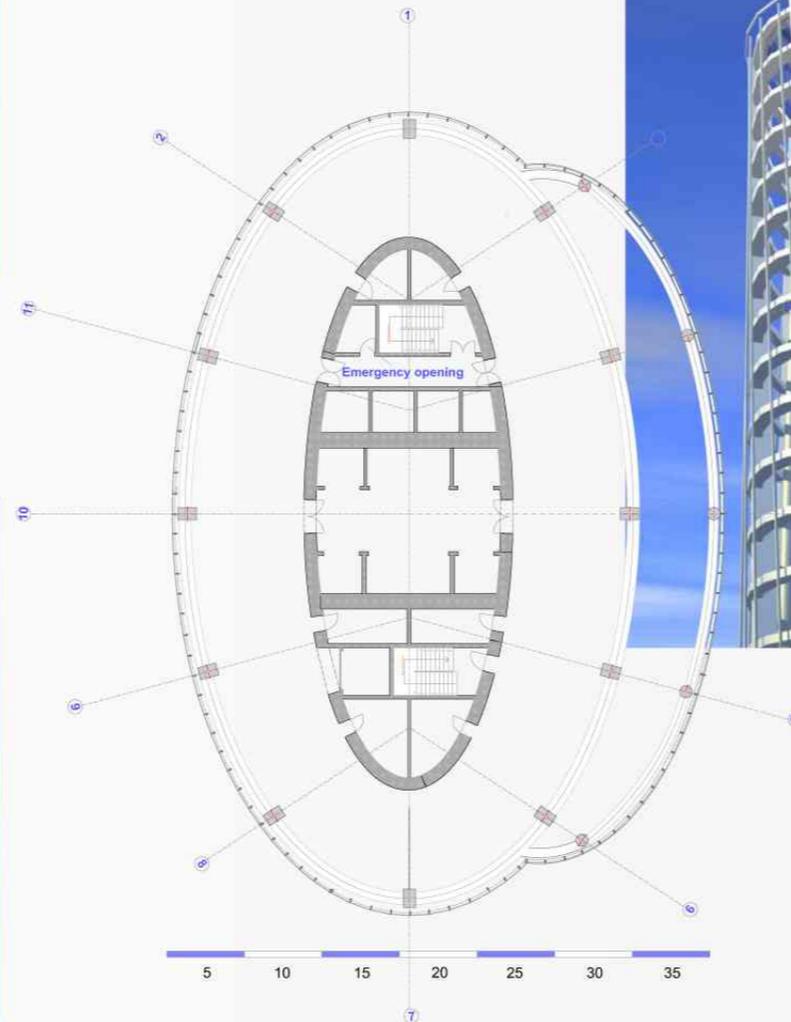


Abb.102 Statik und Konstruktion

4.15 Tiefgründungen

Ortbeton-Rammpfähle

Wenn ein mit geschlossener Spitze in den Boden gerammtes Rohr anschließend bewehrt und bei gleichzeitigem Ziehen des Rohres betoniert wird, spricht man von einem Ortbeton-Rammpfahl.

Der Ortbeton-Rammpfahl bietet in verdichtungsfähigen Böden gegenüber Fertig-Rammpfählen den Vorteil, dass die Baugrundfestigkeit in der Umgebung des Fußes gezielt vergleichmäßigt werden kann. Ein weiterer Vorteil ist die Anpassungs-fähigkeit der Pfahlänge an die beim Rammen fest-gestellte Situation. Wenn eine größere Anzahl von Pfählen in engem Abstand gerammt wird, besteht die Gefahr, dass der neben dem gerade gerammten Pfahl anstehende Boden nach oben verdrängt wird und dadurch der noch junge Beton der zuvor hergestellten Pfähle beschädigt wird. In sehr weichen Böden kann eingebrachter Pfahlbeton weit nach außen ausweichen und Fehlstellen im Pfahl bedingen. Das Einbringen des Betons in das Rammrohr beim Ziehen: flüssig - rütteln; trocken - stampfen muss daher mit den anstehenden Böden abgestimmt werden.

Die Ramme hat ein Raupen- oder Schreitfahrwerk und fährt am Rammort eine Grundplatte aus. Der für den Untergrund kritische Lastfall ist das Ziehen des Rammrohres, bei dem sich die Ramme auf 2 Pratzen beiderseits des Rohres abstützt. Daher ist es notwendig, auf weichem Untergrund eine kräftige Tragschicht (typ.: kräftiges Geotextil und 40 cm Schotter) aufzubringen, damit das 50 t schwere Gerät nicht einbricht.

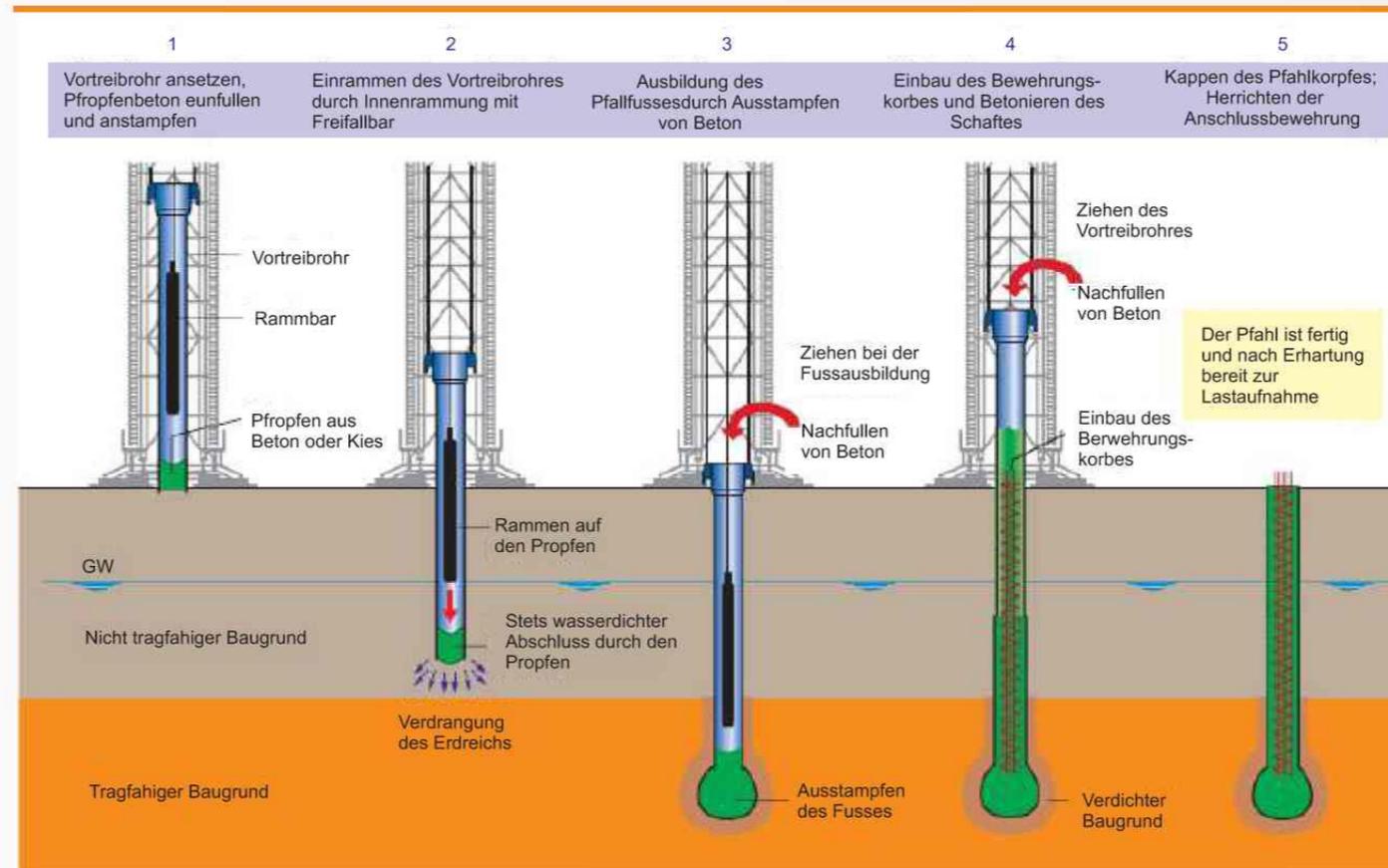


Abb.103 Herstellen eines Ortbetonrammpfahles mit Innenrammung



Abb.104 Pfahlbohrmaschinen



Abb.105 Einbau des Bewehrungskorbes und Betonieren des Schaftes

4.16 Tiefgründungen

Statik und Konstruktion

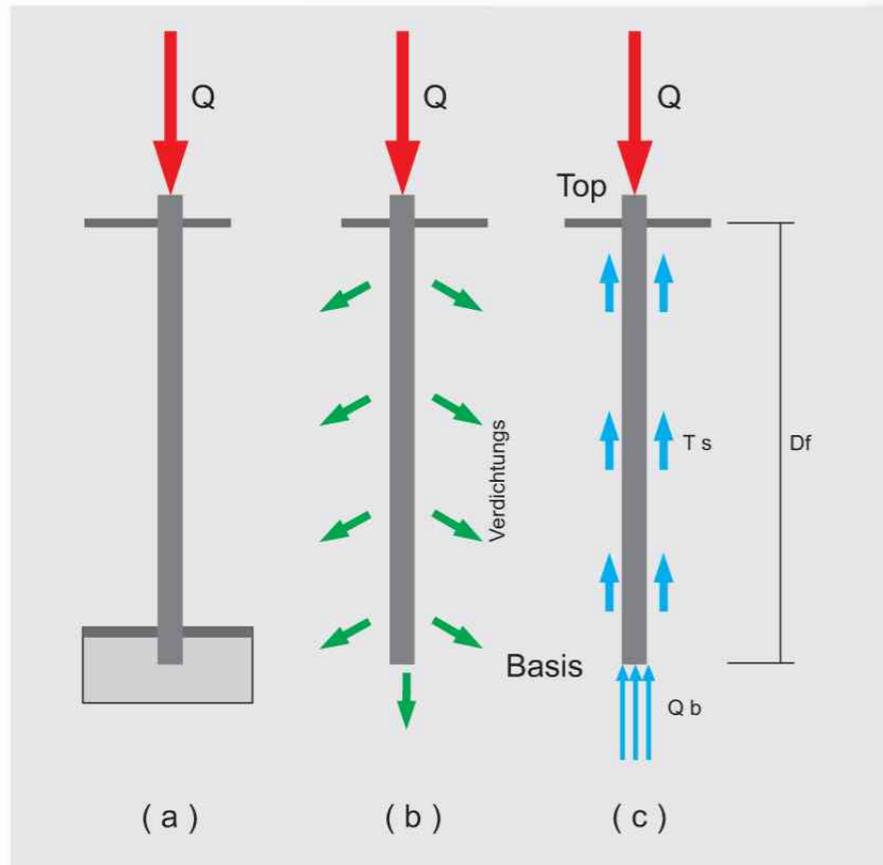


Abb.106 Statik und Konstruktion

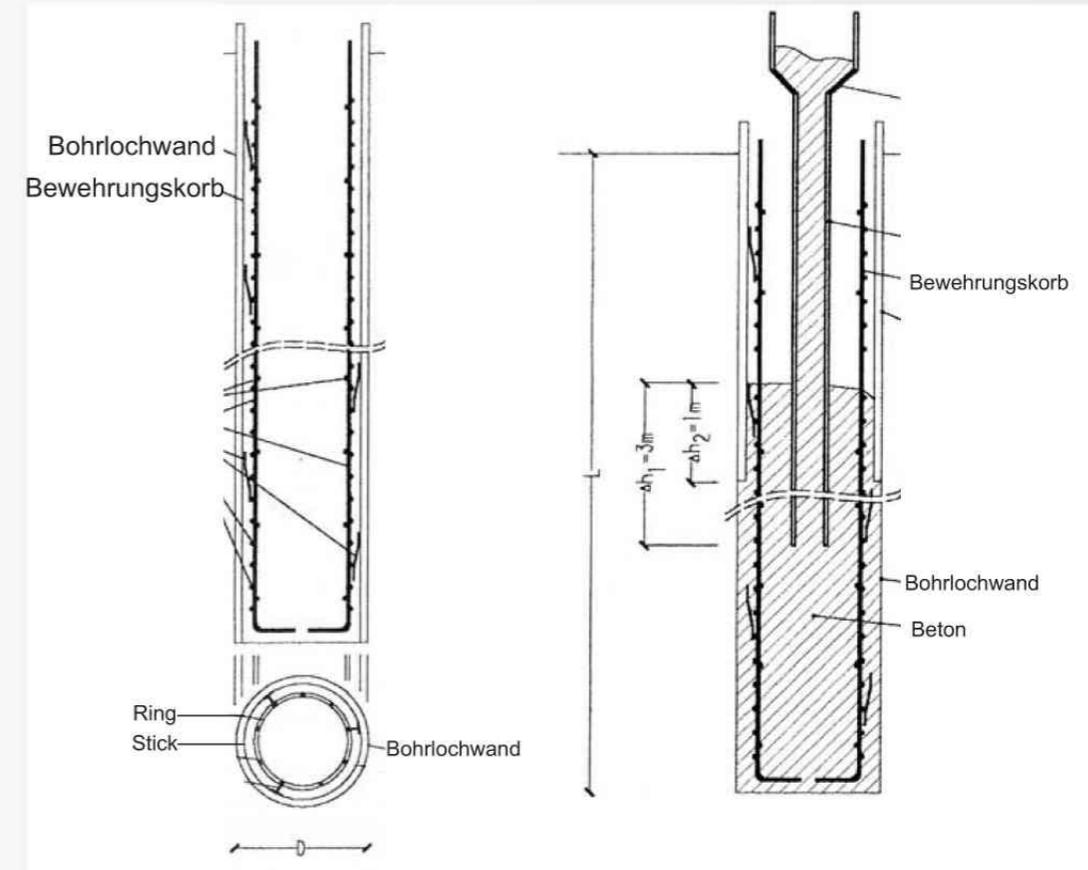


Abb.106 a Tiefgründungen, Pfähle und Anker

Abb.107 Einpressen von Beton durch Schneckenrohr bei gleichzeitigem

4.17 Tiefgründungen - detail

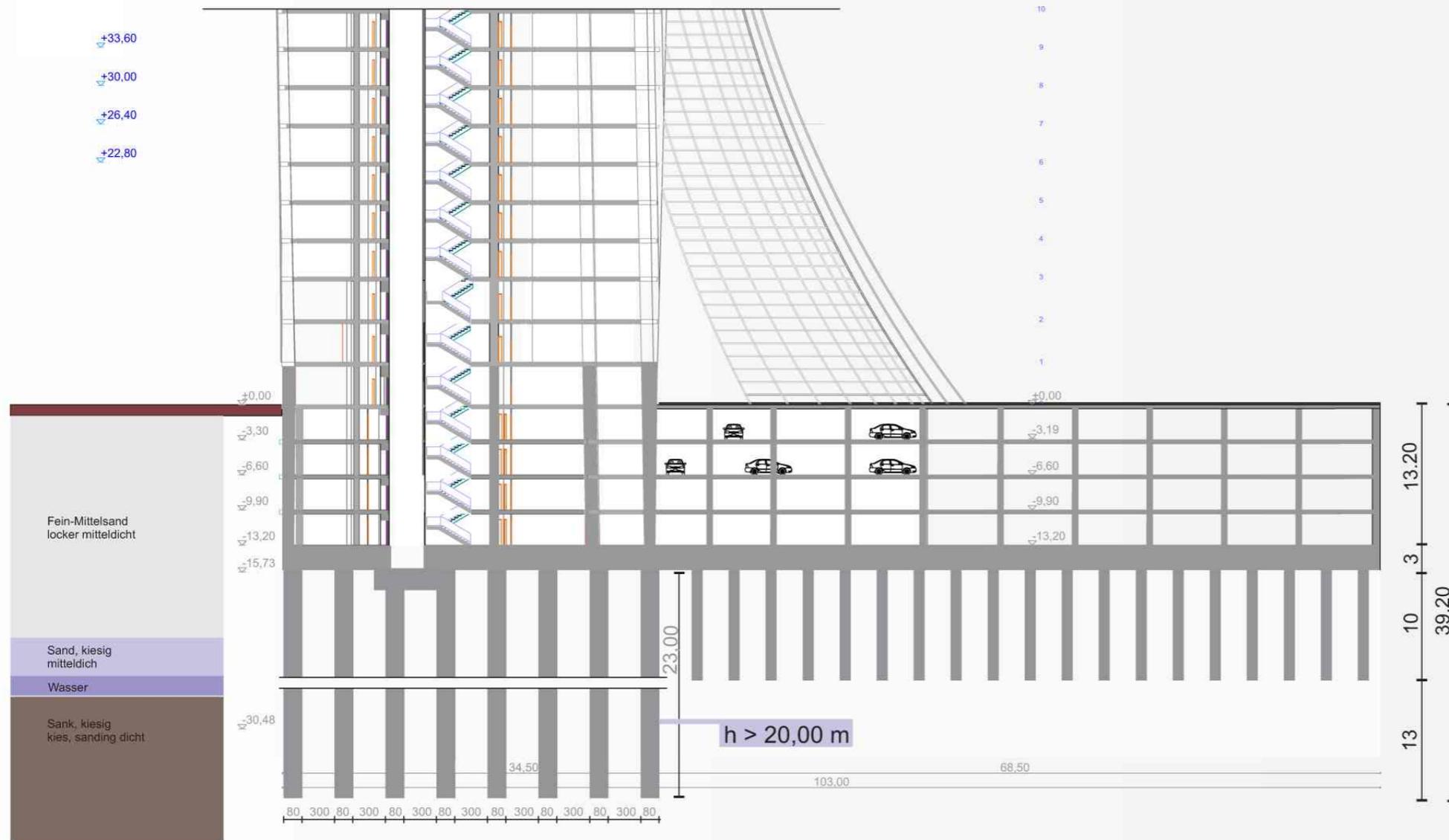


Abb.108 Tiefgründungen,schnitt

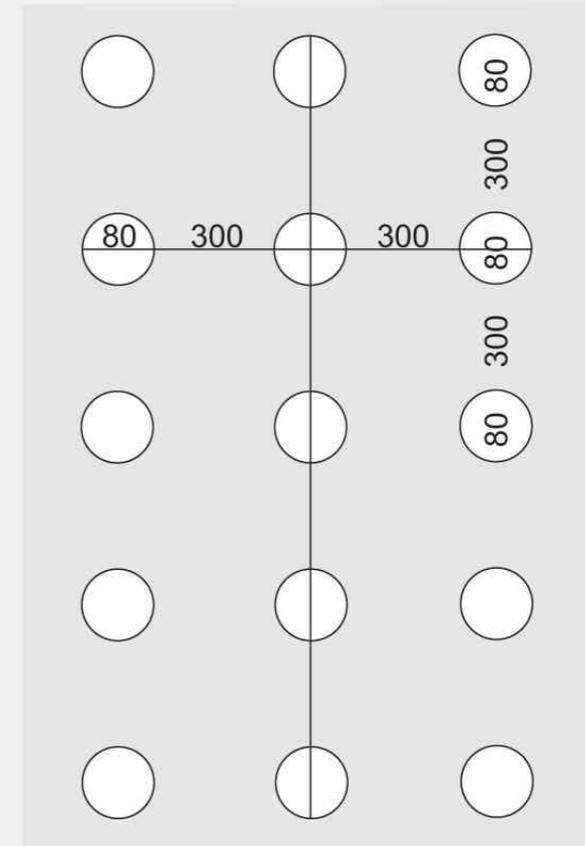


Abb.109 Tiefgründungen,schema



4.18 Evolutions prinzip

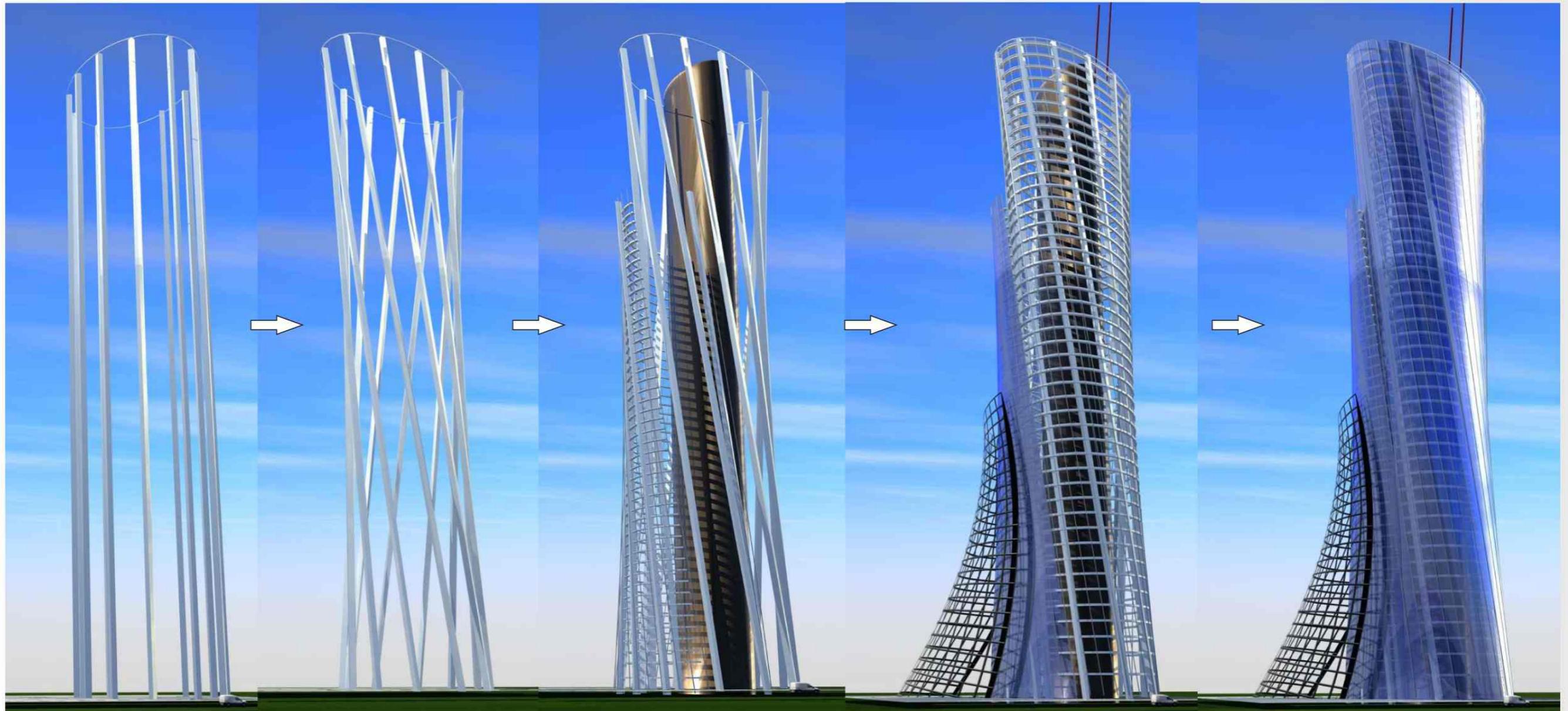


Abb.109 Evolutions prinzip

4.19 Schaubilder

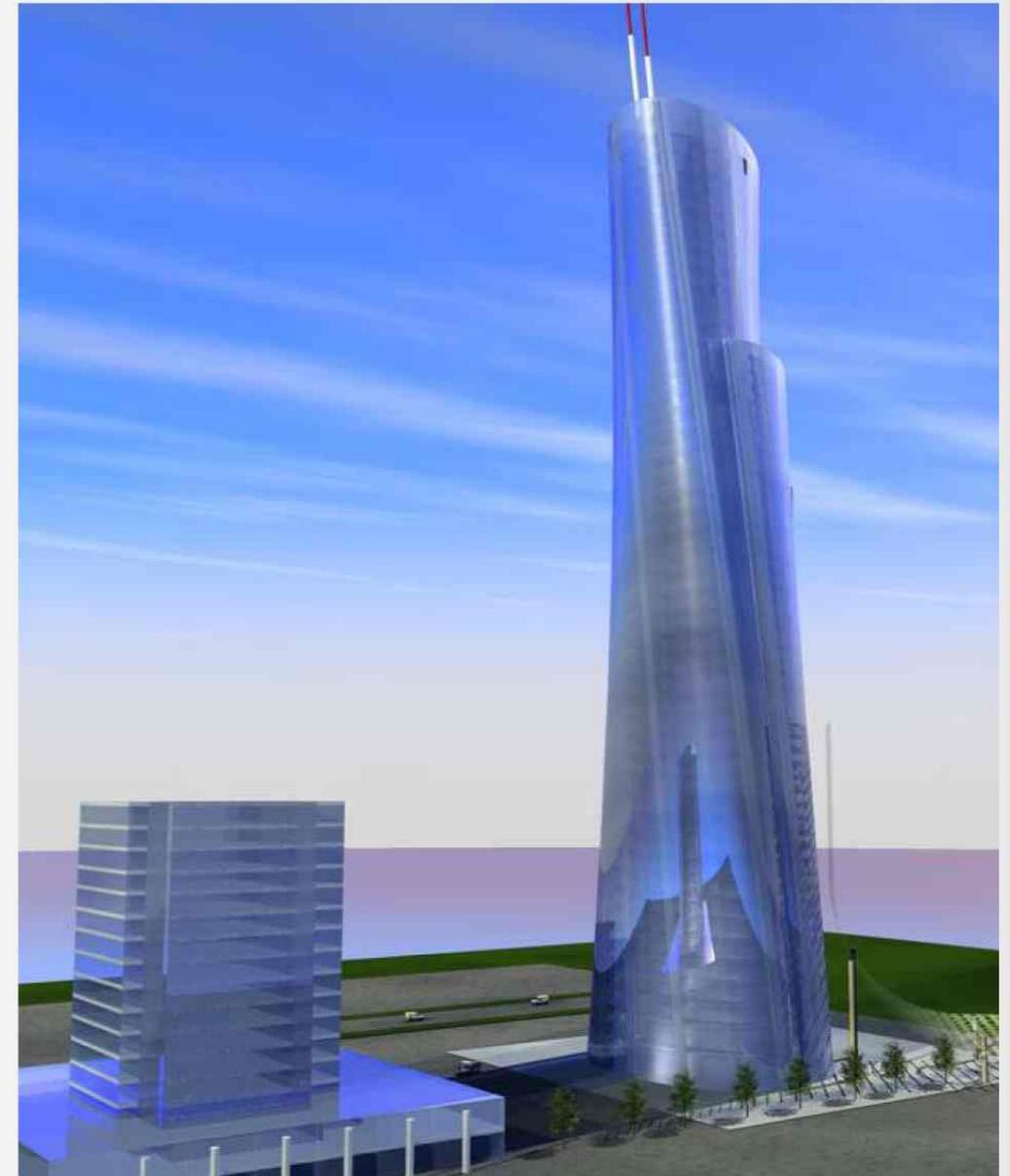
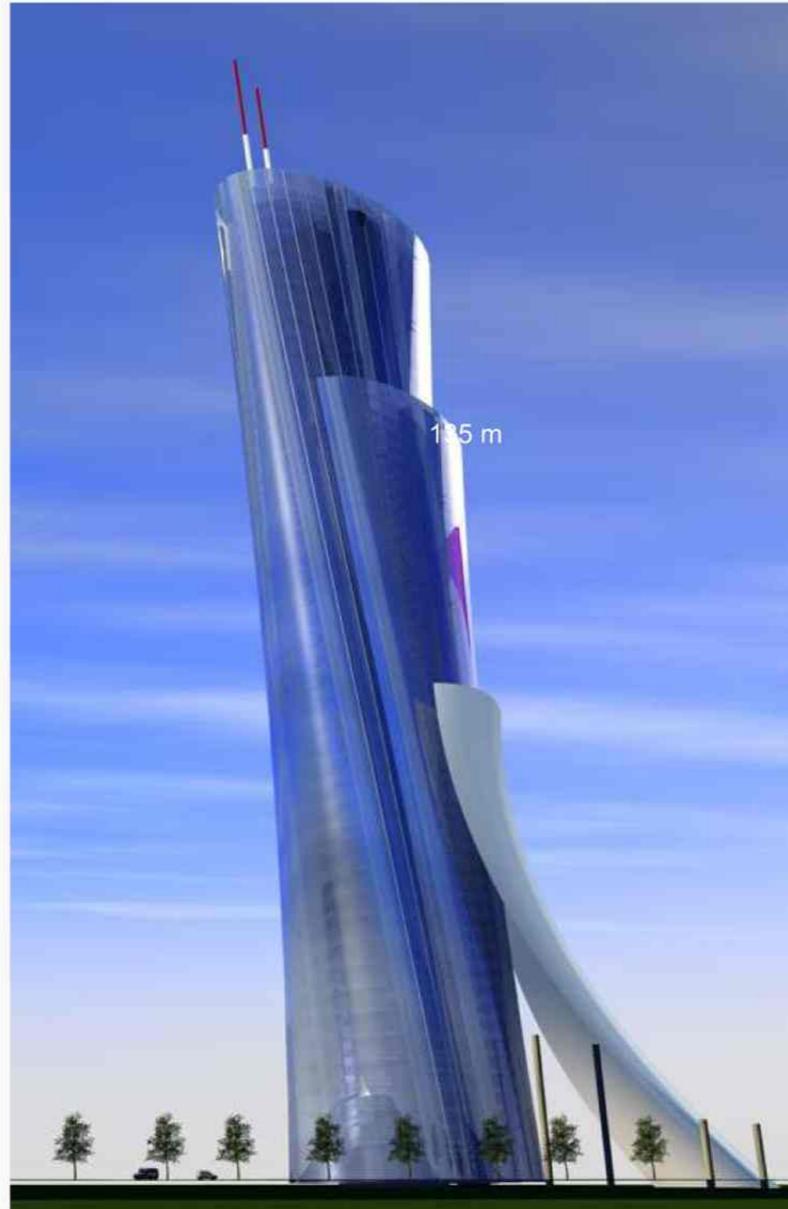


Abb.110 Schaubilder

4.20 Glass fassade

Osnovni princip fasade na objektu je „staklena -zid zavjesa. Staklo pokriva više od 87% površine objekta (uključujući i mat. površine). U predjelu atrijuma (30 -37 sprat) projektovana su dva staklena zida! Sistem je zamišljen kao simbioza dvaju staklenih zidova-vanjske zid zavjese i unutrašnje zid zavjese izmedju kojih se nalazi atrijum visine 7 spratova. Prostor zamišljen kao park u zgradi ispunjen svjetloscu, zelenilom namijenjen za relaksaciju. Staklena fasada koja u cijelosti obavija zgradu, pričvrscena je za horizontalnu konstrukciju preko vertikalnih aluminijskih nocača. Prednost ove fasade je sto se moze izvesti u savijenoj formaciji. Takodje ova vrsta fasade ima visoku toleranciju odstupanja od pravilnih linija sto omogućava da se trodimenzionalno obuhvate svi dijelovi gradjevine.



Abb.111 Glass fassade schaubilder



4.21 Glass facade (beispiele)

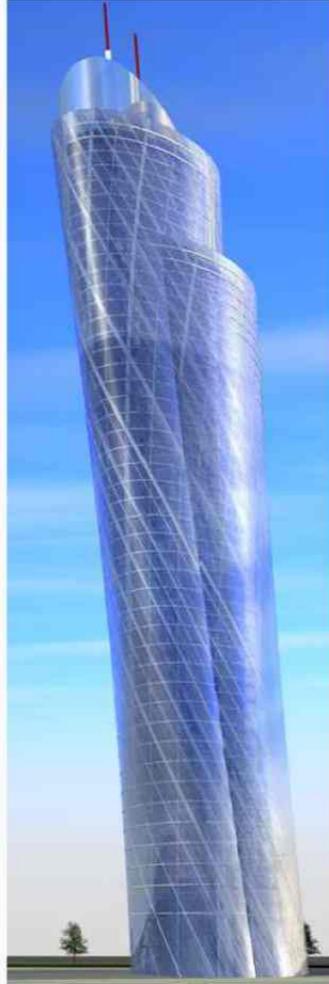


Abb. 112 Glass facade beispiele



4.22 Atrium 30-36 St.

Detail 3



Abb. 113 Detail 3

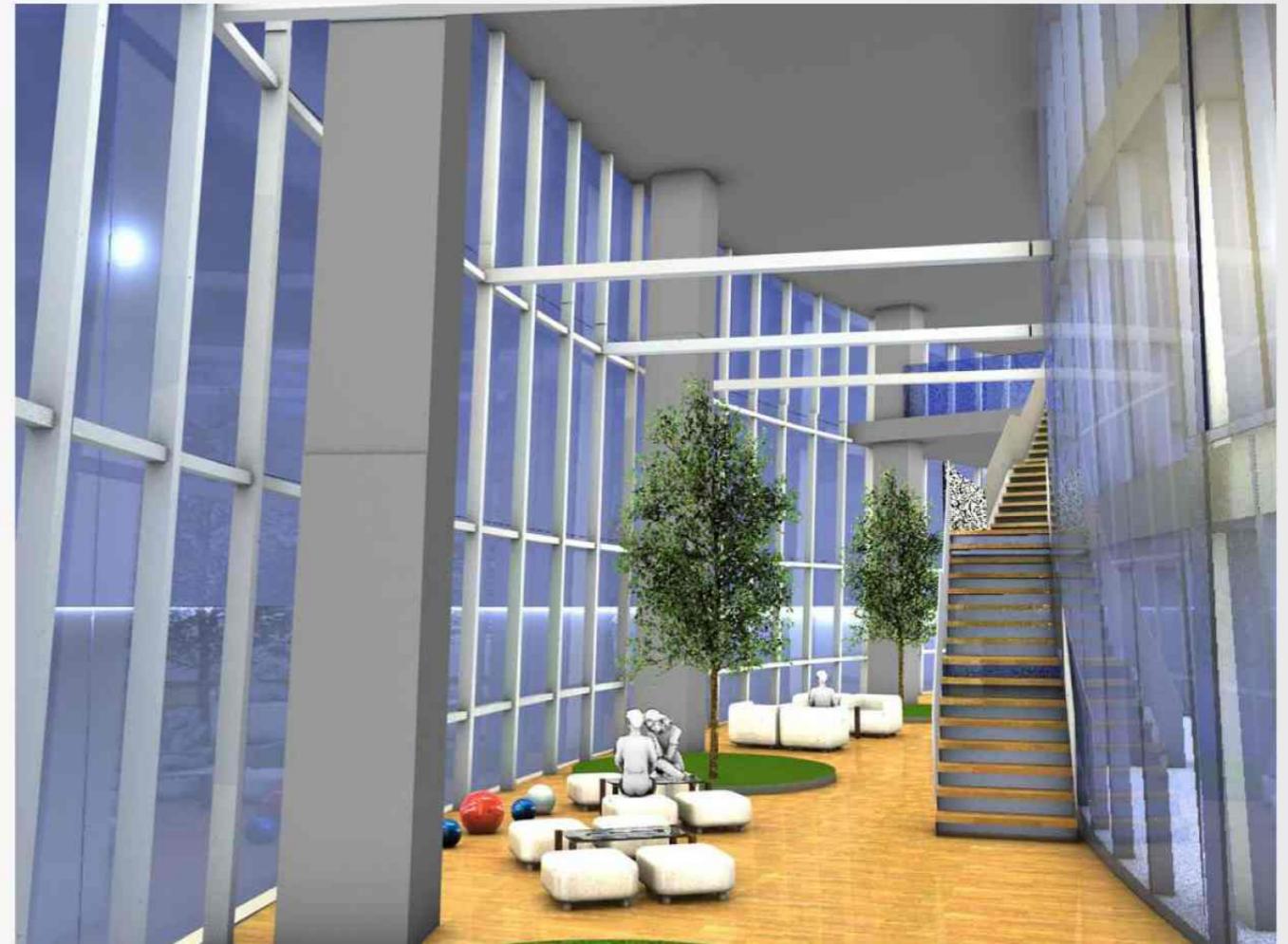


Abb 113 a. Glass facade -Atrium

Ab/aufgehängte geschosse



Abb.114 Ab/aufgehängte geschosse



Abb.115 Glass fassade -Atrium

Die Technikgeschosse befinden sich unter der Bauebene um den Bäumen eine höhere Wurzeltiefe zu ermöglichen, da dieses Geschoss nicht zwingend eine sehr hohe Raumhöhe benötigt.



Abb.116 Glass fassade - Atrium 1

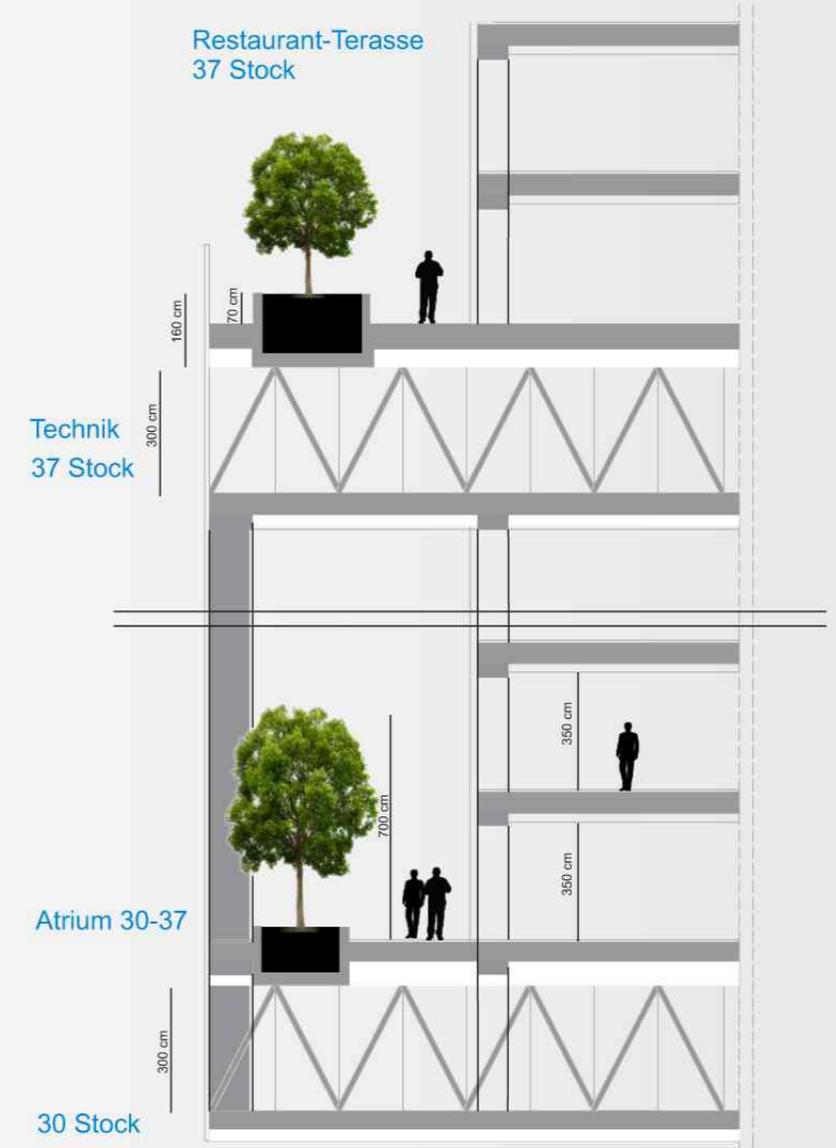


Abb.117 Atrium-Ab/aufgehängte geschosse-schnitt

4.24 Hotel ab/aufgehängte geschosse

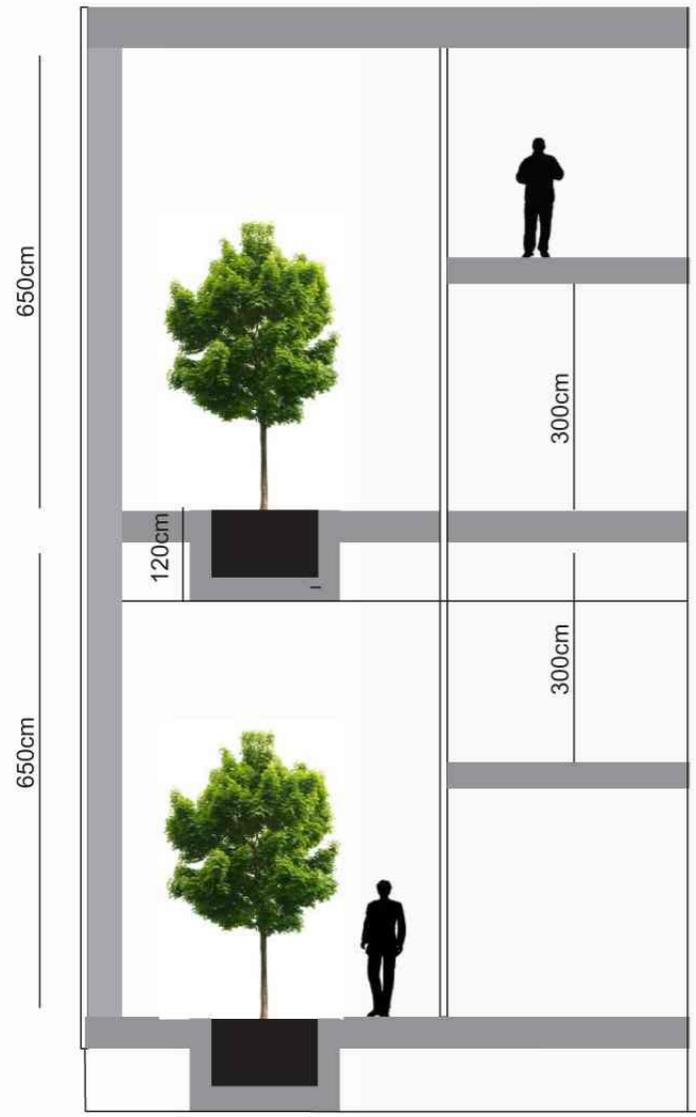


Abb. 118 Hotel-Ab/aufgehängte geschosse-schnitt

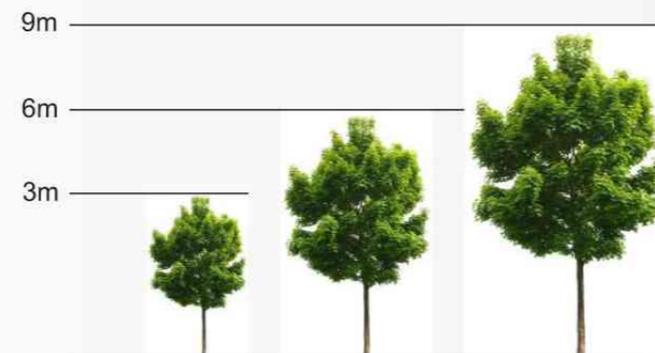
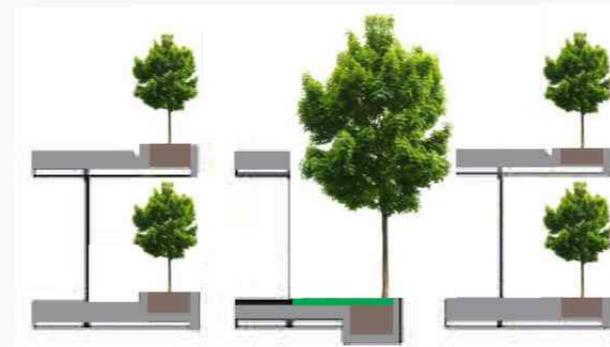


Abb. 119 Bäumen

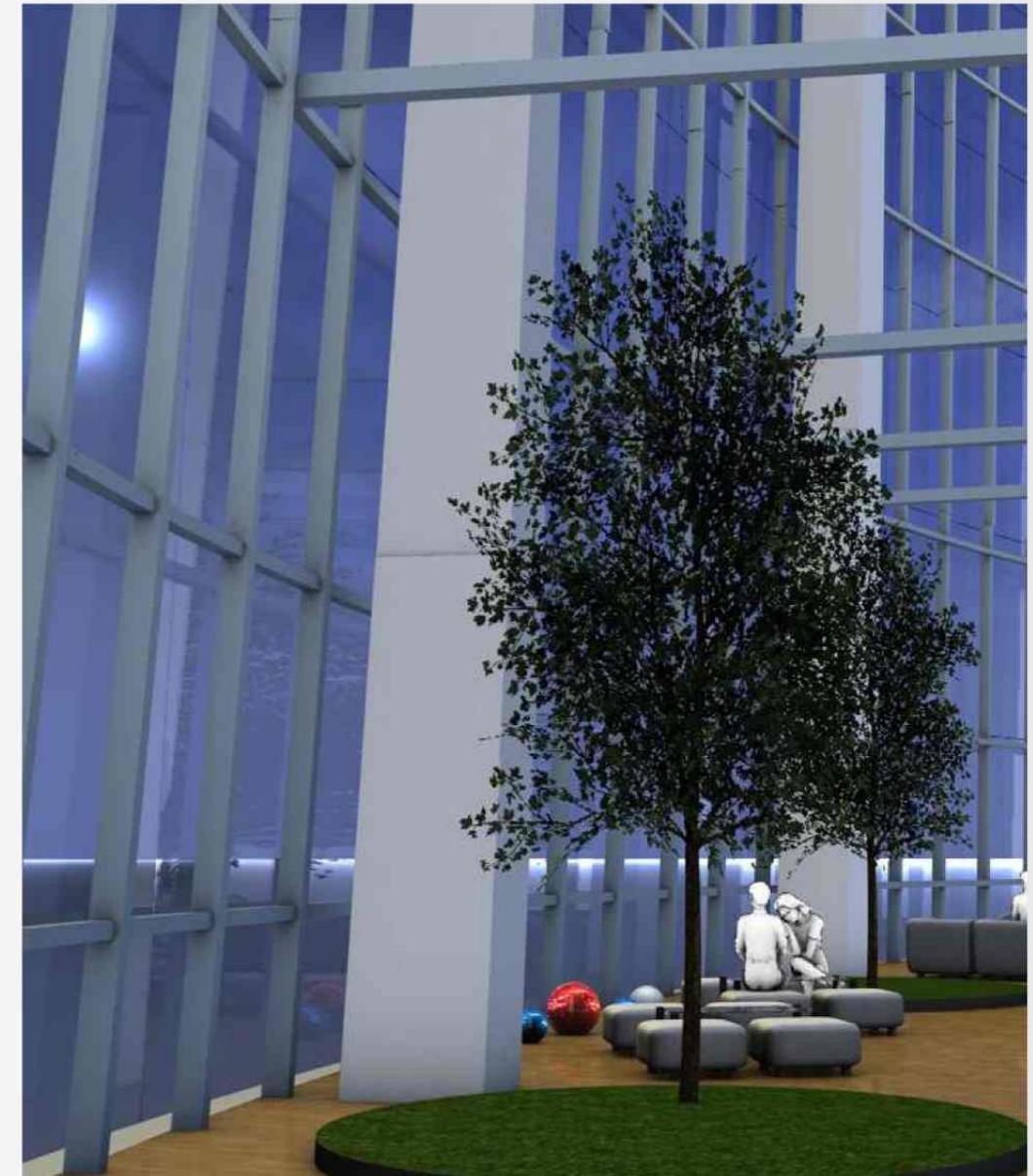


Abb. 120 Glass fassade -Atrium



4.25 Model

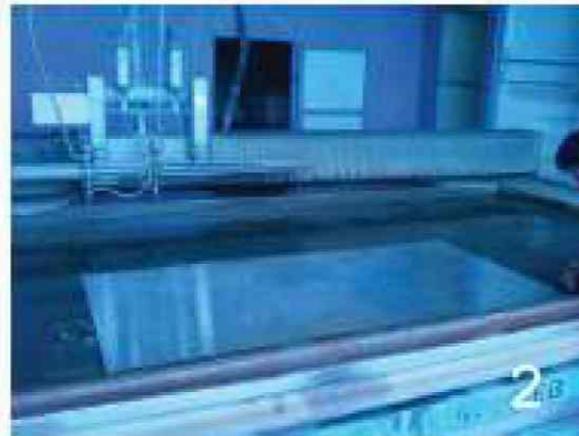


Abb. 121 Model photo



Abb.122 Model



Abb.123 Model

4.26 Aufzüge



Regeneratives System

- Synchronmotor mit Permanentmagnet
- Verbraucht 70 % weniger Energie als ein vergleichbarer hydraulischer Antrieb und 50 % weniger als ein herkömmlicher Getriebemotor.
 -
 - Energieeinsparung:
 - 4.000 kWh/Jahr im Vergleich zu einem hydraulischen Aufzug
 - 2.000 kWh/Jahr im Vergleich zu einem Aufzug mit polumschaltbarem Getriebemotor
 - Verbesserung der CO2-Bilanz:
 - 2.240 kg CO2/Jahr im Vergleich zu einem hydraulischen Aufzug
 - 1.120 kg CO2/Jahr im Vergleich zu einem Aufzug mit polumschaltbarem Getriebemotor
 - Gewinnt bis zu 25 % der gesamten Energie zurück, die der Aufzug verbraucht.
 - Erzeugt saubere und sichere Energie, die das Netz nicht verschmutzt.
 - Energieeinsparung: 13.250 kWh/Jahr im Vergleich mit einem Antrieb ohne Netzurückspeisung
 - Verbesserung der CO2-Bilanz: 6.400 kg CO2/Jahr im Vergleich mit einem Antrieb ohne Netzurückspeisung



Abb.124 Regeneratives System-darstellung

Abb.125 Regeneratives System-photo

www.cone.com

4.27 Aufzüge - Plan

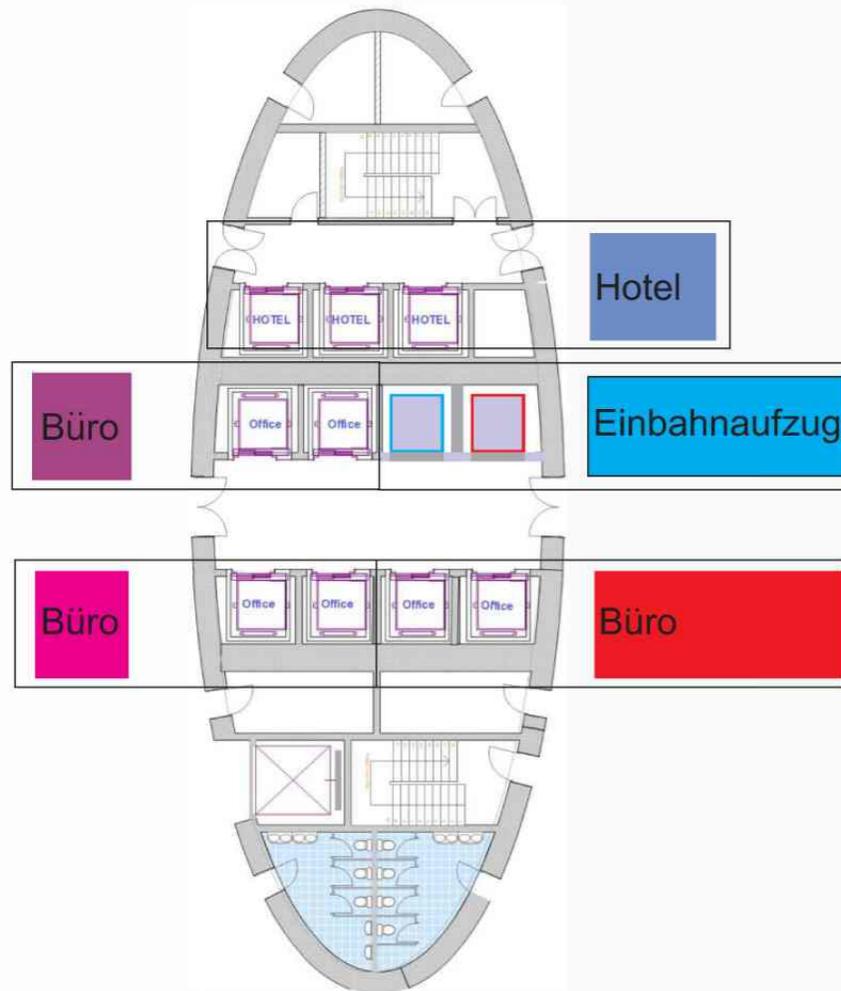


Abb.126 Aufzüge-schema



Abb.127 Aufzüge-schema 1

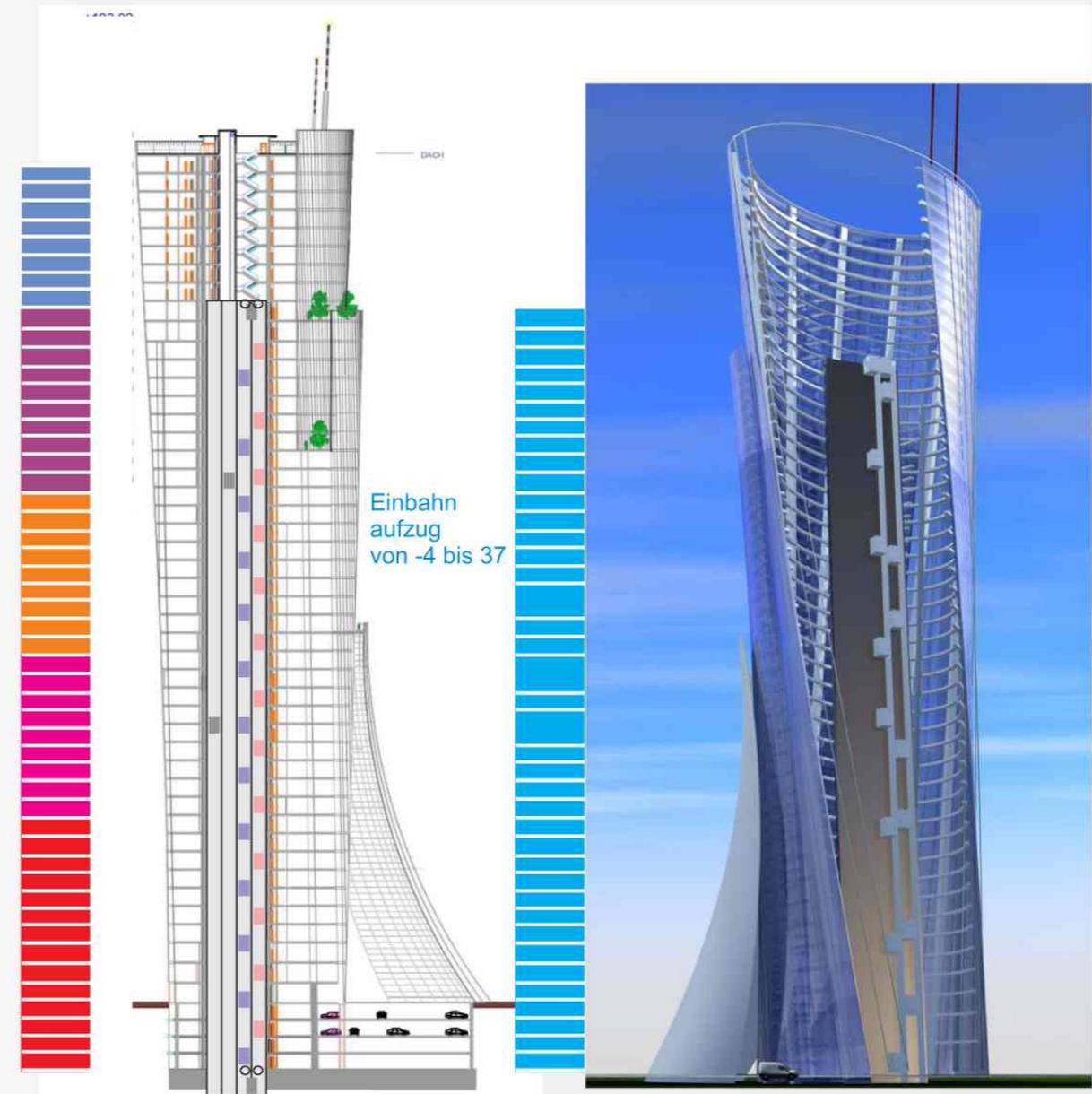
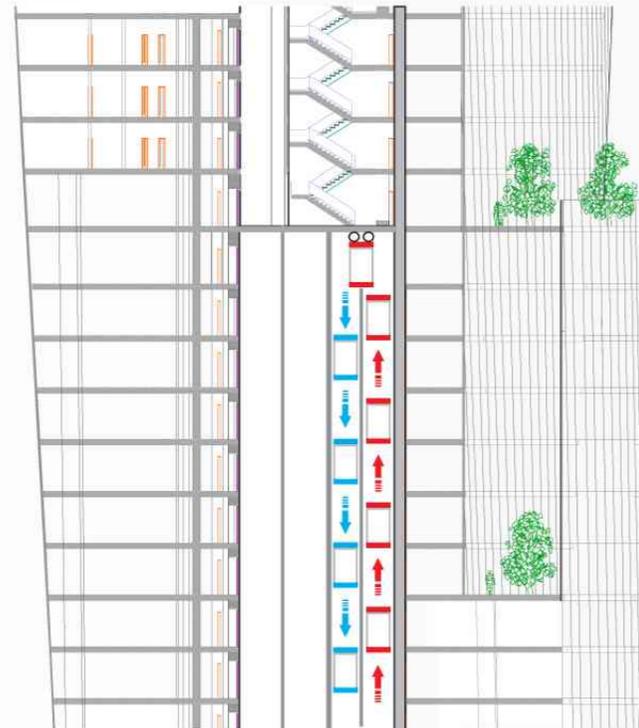


Abb. 128 „3d schnitt“

4.28 Einbahnaufzüge

Detail 4



Vorteile

Vorteile der Einbahnaufzüge gegenüber anderen Aufzügen sind die ohne längere Wartezeit ständige Verfügbarkeit für beide Richtungen (auf- und abwärts), wodurch insbesondere ein schneller Wechsel zwischen nahe beieinander liegenden Stockwerken möglich ist, sowie die sehr hohe Förderleistung ähnlich jener einer Fahrtreppe. Zwar liegt die Geschwindigkeit eines aufzug mit etwa 0,25 Metern in der Sekunde unter der eines herkömmlichen Aufzuges, doch ist bei gleich geringem Platzbedarf in der Regel kein Aufzug in der Lage, eine ähnlich große Menge an Personen in der gleichen Zeit zu befördern.

Nachteile

Bei stark frequentierten Aufzügen, die bei mehreren Etagen angehalten werden, relativiert sich jedoch die Fahrzeit wieder. Für behinderte Personen besteht Sturzgefahr, insbesondere ist eine Nutzung durch Rollstuhlfahrer nahezu unmöglich.

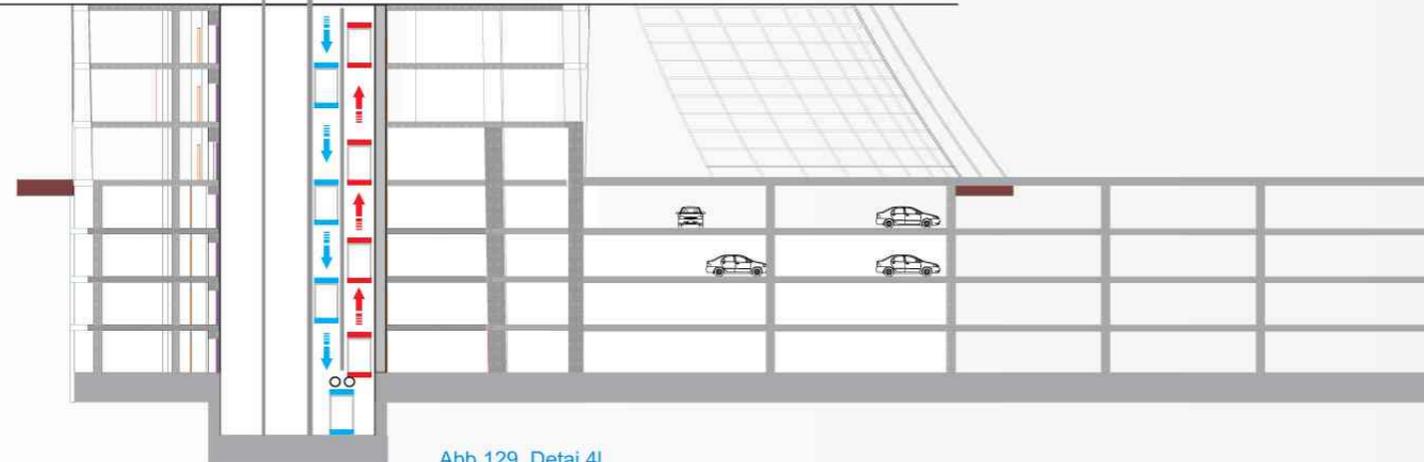


Abb.129 Detai 4l

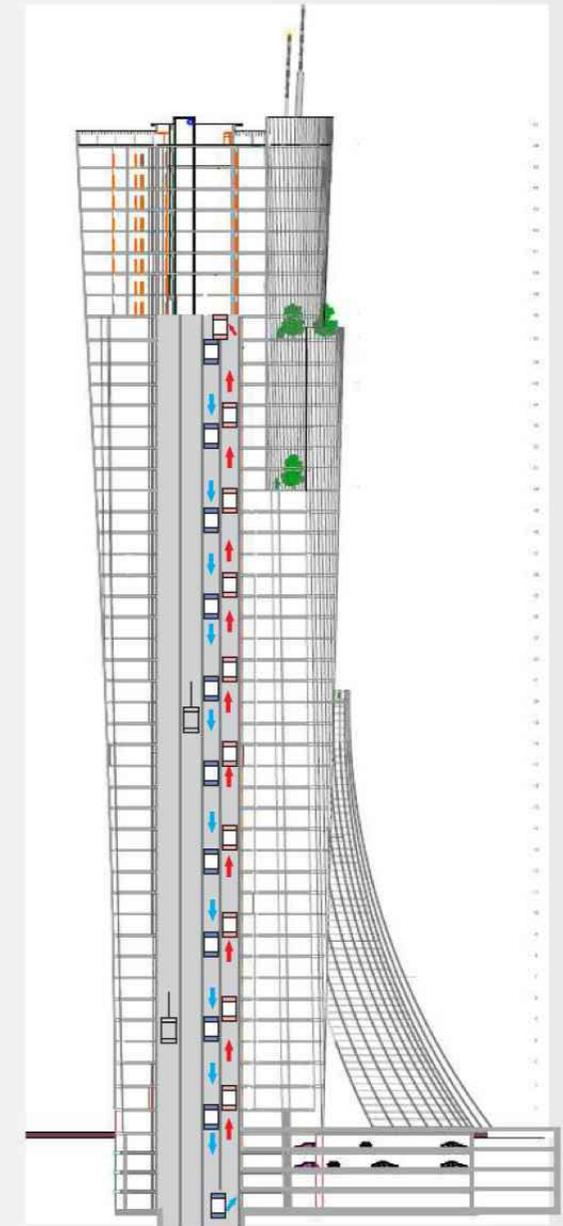
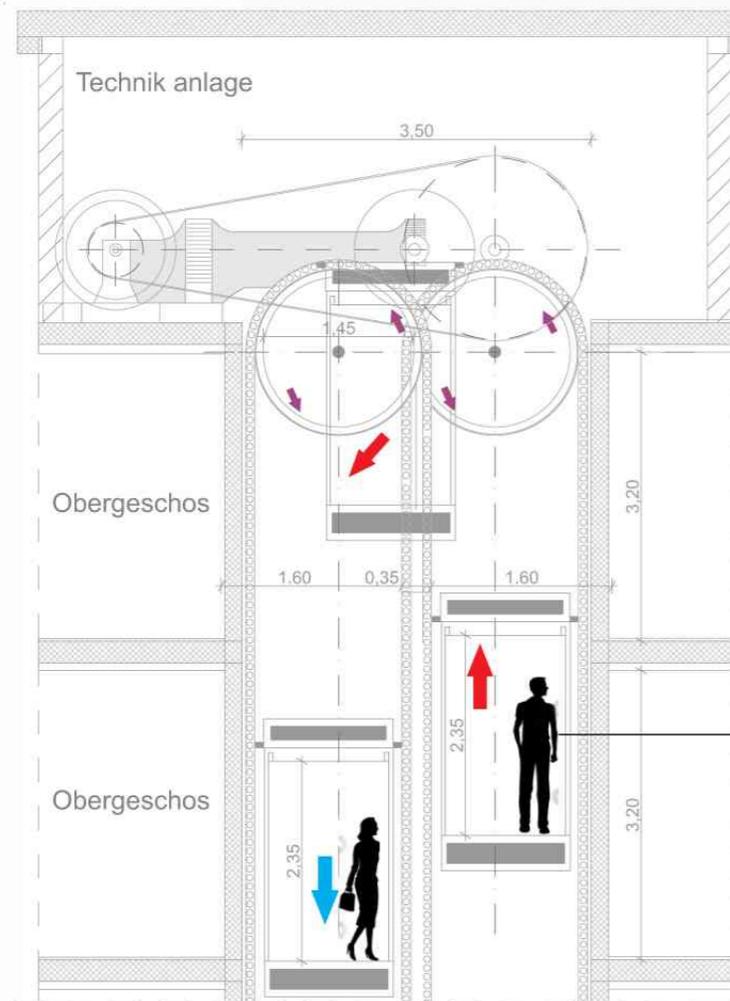


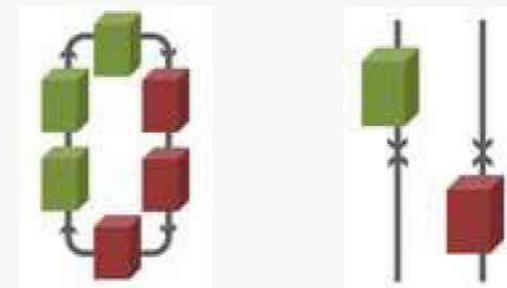
Abb. 130 schnitt

4 29 Einbahn aufzüge detail 5



oberer Wendepunkt

Parallelen zu betrieblichen Abläufen



Beim Einbahnaufzug verkehren mehrere an zwei Ketten hängend befestigte Einzelkabinen im ständigen Umlaufbetrieb. Die Kabinen werden am oberen und unteren Wendepunkt über große Scheiben in den jeweils anderen Aufzugsschacht umgesetzt. Die Beförderung von Personen beim Wendevorgang ist vorgesehen und gefahrlos. Die Beförderungsgeschwindigkeit beträgt ca. 0,45 bis 0,60 Meter pro Sekunde.

Fahrkorb

Geschwindigkeit
0,45 bis 0,60 m/s

Detail 1:75

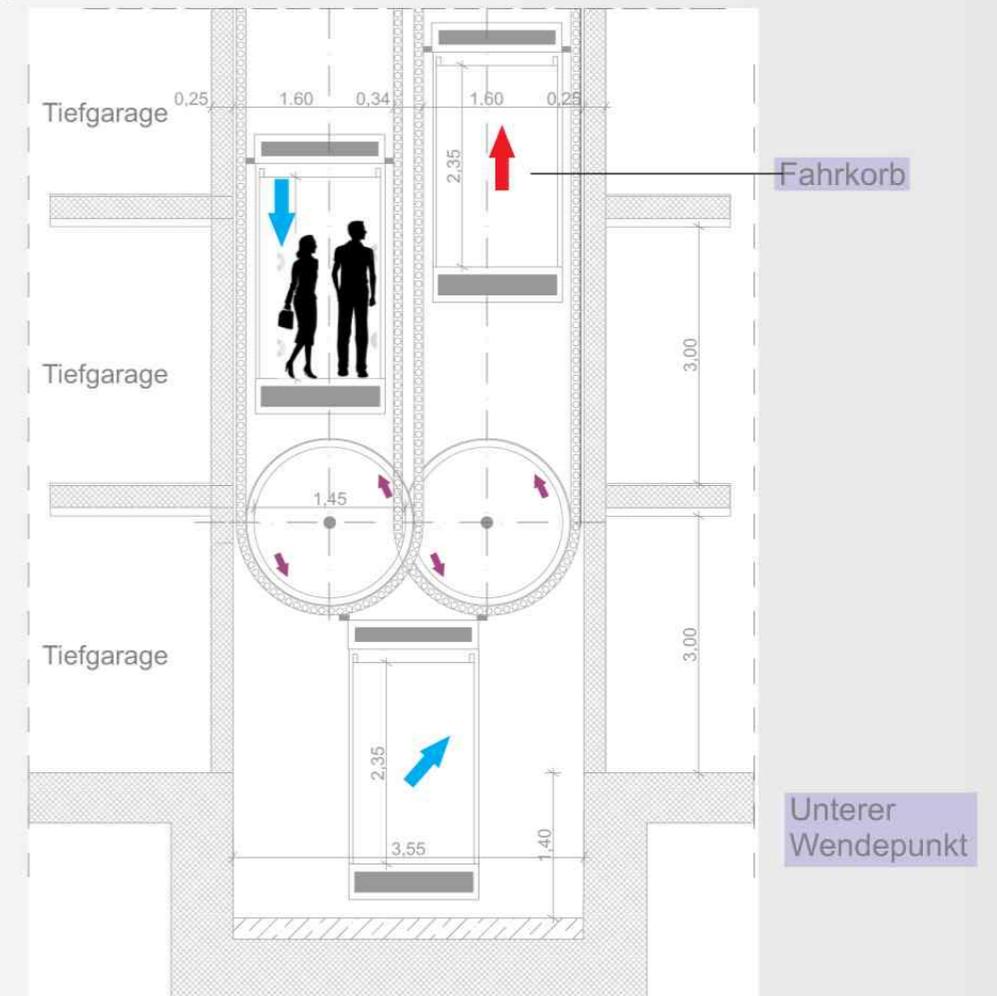
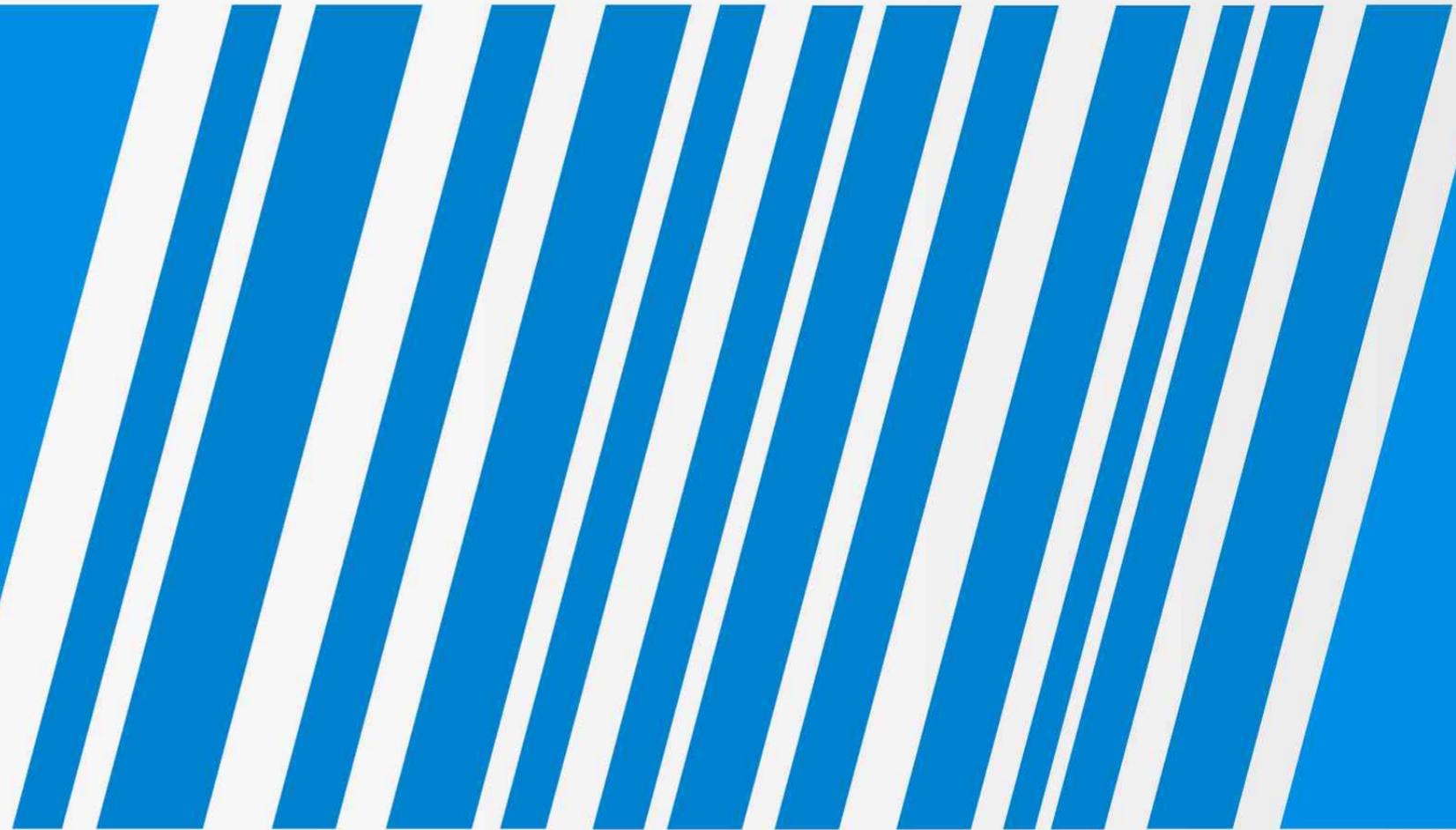


Abb. 131 Detail 5



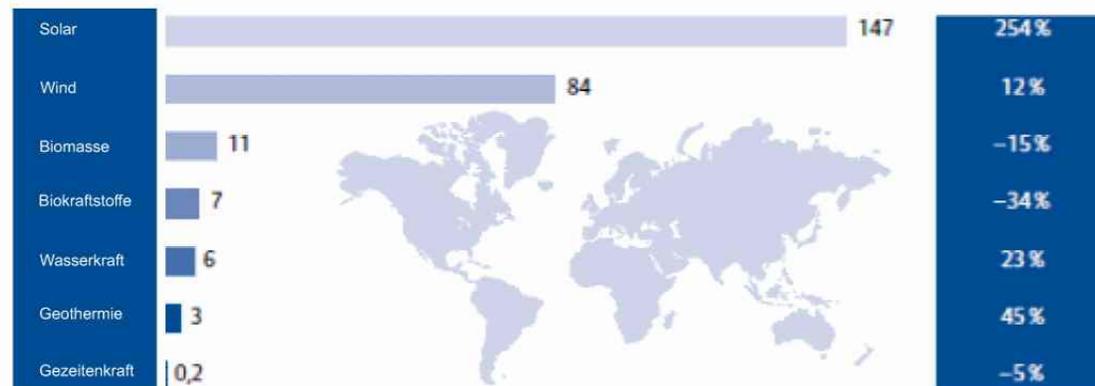
Erneuerbare Energie
5



Erneuerbare Energie

Als erneuerbare Energien, regenerative Energien oder alternative Energien werden Energieträger bezeichnet, die im Rahmen des menschlichen Zeithorizonts praktisch unerschöpflich zur Verfügung stehen oder sich verhältnismäßig schnell erneuern. Damit grenzen sie sich von fossilen Energiequellen ab, die sich erst über den Zeitraum von Millionen Jahren regenerieren. Erneuerbare Energiequellen gelten, neben höherer Energieeffizienz, als wichtigste Säule einer nachhaltigen Energiepolitik (englisch sustainable energy) und der Energiewende. Zu ihnen zählen Wasserkraft, Windenergie, solare Strahlung, Erdwärme und nachwachsende Rohstoffe.

Weltweite Neuinvestitionen nach unterschiedlichen Energieträgern im Jahr 2011 und Veränderungen zu 2009, in Mrd.\$



Bloomberg New Energy Finance, 2012; UNEP, AllianzClimate Solutions; Allianz Global Investors Capital Markets & Thematic Research

Abb.133 Weltweite Neuinvestitionen nach unterschiedlichen Energieträgern im Jahr 2011 und Veränderungen zu 2009, in Mrd.\$

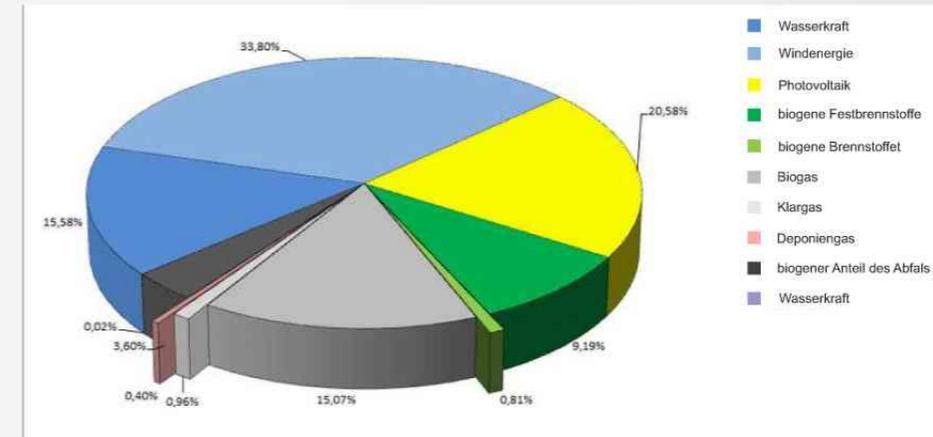


Abb.134 Verteilung der erneuerbaren Energien 2012 in Deutschland (Stromsektor)

Veränderung des weltweiten Energiemixes bis 2100

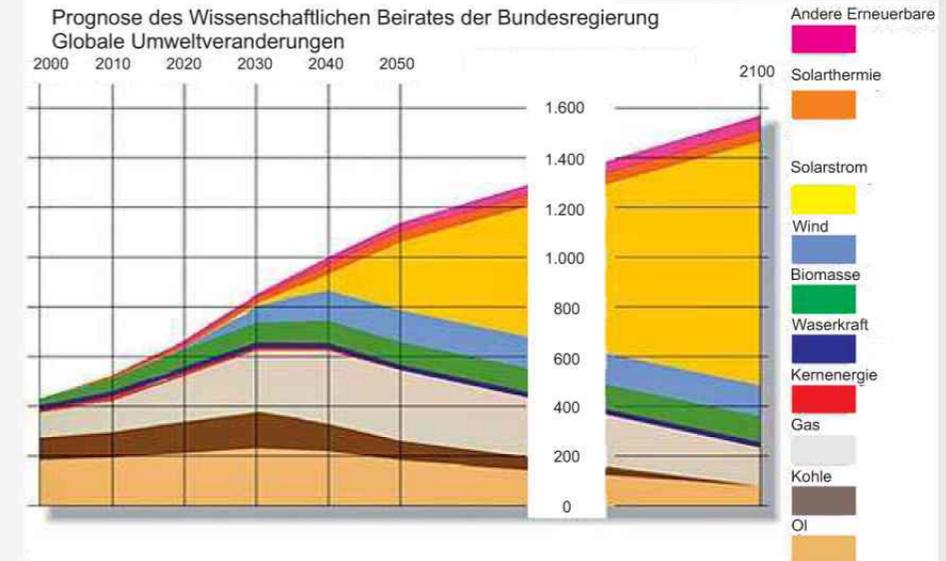


Abb135. Veränderung des weltweiten Energiemixes bis 2100

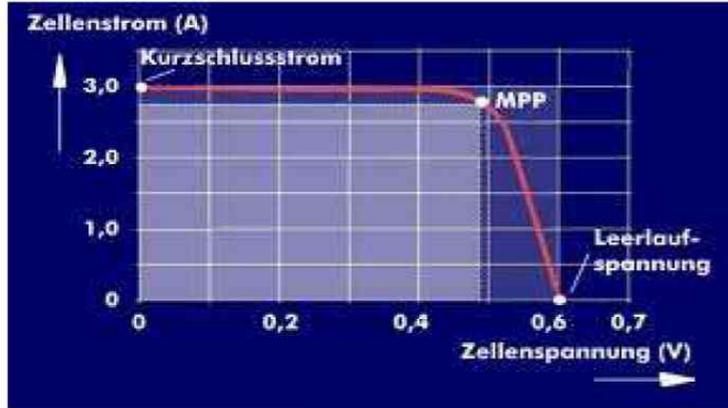


Abb.136 Diagramm

Solarzellen

Solarzellen bestehen im Wesentlichen aus Silizium. Unter Zufuhr von Licht setzen Solarzellen positive und negative Ladungsträger frei und erzeugen so Gleichstrom, der direkt Motoren antreiben oder Akkus aufladen kann. Soll Sonnenenergie auch zum Betrieb von Verbrauchern mit 230 Volt Wechselspannung genutzt oder ins öffentliche Netz eingespeist werden, wird ein Wechselrichter benötigt. Solarzellen sind quadratisch und haben eine Kantenlänge von 10 cm, 12,5 cm oder 15 cm und sind mit einer Antireflexionsschicht (ARC) überzogen. Diese reduziert die Reflexion des Sonnenlichts und verbessert dadurch die Absorption des Solarmoduls. Die Solarzellen selbst werden aus monokristallinem, polykristallinem und amorphem Silizium hergestellt.

Monokristallines Silizium besteht aus einem Kristall dessen Atome regelmäßig angeordnet sind. Bei der Fertigung der Solarzelle werden die Atome des geschmolzenen Siliziums in eine Richtung ausgerichtet. Daher ist die Herstellung sehr aufwendig und teuer, allerdings hat monokristallines Silizium mit 14 % bis 18 % auch den höchsten Wirkungsgrad, dessen Oberfläche eben und graphitfarben ist.

Polykristallines Silizium besteht aus mehreren Kristallen, die jedes für sich eine regelmäßige atomare Struktur aufweisen. Polykristalline Solarzellen sind etwa 200 µm bis 300 µm dünn. Sie können preiswerter hergestellt werden als monokristalline Solarzellen, haben allerdings einen geringfügig geringeren Wirkungsgrad. Dieser liegt zwischen 10 % und 15 %. Die Oberfläche von polykristallinem Silizium ist blau.

Amorphes Silizium hat keine geordneten atomaren Strukturen, diese sind unregelmäßig. Es kann relativ preiswert hergestellt werden, der Wirkungsgrad liegt lediglich bei 6 % bis 10 %. Dafür hat amorphes Silizium ein hohes Absorptionsvermögen.

Zellmaterial	Maximaler Zellwirkungsgrad (labor)	Maximaler Zellwirkungsgrad (serie)	Typischer modulwirkungsgrad	Flächenbedarf für 1Kw
Monokristallines Silizium	24,7%	21,5%	15%	6,7 m ²
Polykristallines Silizium	18,7%	15%	14%	7,2 m ²
Amorphes Silizium	12,7%	8%	6%	16,7 m ²
CIS / CIGS	19,5%	11%	10%	10 m ²
CdTe	16,5%	10%	7%	14,3 m ²
Konzentrator zelle	40,7%	35%	28%	3,6 m ²

Abb.137 Wirkungsgrade der Solarzellen in Abhängigkeit von Zellmaterial.



Abb.138 Ein Photovoltaic modul

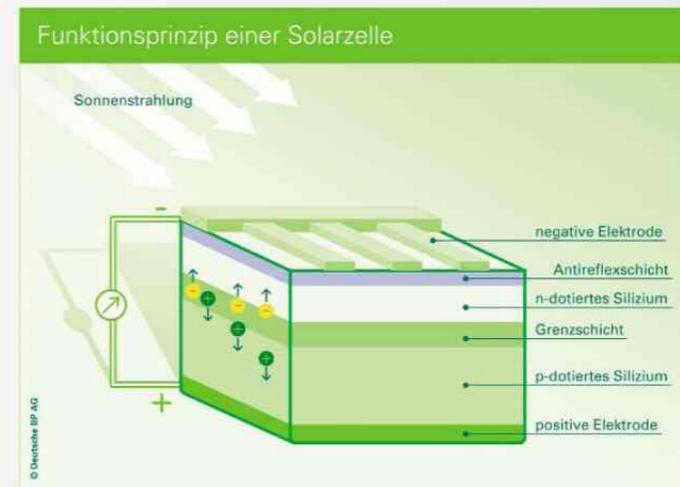


Abb. 139 Funktionsprinzip einer Solarzelle

Monatliche Durchschnittstemperaturen und -niederschläge für Banja Luka

	Jan	Feb	Mar	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dec		
Max. Temp. (°C)	4,5	6,8	11,1	17,1	21,6	25,4	27,9	28,1	24,1	17,3	10,6	7,3	Φ	16,9
Min. Temp. (°C)	-4,1	-3,6	0,2	5,0	9,2	12,9	14,3	13,4	10,1	5,9	2,6	-0,5	Φ	5,5
Niederschlag (mm)	70	70	73	91	101	120	74	66	69	105	104	115	sum	1.058
Sonnenstunden (h/d)	1,6	2,6	3,5	5,0	6,5	7,3	8,6	9,5	7,0	3,9	1,7	1,6	Φ	4,9
Regentage (d)	12	12	12	12	11	10	9,6	7	10	11	12	12	sum	124
Luftfeuchtigkeit (%)	83	77	75	70	70	69	66	66	73	79	84	85	Φ	74,7

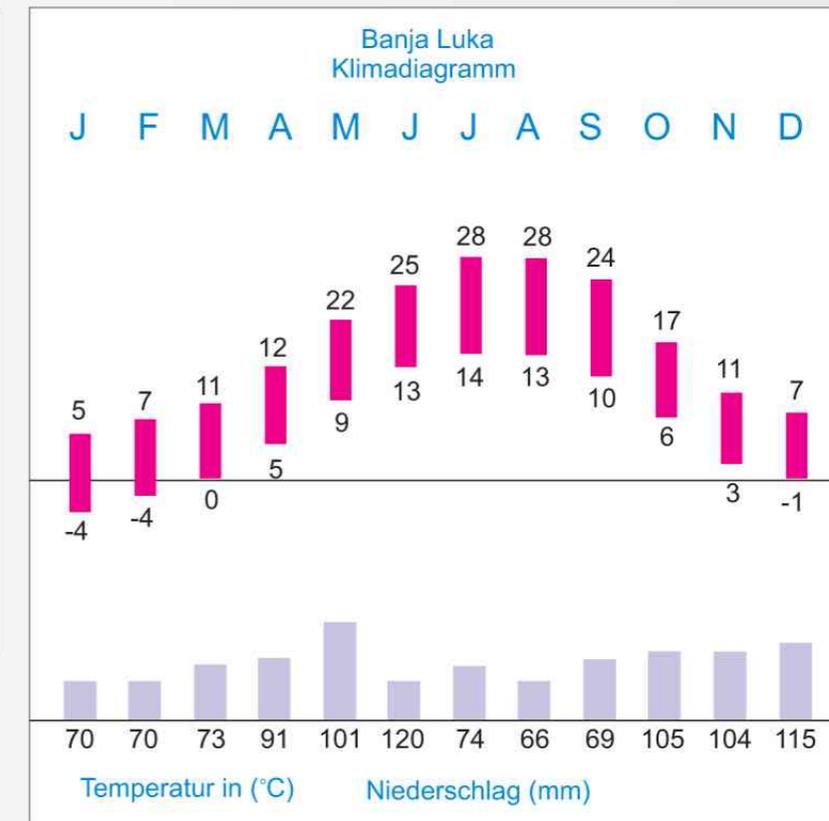


Abb.140 Monatliche Durchschnittstemperaturen und -niederschläge für Banja Luka
www.wetterkontor.de

Abb.141 Klimadiagramm-Banja Luka

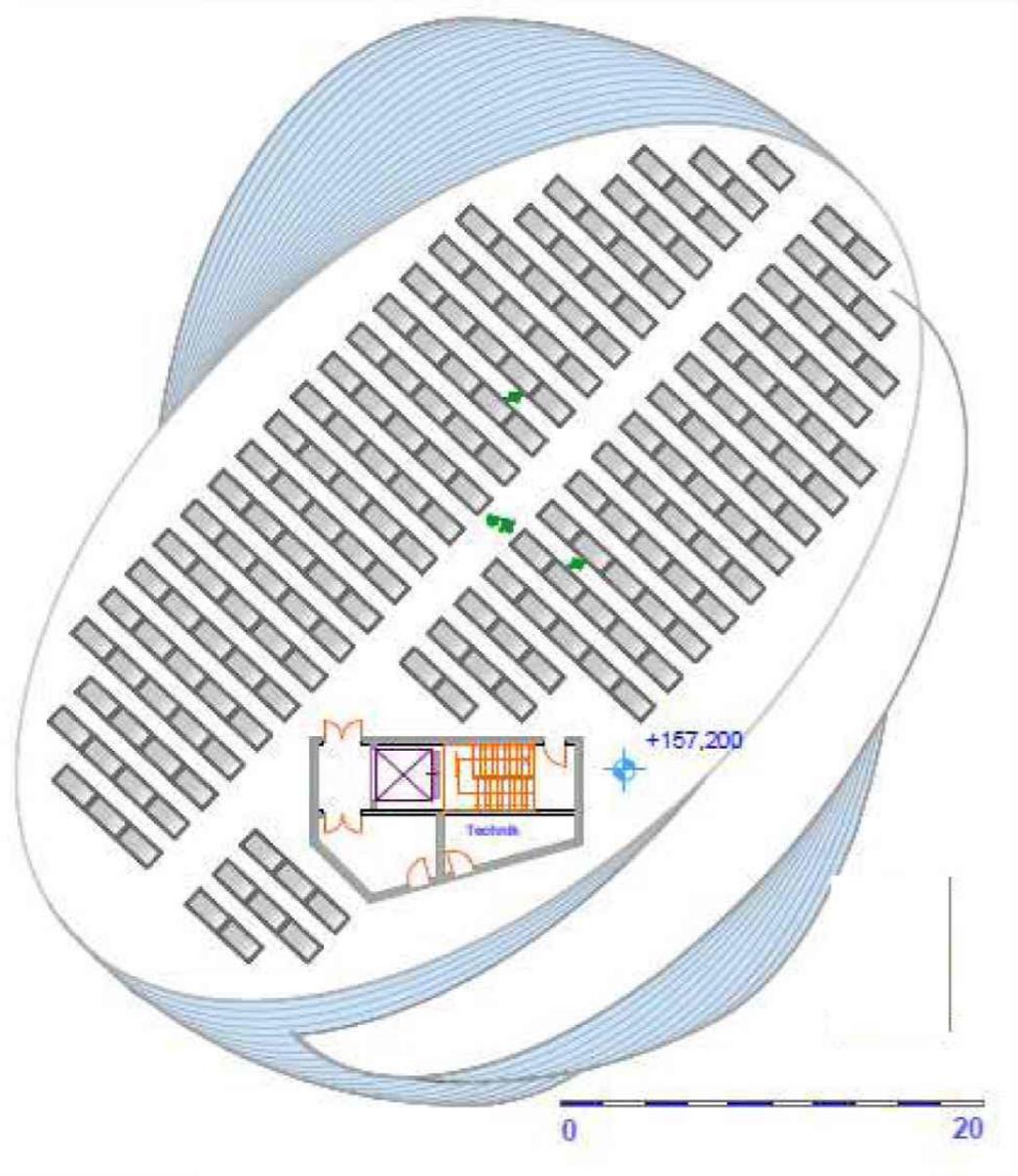


Abb. 142 Solarkollektoren -Dach



Abb. 143 Ein Photovoltaic modul



Abb. 144 Eingangs dach -Photovoltaik

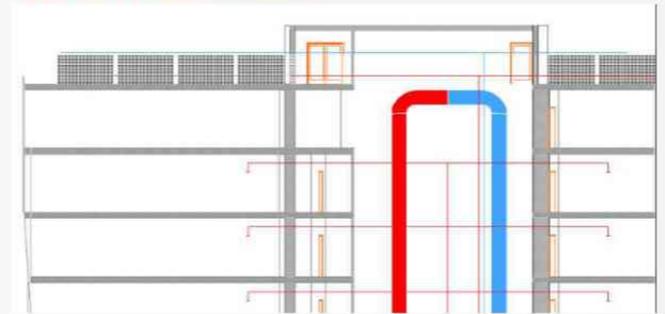


Abb. 146 Solarkollektoren - detail



Abb.145 3d schnitt -Solarkollektoren

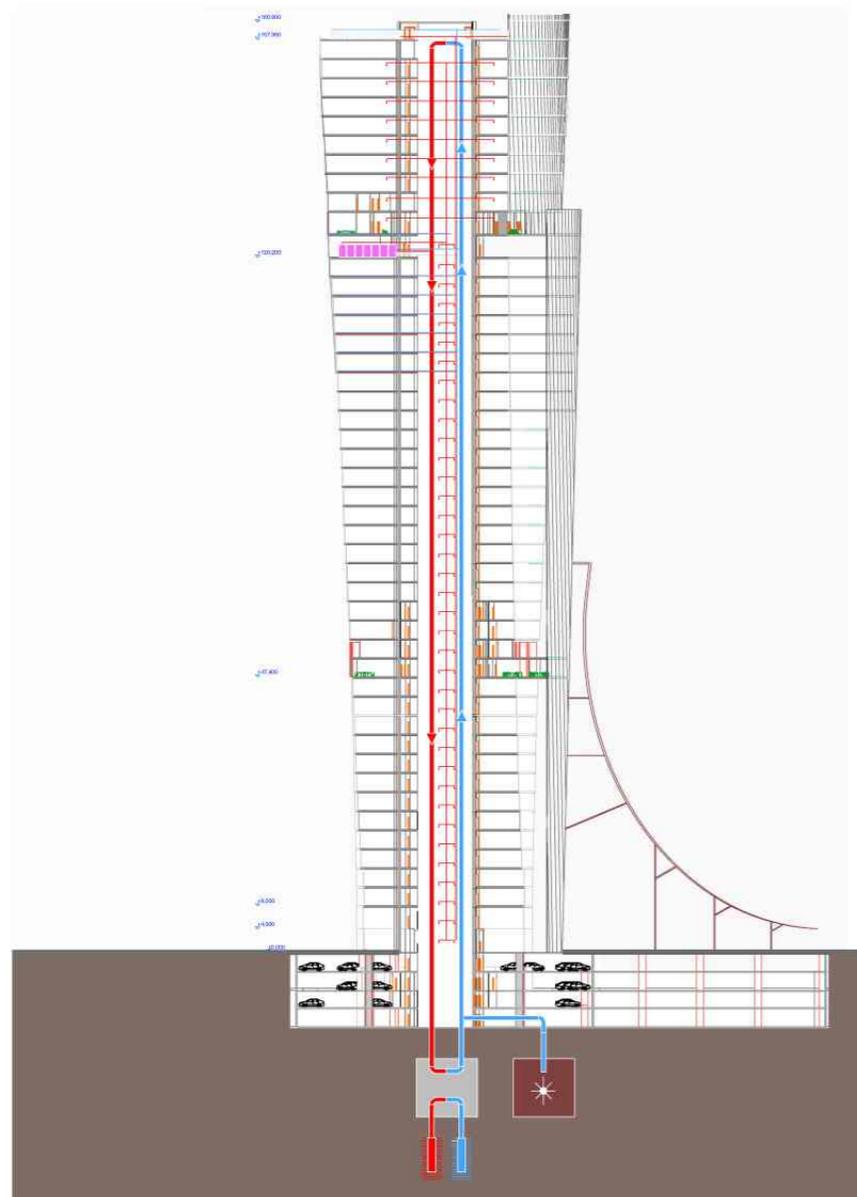


Abb. 147 Schnitt-erneuerbare energie

5.3 Erneuerbare Energie

Es war mir ein Anliegen, den Einsatz der erneuerbaren Energien zu überprüfen. Nach Untersuchung der bestehenden technischen Möglichkeiten habe ich mich für eine netzgekoppelte Photovoltaikanlage entschieden. Diese Art der Anlagen sind im Stande, den Überschuss an Elektrizität in das Stromnetz einzuspeisen. Dabei gibt es im gegebenen Fall zwei Arten der Installation der

Solarzellen:

- in die Fassaden integrierte Photovoltaikpaneele, also senkrecht montiert und
- auf den Dächern der Türme montierte Photovoltaikpaneele, die optimal ausgerichtet werden können.

Die Leistung jeder Photovoltaikanlage (also das sogenannte PMPP - die maximale Leistung, die ein Photomodul abgeben kann) hängt von zwei Größen ab. Diese Größen sind:

- die zur Verfügung stehende Fläche,
- der Wirkungsgrad der Solarzellen.

Jede Solarzellenart hat einen eigenen Wirkungsgrad, der vom Material, aus dem die Zelle ist, abhängt.

Die installierbare Photovoltaikleistung berechnet man näherungsweise mit folgender Formel:

$$PMPP = A * h * 1 \text{ kW/m}^2$$

wo:

**A = Fläche der Photovoltaikmodule und
h = der Modulwirkungsgrad der Photovoltaikmodule ist.**

Die installierbare Photovoltaikleistung ist eine theoretische Grösse, da sie nicht der tatsächlichen Leistung entspricht. Um die tatsächliche Leistung ermitteln zu können, muss man noch den Wirkungsgrad der Anlage in Abhängigkeit von der horizontalen Ausrichtung und der vertikalen Neigung berücksichtigen.



Abb. 148 Photovoltaik fassade

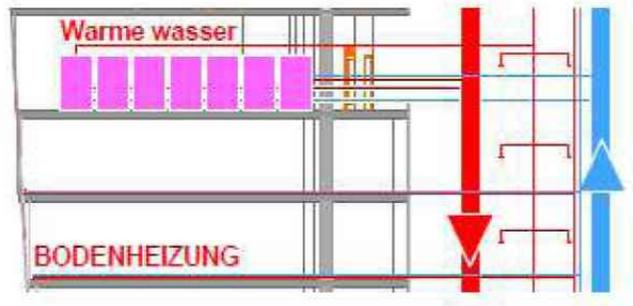
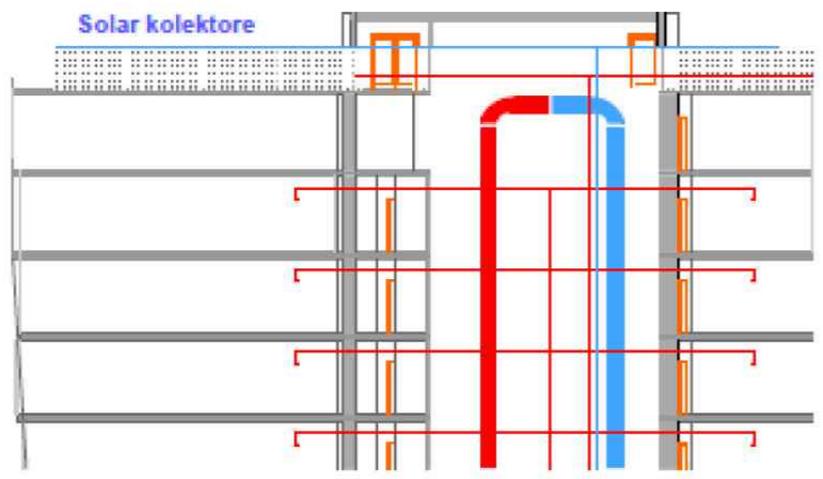


Abb.149 Heizkessel- detail

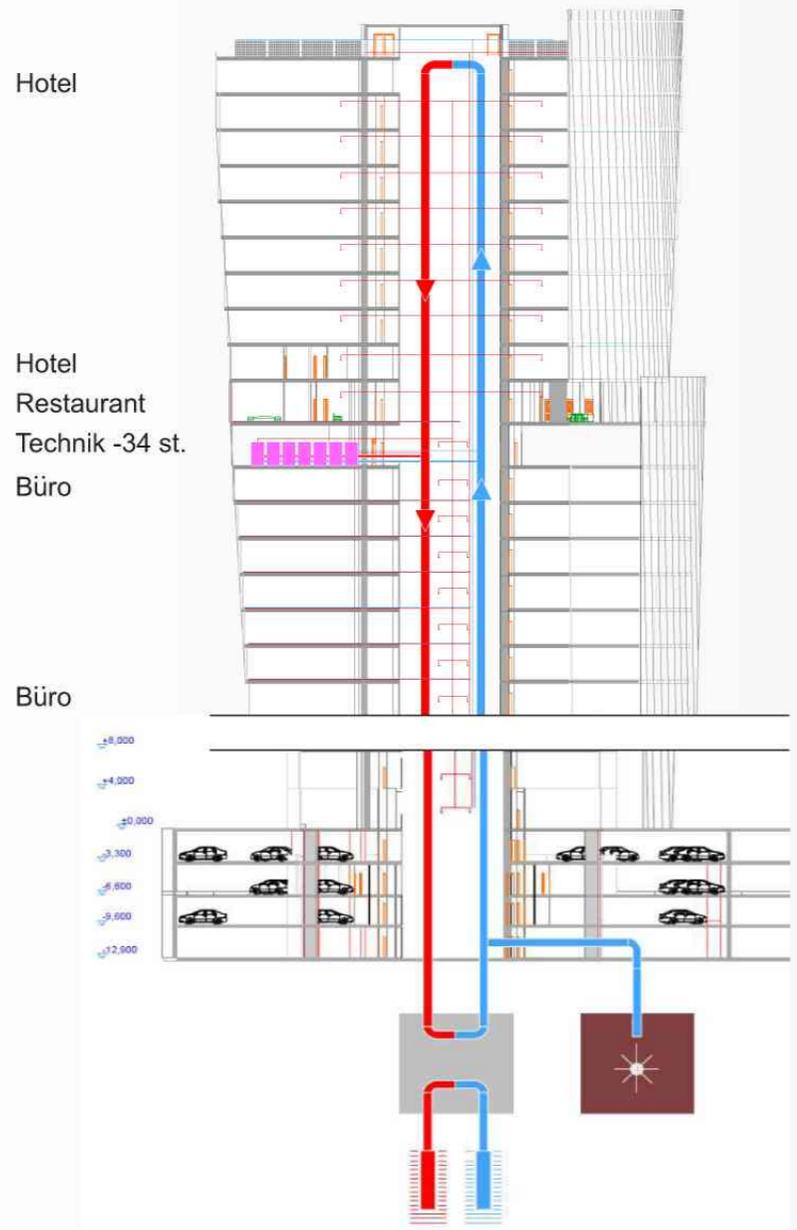
Für senkrecht montierte Photovoltaikmodule gilt es, dass ein Wirkungsgrad von maximal 80% noch erreicht werden kann, vorausgesetzt die Anlage ist nach Süden ausgerichtet bzw. weicht von der Südrichtung um nicht mehr als ca. 30-35° ab. In all en anderen Fällen sinkt der Wirkungsgrad unter 80%, sogar auf nur 50%.Durch die optimale Ausrichtung der Solarzellen - also direkt nach Süden und mit der vertikalen Neigung von 30 bis 35° - lassen sich die Wirkungsgrade um ca. 10% steigern und betragen im Optimalfall 110%. Das gilt aber nur für Photovoltaikanlagen, die auf Dächern montiert werden. Diese Anlagenhaben aber im Gegenteil zu den senkrecht montierten den Nachteil,dass man wegen der Verschattungsverluste nicht die ganze zur Verfügung stehende Fläche ausnutzen kann. Dabei geht es darum,dass bei tieferstehender Sonnesich die hintereinander stehenden Modulreihen gegenseitig verschatten.Deswegen wird als Faustregel angenommen, dass ein Abstand von zwei Modulhöhen zwischen den Reihen eingehalten werden soll.



Abb. 150 Ein Photovoltaic modul 2



Abb. 151 Heizkessel



Aus den oben beschriebenen Gründen habe ich entschieden, die senkrechten, in die Fassade integrierten Photovoltaikmodule nur in diesen Teilen der Fassade einzusetzen, deren Ausrichtung um nicht mehr als 65° von Südausrichtung abweicht. Das garantiert einen Wirkungsgrad von mindestens 75%. Die auf den Dächern montierten Photovoltaikmodule werden optimal ausgerichtet, direkt nach Süden und mit Neigung von 35°, was den optimalen Wirkungsgrad von 110% sichert. Damit können die höchsten Wirkungsgrade erzielt werden und die Wirtschaftlichkeit der Anlage wird auf diese Weise optimiert. Für die senkrecht montierten Paneele stehen an den Fassaden folgende Flächen zur Verfügung:

- Dach - 460 m²
- Eingangsdach 1360 m²
- Fassade 3000 m²
- Das ergibt in Summe 4.820 m².

Mit der oben erwähnten Formel können die jeweiligen installierbaren Leistungen ermittelt werden. Unter der Annahme, dass monokristalline Siliziumzellen mit einem typischen Modulwirkungsgrad von 0,15 (15%) zur Anwendung kommen, betragen diese Leistungen für die Eingangsdach ca. 288,7 kWp und für die Dächer ca. 35,4 kWp. Wenn noch zusätzlich die Gewinne oder Verluste aus der Ausrichtung und Neigung berücksichtigt werden, reduziert sich die Leistung der Fassadenanlage um ca. 20%, die Leistung der Anlage auf den Dächern steigt um ca. 10%.

Die Gesamtleistung der Anlagen beträgt:

- Eingangsdach PMPP * 80% = 1.360 m² * 0,15 * 0,80 = 163,20 kWp
- Dach * 110% = 460 m² * 0,15 * 1,10 = 75,90 kWp
- Fassade * 80% = 3000 m² * 0,15 * 0,80 = 360 kWp
- Summe = 599,10 kWp

Abb.152 Detail 6

Technische Gebäude Systeme

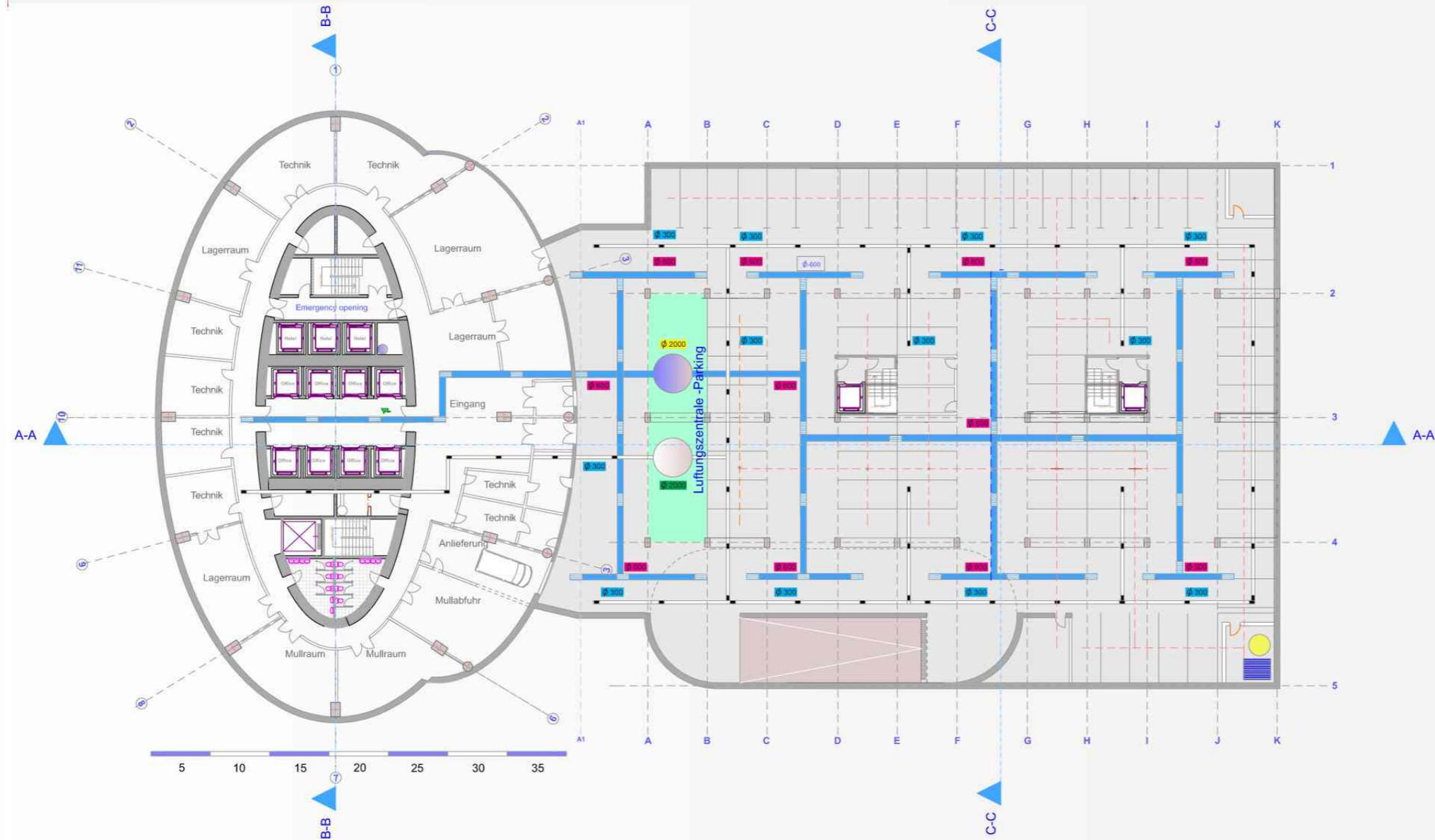


Abb.153 Technische Gebäude Systeme

5.4 Abbildungsverzeichnis

DIPLOMARBEIT	3-4
abstract.....	4
1.1 Grundlage	5
Abb.1 Eiffelturm-Paris- 1899.....	5
Abb.2 Burj Khalifa -Dubai 830 m. Bj.2010.....	5
1.2 Geschichte	6
Abb.3 Die Pyramiden von Gizeh.....	6
1.3 Mittelalterliche Wohntürme	7
Abb.4 Mittelalterliche stadt, San Gimignano, Itailija.....	7
Abb. 5 Rekonstruierte Stadtansicht von Bologna im 13. Jahrhundert nach Angelo Finelli 1917.....	7
Abb 4a.Turm Prendiparte (60 m).....	8
Abb. 5a Turm Azzoguidi-61 Meter Höhe.....	8
1.4 19. Jahrhundert	9
Abb.7 W.Le Baron .Home InsuranceBuilding 1884.....	10
Abb.8 R.H. Robertson,Park Row Building, 1899.....	10
Abb.9 I.C.Pastor,Edificio Telefonica,1929.....	10
Abb.10 Shreve,Lamb,Herman,Empire State Building,1931.....	10
Abb.11 Macht den Aufzug auch für Personen sicher – Elisha Graves Otis ,1852.....	10
Abb. 12 Singer Building 187 m.1908 Jhd.....	10
Abb. 13 Met Life Tower 213 m.1909 Jhd.....	10
Abb. 14 Chrysler Building 319 m.1930 Jhd.....	10
1.6 21. Jahrhundert	11
Abb. 15. China Central Television- Peking, Höhe 234 m.Eröffnung: 2009 arh. Rem Koolhaas.....	11
Abb. 16 „Kuala Lumpur, Malasya, Höhe 310 m. Eröffnung: 1999 arh. César Pelli.....	11
Abb. 17 „Burj Khalifa-DubaiHöhe 828 m. Eröffnung:2010arh.Adrian Smith.....	11
Abb. 18 „Shanghai Tower, ChinaHöhe 632 m. Eröffnung:2014arh.Gensler.....	11
Abb. 19 The Shard—London, UK. Height: 1,017.06 feet.....	12
Abb. 20 „Capital Gate, Abu Dhabi Höhe 160 m. Eröffnung:2011 arh.RMJM Dubai.....	12
Abb. 21 Turning Torso im schwedischen Malmö.....	12

1.7 Verdrehte Wolkenkratzer	13
Abb. 22 Dubai Tower 2011 J.....	13
Abb. 23 Diplom arbeit-Tower-Banjaluca.....	14
Abb. 24 Dynamic Tower.D.Fisher.....	14
Abb. 24 a„Turning Torso“ Malmö- Schweden.....	13
Abb. 25 Infinity Tower in Dubai.....	13
Abb. 26 Avaz Twist Tower in Sarajevo (Bosnien).....	13
Abb. 27 Absolute World in Toronto:.....	13
Abb.28 Evolution Tower in Moskau:.....	14
Abb.29 Mode Gakuen Spiral Towersin Japan.....	14
Abb.30 Revolution Tower in Panama City:.....	14
Abb.31 Shanghai Tower-arh Gensler IL. 2014 J.....	14
1.8 Konzept	16
1.9 Schematische Darstellung der 20 weltweit höchsten Gebäude in 2020	17
Abb.32 Schematische Darstellung der 20 weltweit höchsten Gebäude in 2020.....	17
Abb.33 Der Status der "höchsten 20 im Jahr 2020"-Projekte.....	18
Abb.35 Die Verwendung des "höchsten 20 im Jahr 2020"-Projekte.....	18
1.10 Vergangenheit, Gegenwart und Zukunft der Wolkenkratzer	19
Abb.36 Vergangenheit, Gegenwart und Zukunft der Wolkenkratzer.....	19
1.11 Vergangenheit, Gegenwart und Zukunft der Europäischen Wolkenkratzer	21
Abb.37 Vergangenheit, Gegenwart und Zukunft der Europäischen Wolkenkratzer.....	22
1.12 Evolution of Structural Systems	23
Abb.38 „Evolution of Structural Systems“.....	24
1.13 Structural Systems	25
Abb.39 „Evolution of Structural Systems“ (Stahl).....	25
Abb.40 „Evolution of Structural Systems“ (Stahlbeton).....	25
1.14 Hochhuser und ihre Konstruktionsprinzipenä	27
Abb.41 Hochhauser und ihre Konstruktionsprinzipen.....	27

1.16 Vergleich der kernsysteme	31
Abb.42 Kern mit StützenVertikal und Horisontallastverteilung.....	31
Abb.43 links: reines kernsystem (h/bk~ 21 !).....	33
Abb.44 links: enge pfahlstellung, hohe lasten aus kernmoment.....	34
1.17 Vergleich der kernsysteme	33
Abb. 45 seitliche verformungen 10-fach überhöht.....	33
Abb. 46 verbesserung um den faktor 5.....	34
1.18 Capital Gate Abu Dhabi	35
Abb.47 Capital Gate Abu Dhabi und Zayed- Sports-City-Stadionsi, Vereinigte Arabische Emirate 2011.....	35
Abb.48 Capital Gate Abu Dhabi, 2011 Architect RMJM Dubai.....	36
1.19 Capital Gate -Konstruktion (Kernsysteme)	37
Abb.49 Der Grundriss des Ortbetonkerns ist durch einen elliptischen Grundriss gekennzeichnet und eine Vielzahl an Schächten gekennzeichnet.....	37
Abb.50 Stahlbeton konstruktion.....	37
Abb.51.KERN-Systeme -Capital.....	38
Abb.52 Stahl konstruktion.....	38
Abb.53 Stahl konstruktion.....	38
Abb.54 Capital Gate Gebäude, das schiefste Gebäude der Welt mit 18 Grad Neigung,160 Meter hoch, Abu Dhabi, Vereinigte Arabische Emirate.....	38
1.20 Capital Gate-Glass Panelle	39
Abb.55 Eingangs Photovoltaich dach.....	39
Abb.56 Glass Instalazion.....	39
Abb.57 Glass Panell.....	40
Abb.58 Restaurant.....	40
Abb.59 Glass Fassade.....	40
2 Stadt Banja Luka	
2.1 Banja Luka	41
Abb.60 Die Kathedrale von Banjaluka.....	41

2.2 Geschichte der Stadt Banja Luka	42
Abb.62 Panoramablick auf Banja Luka.....	42
2.3 Bosnien und HerzegowinaBanja Luka	43
2.4 Geographie	43
Abb.63 Banja Luka	43
Abb.64 Banja Luka,Zentrum	43
Abb.65 Bosnien und Herzegowina, Banja Luka.....	44
2.5 Heutige Situzion	45
Abb.66 Zentrum (Google Earth).....	45
Abb. 67 Regierungssitz der Republika Srpska und Geschefts gebaude Integral.....	46
2.6 Geschichte	47
Abb.68 Römischen Brunnen 2 Jh.....	47
Abb.69 Ferhadija-Moschee.....	47
Abb.70 Die Burg Kastel.....	48
Abb. 71 Krajina-Platz.....	49
Abb.72 Hauptbahnhof, erbaut 1891 während der k.u.k.-Zeit.....	49
Abb 73 City Park - Petar Kocic.....	49
Abb.74 Rathaus von Banja Luka.....	49
Abb.75 Kraina platz 1912.....	50
2.7 Verkehr	51
Abb. 79 Anschluss an die Autobahn A3 (Zagreb–Belgrad)	51
Abb. 80 Flughafen Aleksandrovac.....	51
2.8 Wirtschaft	51
Abb. 81 Regierungssitz der Republika Srpska.....	52
3. Der Standort	
3.1 Formfindung	53-54
3.2 Bauplatz	55-58
Abb. 82 Bauplatz.....	49
3.3 Das Panoramaphoto	59-60
Abb.83 Das Panoramaphoto.....	59



1.16 Vergleich der kernsysteme.....	31
Abb.84 Bauplatz photo.....	61
4. Entwurfsprozess	
4.1 Lageplan.....	67-68
Abb.85 Lageplan.....	67
Abb.86 Dach.....	68
4.2 Tiefgarage -4.....	69-70
Abb.87 Tiefgarage -4.....	69
4.3 Tiefgarage -3.....	71-72
Abb.88 Tiefgarage -3.....	71
4.4 Tiefgarage -2.....	73-74
Abb.89 Tiefgarage -2.....	73
4.5 Tiefgarage -1.....	75-76
Abb.90 Tiefgarage -1.....	75
4.6 Erdgeschoss.....	77
Abb.91 Erdgeschoss.....	77
4.7 Erste und zweite Stock.....	78
Abb.92 Erste und zweite Stock.....	78
4.8 Buros 3-33 Stock.....	79-80
Abb.93 Buro 14 Stock.....	80
Abb.94 Buro 18 Stock.....	81
Abb.95 Buro 3-33 Stock.....	81
4.11 Hotel 36-45 St.....	83-84
Abb.98 Hotel-grundriss.....	83
Abb.99 Hotel-schaubilder.....	84
4.12 Schnitt 1-1.....	85
Abb.100 Schnittbilder.....	85
Detail 1.....	86
Abb.100 a Schnittbilder.....	86
4.13 Fassaden ansicht.....	87
Abb.101 Fassaden ansicht.....	87
4.14 Statik und Konstruktion.....	89
Abb.102 Statik und Konstruktion.....	89-90
4.15 Tiefgrundungen.....	91-92
Abb.103 Herstellen eines Ortbetonrammflahes mit Innenraummung.....	91
Abb.104 Phalbohrmaschinenion.....	92
Abb.105 Einbaudes Bewehrungskorbes.....	92

4.16Tiefgrundungen-Statik und Konstruktion.....	93-94
Abb.106 Statik und Konstruktion.....	93
Abb.106a Tiefgrundungen,Pfähle und Anker.....	94
Abb.107 Einpressen von Beton durch Schneckenrohr.....	94
4.17Tiefgrundungen-Detail 2.....	95-96
Abb.108 Tiefgrundungen,schnitt.....	95
Abb.109 Tiefgrundungen schema.....	96
4.18 Evolutionsprinzip.....	97-98
Abb.109a Evolutionsprinzip.....	97
4.19 Schaubilder.....	99
Abb.110 Schaubilder.....	99-100
4.20 Glass fassade.....	101
Abb.111 Glassfassade-Schaubilder.....	101-102
4.21 Glass fassade (beispiel).....	103
Abb.112 Glassfassade-beispiel.....	103-104
4.22 Atrium 30-36 St.....	105
4.23 Detail 3.....	105
Abb.113 Glassfassade-Atrium.....	106
Ab/aufgehangte geschosse.....	107
Abb.114 Ab/aufgehangte geschosse.....	107
Abb.115 Glassfassade-Atrium	108
Abb.116 Glassfassade-Atrium 1.....	108
Abb.117 Atrium ab/aufgehangte geschosse,schnitt.....	108
4.24 Hotel , ab/aufgehangte geschosse,.....	109
Abb.118 Hotel- Ab/aufgehangte geschosse,schnitt.....	109
Abb.119 Baumen.....	109
Abb.120 Glassfassade-Atrium.....	110
4.25 Model.....	111
Abb.121 Modelphoto.....	111-112
Abb.122 Model.....	113-114
Abb.123 Model.....	115-116
4.26 Aufzuge.....	117-118
Regeneratives System	
Abb.124 Regeneratives System-darstellung.....	117
Abb.125 Regeneratives System-Photo.....	118
4.27 Aufzuge-Plan.....	119
Abb.126 Aufzuge-schema.....	119
Abb.127 Aufzuge-schema.....	120
Abb.128 3D Schnitt.....	120



4.28 Einbahnaufzüge	121
Abb.129 Detail.....	121
Abb.130 Schnitt.....	122
4.29 Einbahnaufzüge	123
Abb.131 Detail 5.....	123-124
Abb.132 Aufzüge-Plan.....	125
5 Erneuerbare Energie	127
Abb.133 Weltweite Neuinvestitionen nach unterschiedlichen Energieträgern im Jahr 2011.....	127
Abb.134 Verteilung der erneuerbaren Energien 2012 in Deutschland (Stromsektor).....	128
Abb.135. Veränderung des weltweiten Energiemixes bis 2100.....	128
Abb.136 Diagramm.....	129
Abb.137 Wirkungsgrade der Solarzellen in Abhängigkeit von Zellmaterial.....	130
Abb.138 Ein Photovoltaic modu.....	130
Abb. 139 Funktionsprinzip einer Solarzelle.....	130
5.2 Monatliche Durchschnittstemperaturen	131
Abb.140 Monatliche Durchschnittstemperaturen und -niederschläge für Banja Luka.....	131
Abb.141 Klimadiagramm-Banja Luka.....	132
Abb. 142 Solarkollektoren -Dach.....	133
Abb. 143 Ein Photovoltaic modu.....	133
Abb.145 3d schnitt -Solarkollektoren.....	134
Abb. 146 Solarkollektoren - detail.....	134
5.3 Erneuerbare Energie	135
Abb. 147 Schnitt-erneuerbare energie.....	135
Abb. 148 Photovoltaik fassade.....	136
Abb.149 Heizkessel- detail.....	137
Abb. 150 Ein Photovoltaic modul 2.....	137
Abb. 151 Heizkessel.....	138
Abb.152 Detail 6.....	139
Abb.153 Technische Gebäude Systeme.....	141
5.4 Abbildungsverzeichnis	142-150
5.5 Unterlagennachweis	151

5.5 Unterlagennachweis

- 1) wikipedia.org/wiki/Banja_Luka
- 2) wikipedia.org/wiki/Wolkenkratzer
- 3) abudhabi.capitalgate.hyatt.com/en/hotel/home.html
- 4) gensler.com/vol5/shanghai-tower/
- 5) gb.bv.tum.de/download/skript/vorl-g-n.pdf
- 6) wikipedia.org/wiki/Erneuerbare-Energien-Gesetz
- 7) wikipedia.org/wiki/List_of_tallest_buildings_and_structures_in_the_world
- 8) gk.co.rs/operativa/visokogradnja/49/PLITKPO+I+DUBOKO+FUNDIRANJE.html
- 9) Membrankonstruktionen- Michael Seidel
- 10) bp.bgu.tum.de
- 11) scribd.com/doc/83547743/Tehnologije-Izvodjenja-Dubokih-Fundiranja
- 12) cone.com
- 13) wikipedia.org/wiki/Paternosteraufzug
- 14) schueco.com/web/de
- 15) Shanghai Tower-Curtain Wall
- 16) Diplomarbeit -Skyscraper for New, Elisa Colz
- 17) skyscrapercity.com
- 18) Diplomarbeit- 5-Sterne Hotel, Lukasz Gala
- 19) Detail.de
- 20) yu-build.rs
- 21) gradjevinarstvo.rs
- 22) die-wolkenkratzer.de



I hereby want to express my special gratitude to **Ao.Univ. Prof. Arch. Dipl.-Ing. Dr.techn. Manfred Berthold** for his generous support and overall expert guidance.

Majkic Aleksandar