

Silo ohne Fenster?

Lässt sich ein Silo vollständig von oben natürlich belichten, z.B. über Spiegel, die Tageslicht umlenken?

Das Atrium des Hongkonger Bankgebäudes von Norman Foster wird zum Beispiel über einen riesigen Spiegel vom Dach aus belichtet.

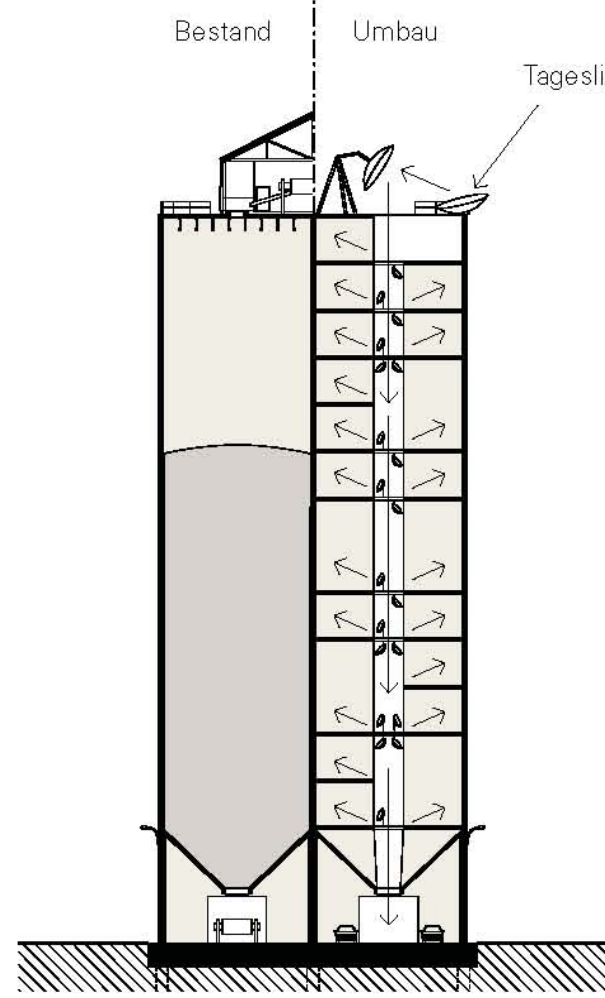
Theoretisch würde ein fensterloses Silo über ein Tageslichtsystem belichtet werden können.

Konstruktiv betrachtet ist ein fensterloses Flugzeug das Stabilste. Man gab jedoch dem natürlichen Bedürfnis des Menschen nach einen Blick nach draußen zu haben und baut eckige und runde Fenster in Flugzeugrümpfe.

Wohnen und Arbeiten in einer Silozelle mit Sonnenlicht über Umlenkspiegel und einem guten Belichtungssystem ersetzt dem Nutzer nicht die Atmosphäre und Orientierung, die er genießt, wenn er über ein Fenster verfügt. Deswegen wird ein Silo ohne Fenster nicht weiter in dem Entwurf überarbeitet. Eine Belichtungssystem über Spiegel bleibt interessant.



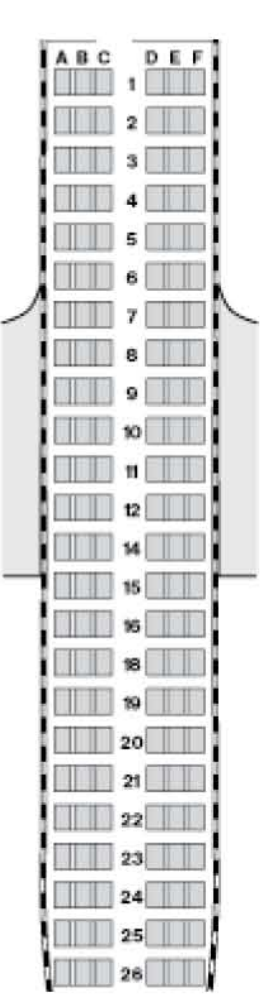
Hong Kong & Shanghai Bank
Norman Foster



Fensterlose Lösung mit Tageslichtsystem



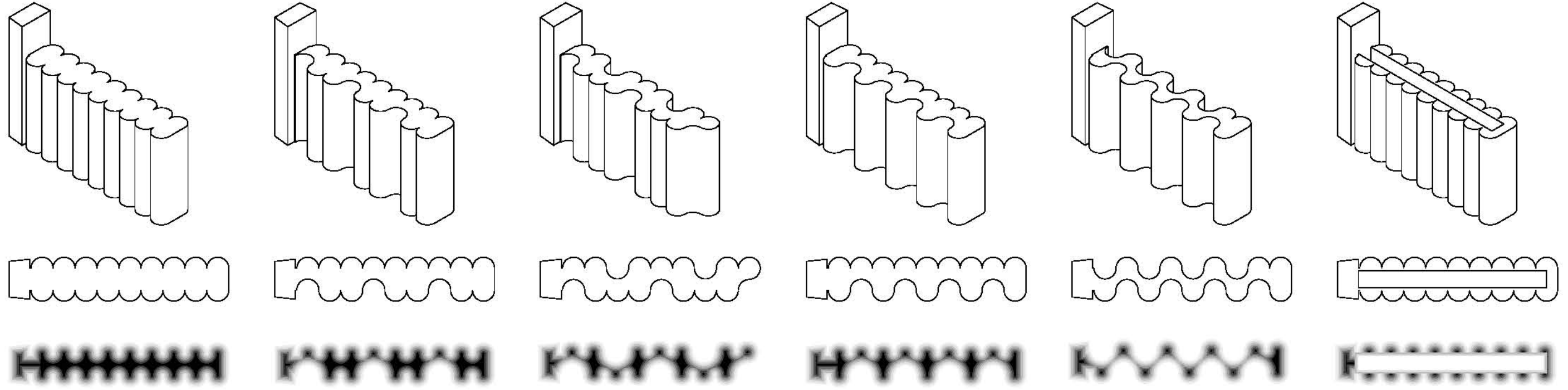
Passagierflugzeug, Rumpf



70 Fenster für die Passagiere
Grundriss, Airbus A320

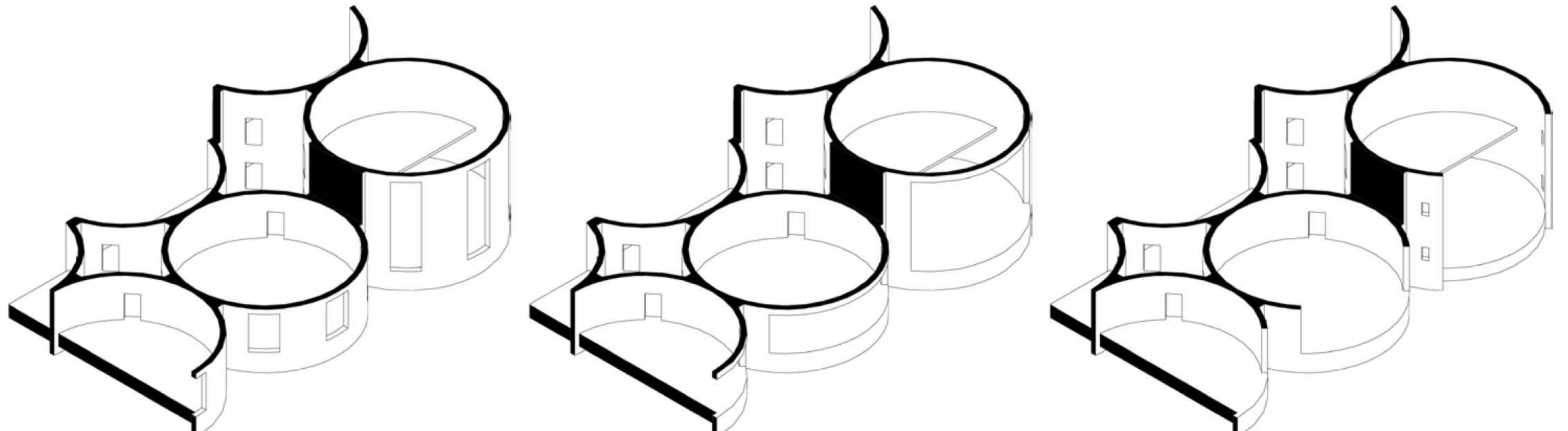
Belichtung durch Ausdünnung

Schematische Untersuchung der Belichtungsverhältnisse bei reduzierten Grundrissen. Für alle zweidimensionalen Skizzen gilt: Alle Maße sind gerundet. Der schwarze Kern im Belichtungsdiagramm beginnt nach 6 m Gebäudetiefe.

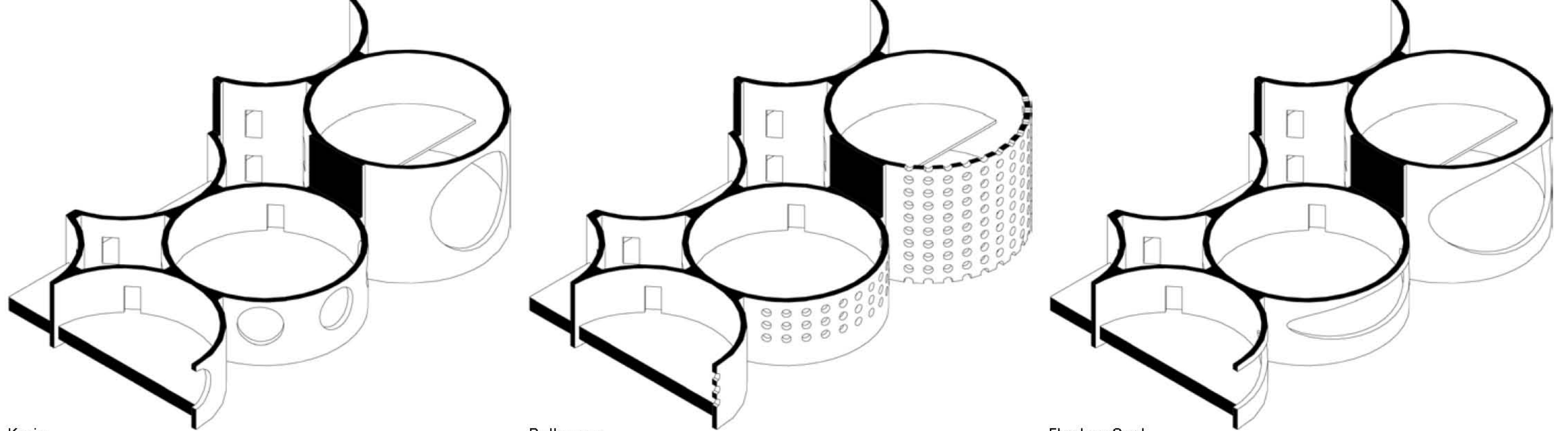


Ist-Zustand	Südhöfe	Mäander	Kamm	Zick Zack	Innerer Laubengang
Silos, erhalten: 18	Silos, erhalten: 18	Silos, erhalten: 15	Silos, erhalten: 13	Silos, erhalten: 14	Silos, erhalten: 10
Silos, abgerissen: 0	Silos, abgerissen: 0	Silos, abgerissen: 3	Silos, abgerissen: 5	Silos, abgerissen: 4	Silos, abgerissen: 8
Gebäudetiefe [m]: 26	Gebäudetiefe [m]: 26	Gebäudetiefe [m]: 13-26	Gebäudetiefe [m]: 13-26	Gebäudetiefe [m]: 13-26	Gebäudetiefe [m]: 13-26
Geschossfläche [m²]: 2930	Geschossfläche [m²]: 2930	Geschossfläche [m²]: 2540	Geschossfläche [m²]: 2270	Geschossfläche [m²]: 2420	Geschossfläche [m²]: 1900
Dunkler Kern [m²]: 440	Dunkler Kern [m²]: 440	Dunkler Kern [m²]: 250	Dunkler Kern [m²]: 140	Dunkler Kern [m²]: 160	Dunkler Kern [m²]: 30
⊕ Erhalt aller Silos	⊕ Wenig Abriß	⊕ Hofartige Ausschnitte	⊕ Hofartige Ausschnitte	⊕ Gute Belichtung	⊕ Klare Erschießung
⊕ Maximale Flächenausnutzung	⊕ Hofartige Ausschnitte	⊕ Ausgeglichenere Belichtung	⊕ Ausgeglichenere Belichtung	⊕ Statikproblem wahrscheinlich	⊕ Großer Innenhof
⊖ Belichtungsproblem	⊖ Noch große Gebäudetiefen	⊖ Abriß	⊖ Abriß	⊖ Erschließungsproblem	⊖ Sehr gute Belichtung
	⊖ Abriß			⊖ Großer Abrißaufwand	⊖ Statikproblem (Halbe Silos)
					⊖ Gefängnischarakter
					⊖ Großer Abrißaufwand
					⊖ Wenig Geschosflächenherhalt

Öffnungen in der Siloaußenwand

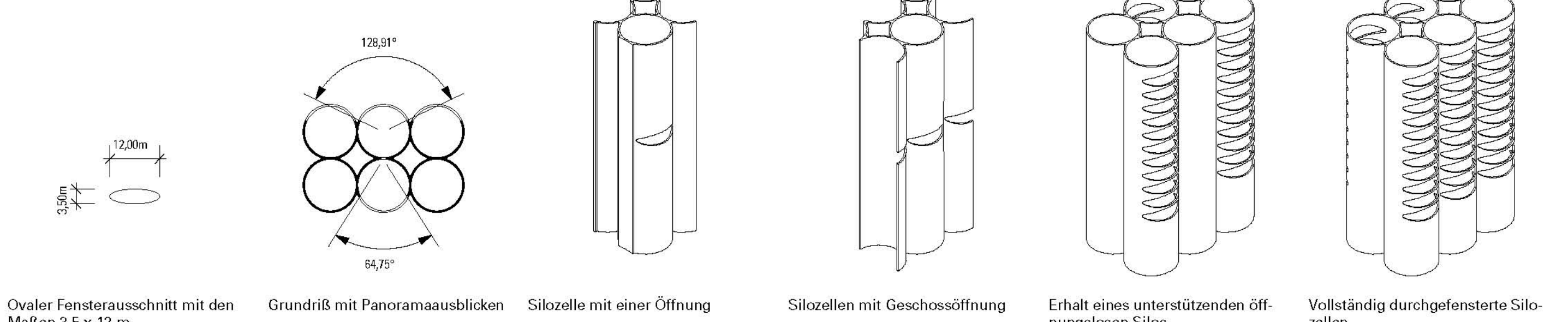


Standard (Oslo)	Panorama	Radikal vertikal
Fenstergröße [m]: 3x2	Fenstergröße [m]: 3x11	Öffnung [m]: 62x11
Fenstergröße, doppelt [m]: 7x2	Fenstergröße, doppelt [m]: 7x11	Seitenfenster [m]: 1x0,5
In dem meisten Referenzobjekten verwendet.	Große Öffnung, also weniger Lastabtrag, trotzdem instabile schmale Restsilowandstreifen.	Kerne übernehmen aussteifende Wirkung für aufgelöste Silowandsymmetrie
⊕ Einfacher Ausschnitt (Standardverglasung)	⊕ 100% Ausblickausnutzung	⊕ 100% Ausblickausnutzung
⊖ Kein innovatives Konzept	⊖ Verlust der Fassadeneinheit	⊖ Verlust der Fassadeneinheit
⊖ Dunkle Innenräume		



Kreis	Bullaugen	Flaches Oval
Durchmesser, klein [m]: 3	Durchmesser [m]: 40	Oval, flach [m]: 3x11
Durchmesser, groß [m]: 7	Anzahl/Geschoss: 33-44	Oval, groß [m]: 7x11
Ausreichende Belichtung nur mit zweigeschossiger Öffnung wahrscheinlich.	Gleichmäßige Belichtung (Einsatz für Nordfassade)	Große Öffnungen (weniger Last abzutragen)
	⊕ Erhalt der Fassadeneinheit	⊕ Gute Belichtung
	⊖ Komplizierte Herstellung (gekrümmter Kreis)	⊖ Verlust der Fassadeneinheit
	⊖ Hoher Herstellungsaufwand	⊖ Komplizierte Verglasung

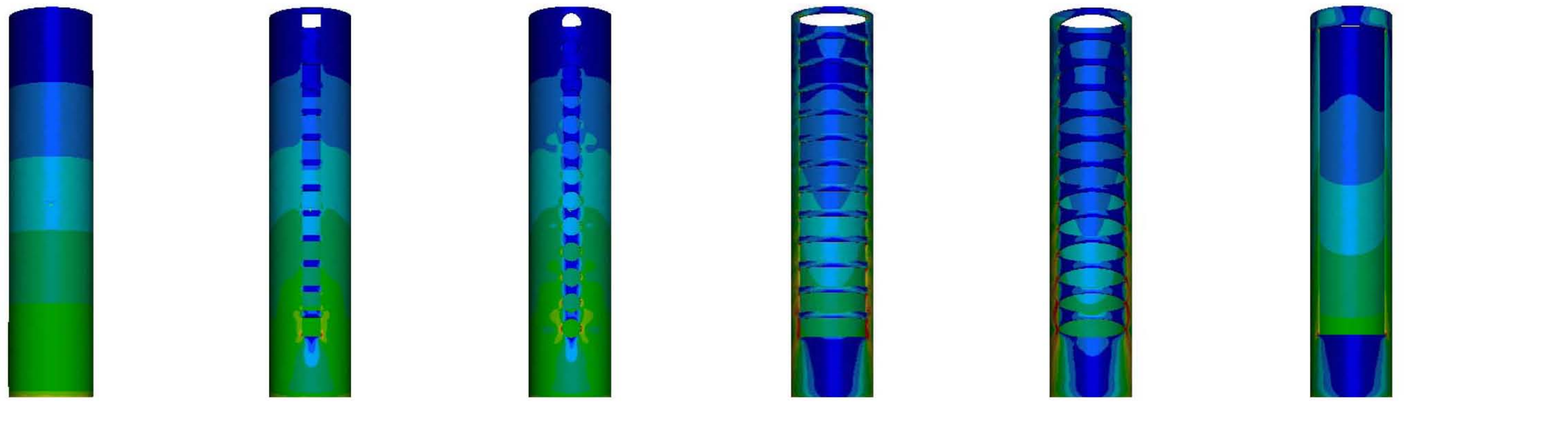
Flaches Ovalfenster am Baukörper



Ovaler Fensterausschnitt	Silozelle mit einer Öffnung	Silozellen mit Geschossöffnung	Erhalt eines unterstützenden offnungslosen Silos	Vollständig durchgefenesterte Silozellen
Maßen 3,5 x 12 m.				

Druckspannungen

Spannungsuntersuchung von Silozellen in Zusammenarbeit mit Daniel Roth, Student im Fach Luft- und Raumfahrt an der Universität Stuttgart, 15. Mai 2008



Standard	Quadrat	Kreis	Panorama	Flaches Oval	Streifen
keine Öffnung: 3	Öffnungsmaß [m]: 3x3	Öffnungsmaß [m]: 3x3	Öffnungsmaß [m]: 3	Öffnungsmaß [m]: 3x11	Öffnungsmaß [m]: 49x11
Max. Spannung [N/mm²]: 2,16	Max. Spannung [N/mm²]: 2,91	Max. Spannung [N/mm²]: 2,99	Max. Spannung [N/mm²]: 2,99	Max. Spannung [N/mm²]: 4,60	Max. Spannung [N/mm²]: 9,75
Sicherheitsfaktor (35x): 16,2	Sicherheitsfaktor: 12	Sicherheitsfaktor: 11,7	Sicherheitsfaktor: 11,7	Sicherheitsfaktor: 7,6	Sicherheitsfaktor: 3,6

Vorgaben für das Rechenmodell
 Höhe [m]: 62
 Innendurchmesser [m]: 12,5
 Wanddicke [m]: 0,4
 Material: Beton
 Dichte [kg/m³]: 2320

Für den Silobau wird in der Regel normaler Zement (PZ 35 F; C35/45) mit einer charakteristischen Druckfestigkeit von 35 N/mm² verwendet. (s. Silo-Handbuch, S. 449) det.

Ergebnis
 Keines der untersuchten Öffnungsmaße würde zu überhöhten Spannungen im Baukörper führen. Je größer die Fenster, umso weniger Eigengewicht liegt über den Fensteröffnungen.

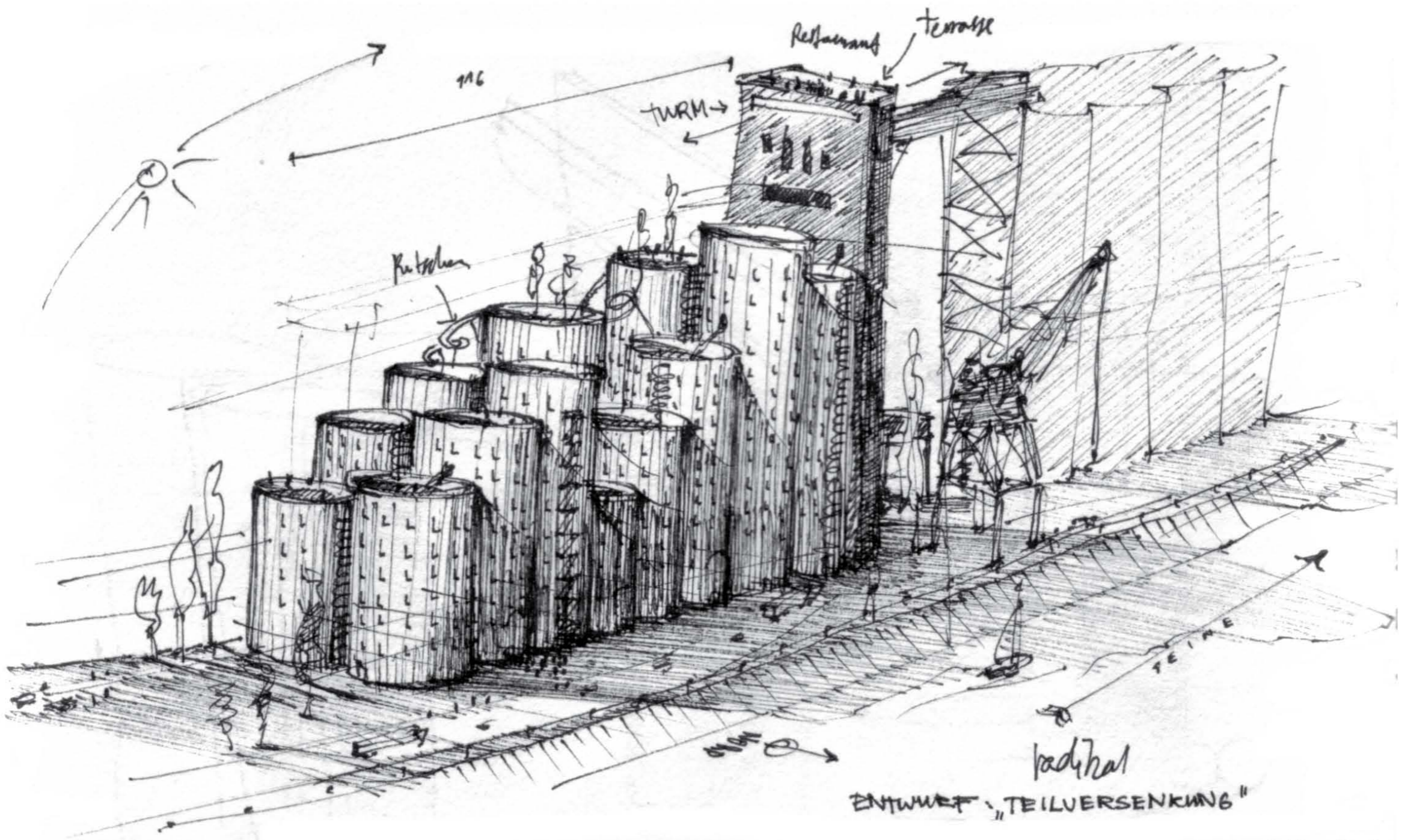
Die Idee ein einzelnes Silo zur Aussteifung komplett mit Beton, Wasser oder Erde zu befüllen, würde eine ungleiche Setzung des Bauwerks verursachen und zu Rissen führen.

Der feste Verbund von Silozellen in einem Block gibt dem einzelnen Betonzylinder eine höhere Stabilität. Wenn die Siloaußenwände stellenweise geöffnet werden, funktioniert die quadratische Zwischenzelle wie ein Rückgrat und stützt die Röhre gegen Querkräfte.

„Die kritischen Bereiche in den Fensterseiten sind zu vernachlässigen, da sich die Spitzenkräfte über feine unbedeutende Risse im Beton verteilen.“
 Burkhart Trost, Bauingenieur

Der Erhalt ganzer Silozellen ist zu vernachlässigen
 Der Erhalt ganzer Silozellen ist zu vernachlässigen

Siloblock mit 6 Zellen
 Ausschnitt
 Normale Kräfte
 Addition der abzutragenden Kräfte in den Ausschnitten der Wandaußenwände bei vertikaler Stäufung.
 Bessere Stützleistung bei Abnahme der Wandmasse, also Zunahme der Wandöffnung
 Lastabtragsskizze



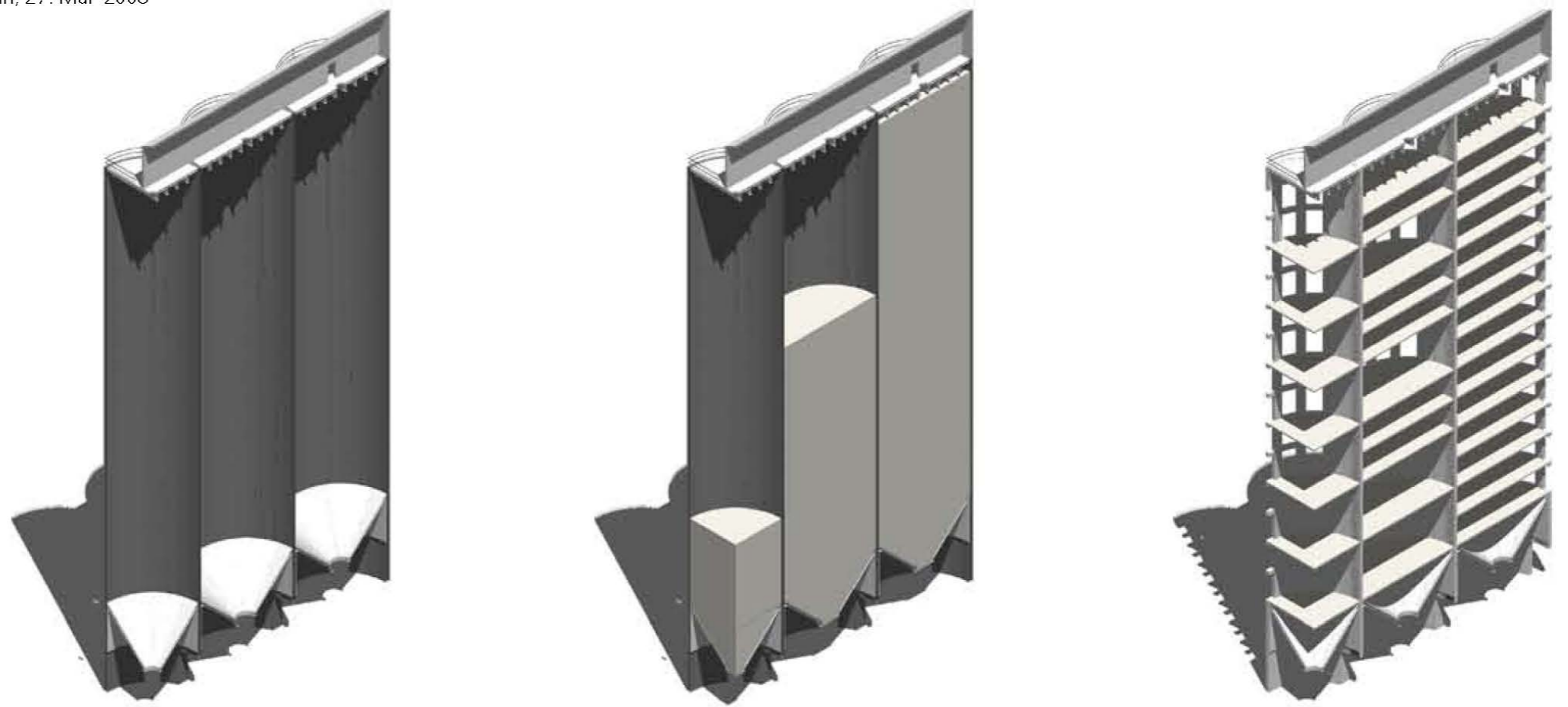
Gekrümmte Siloröhren mit Dachterrassen

Gegenüberstellung von Verkehrslasten

In Zusammenarbeit mit Burkhard Trost, Bauingenieur, Berlin, 27. Mai 2008

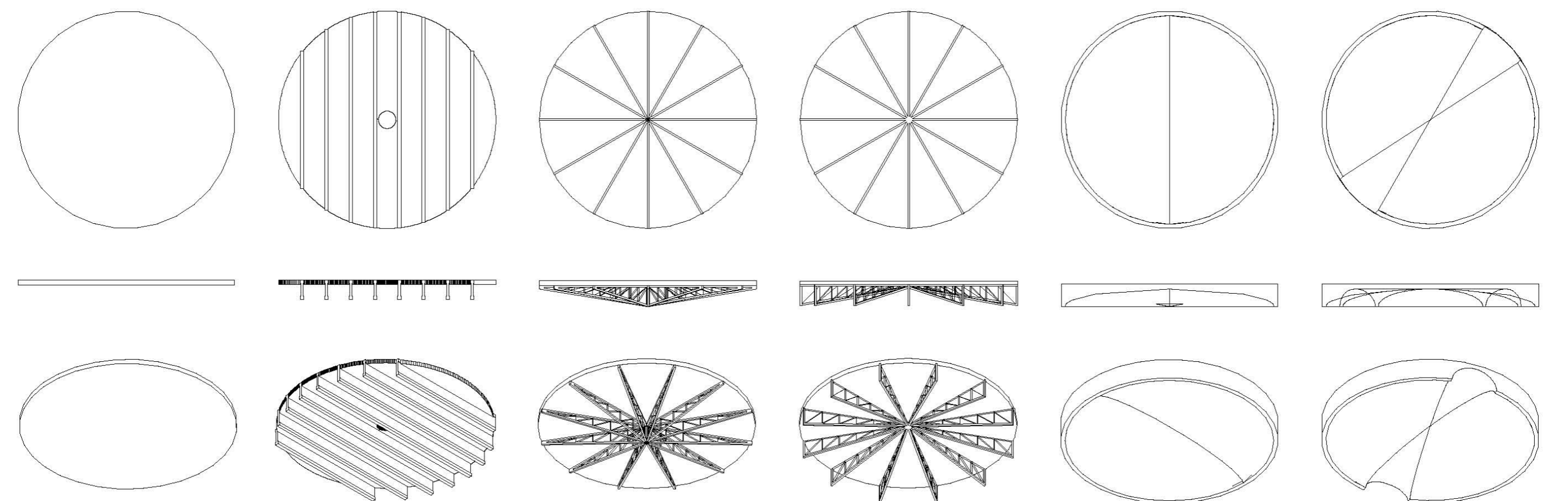
Annahmen

Bei dieser Berechnung sind keine Befüll- oder Entleerungslastfälle berücksichtigt, aus diesem Zusammenhang müssten sich weitere Sicherheiten ergeben. Unberücksichtigt sind allerdings die Fassadenlasten, die zusätzlich über den Beton abgetragen werden müssten. Der Lastfall von Radialkräften wird bei der Gegenüberstellung nicht berücksichtigt, da er im Soll-Zustand nicht auftritt.

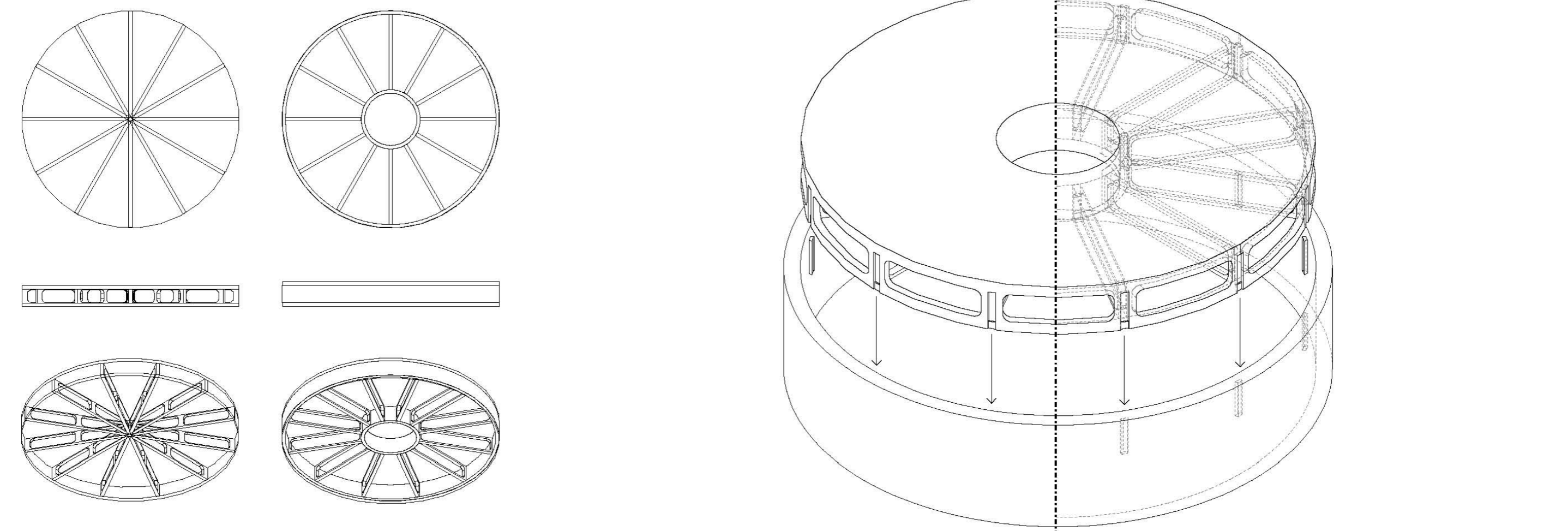


Siloabmessungen	Leerzustand	Wandreibung (Ist)	Verkehrslasten (Soll)	Vergleich	Ergebnis
Silohöhe, z [m]	62	Radius, r [m]	6,25	13	43
Wandstärke [m]	0,4	Weizen [γ, kN/m ²]	8	Np, Soll [MN]	28
Siloschnitt, A-A'	Nur Eigengewicht des Betonzylinders vorhanden.	Weizen [λ]	0,6	25	0,64
		Weizen [μ]	0,6	Np, Ist / Np, Soll [MN]	
		$z_0 = r / (\lambda * \mu)$ [m]	18,3	2,5	
		$\Theta = 1 - e^{-(z/z_0)}$	0,97	5	
		$N_p = \gamma * A * (z - z_0 * \Theta)$ [MN]	43	28	

Vorgefertigte Geschossdecken

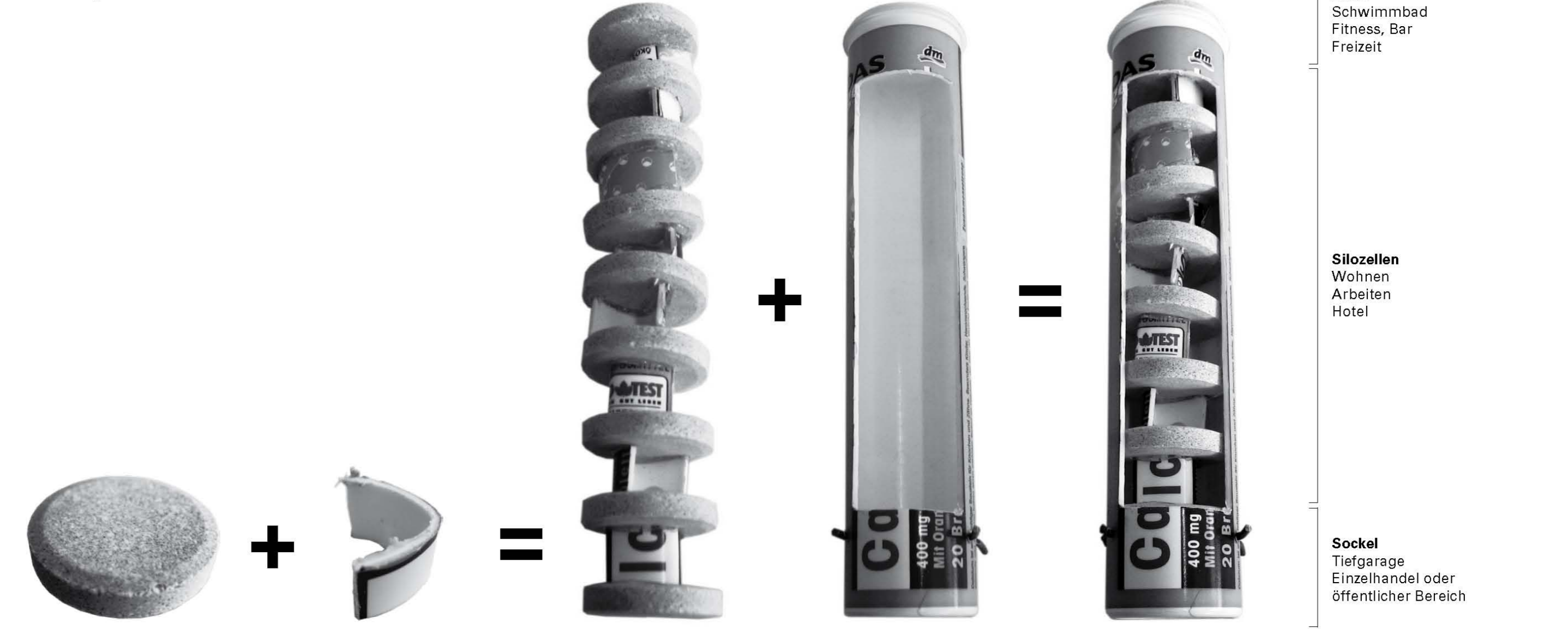


Stahlbetondecke	Silodecke	Sterndecke	Sterndecke, alternativ	Kuppeldecke	Kreuzgewölbe
Durchmesser [m]	12,5	12 Dreiecksträger in Kreisform angeordnet; wenig Kontakt zur Silowand	Wie Vorgänger, nur Dreiecke nach außen gerichtet; besserer Kontakt zur Silowand	Auflagerung mit flacher Kuppel zur Deckenstützung	Beispielhafte Darstellung einer Gewölbeausparung
Deckenhöhe [m]	0,3				
Unterkonstruktion fehlt	Vorhandene Deckelkonstruktion unterstützt durch vorgefertigte Stahlbetonträger (h=0,80m)				



Hohldecke	Ringdecke	Einbau	Silodecke	Kuppeldecke	Kreuzgewölbe
Stahlbetonträgerkreuz eingefasst von zwei runden Deckenplatten	Wie Hohldecke, nur mit aussteifendem Betonring (d=3m) in der Mitte	80 cm hohe Halterungen werden mit Bolzen an der Siloinnenwand befestigt.	Die Silodecke (h=1-1,4m) wird von oben durch das Silo eingeschoben und in den Halterungen arretiert.	Im Abstand von 7m Höhe werden sieben dieser Geschossdecken in einer Silozelle montiert.	Weitere Geschossunterteilungen erfolgen individuell als reine Aufbauarbeiten auf die Ringdecken.

Aufteilung



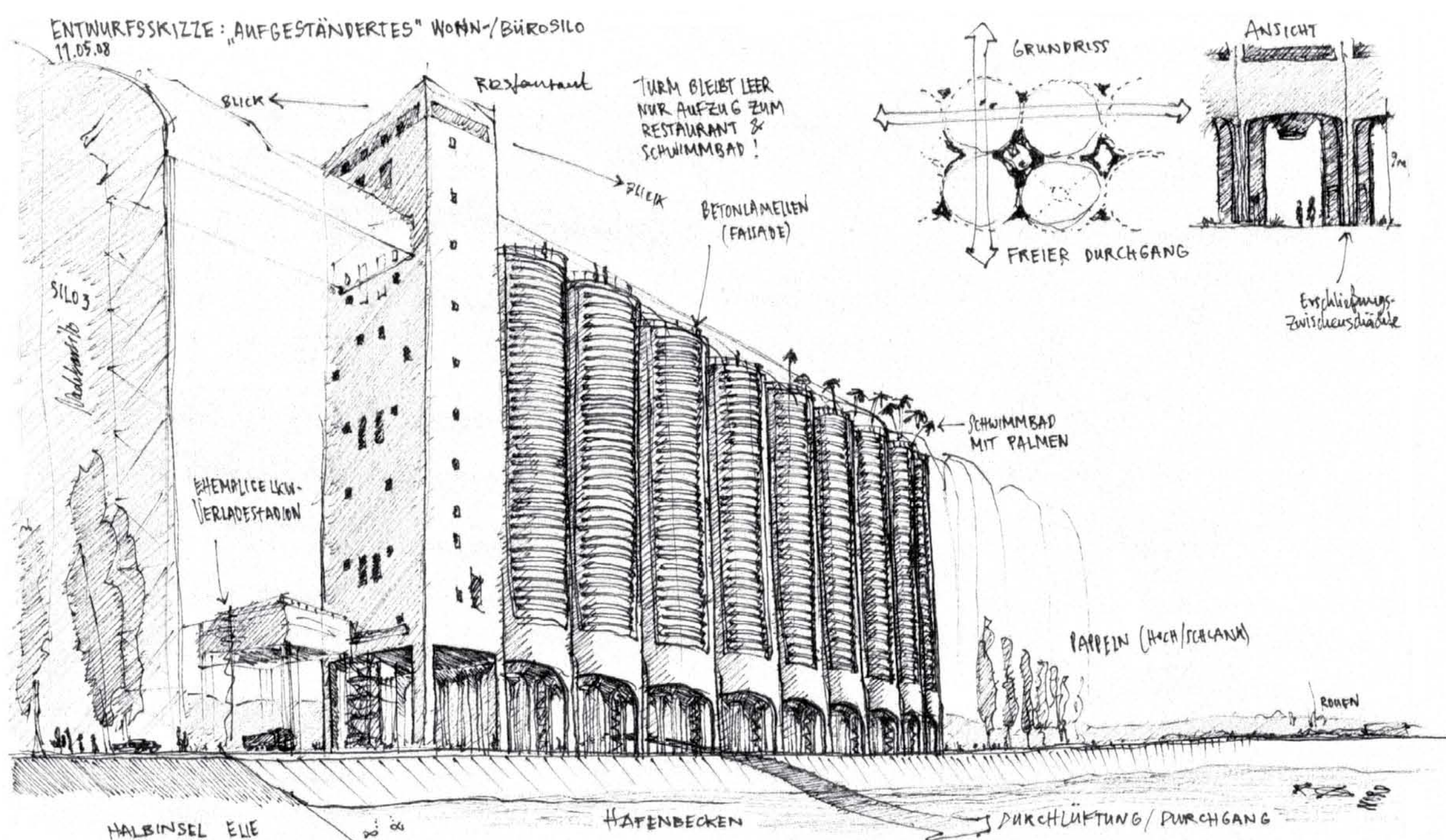
Geschossdecke	Zwischenwandaufbau	Innenstruktur	Silohülle	Wohnsilo	Zonen
Konstruktionshöhe [m]	0,6-1,4	2-7	50	62	6-36
Durchmesser [m]	12,5	1-3	12,5	13,3	2-7
Anzahl	7-9	1-3	bis 20	30-52	0-9,8
	Anzahl/Decke	Stockwerke			9,8-60
Geschossdecken werden in Silowand eingehängt	Zwischenwände ausschließlich auf Geschossdecke aufgebaut	Die Decken sind einzeln an der Innenwand befestigt	Silohülle mit radikal vertikaler Öffnung	Geeignetes Fassadenkonzept erforderlich	0-9,8 60-64

Sägen von Stahlbeton

Betonsägen sind notwendig zur Herstellung von Öffnungen in Silowänden. Für Bauteiltiefen über 70 cm werden Diamantsägen verwendet. Einfache geometrische Schnitte sind leichter auszuführen als beispielsweise unregelmäßig gekrümmte.



Zirkelbetonsäge (d=7-35cm) Betonsäge für Straßenfugen im Fahrbahnbelag Vertikale Betonsäge, bis 70 cm Sägetiefe Anfertigung von Türöffnungen

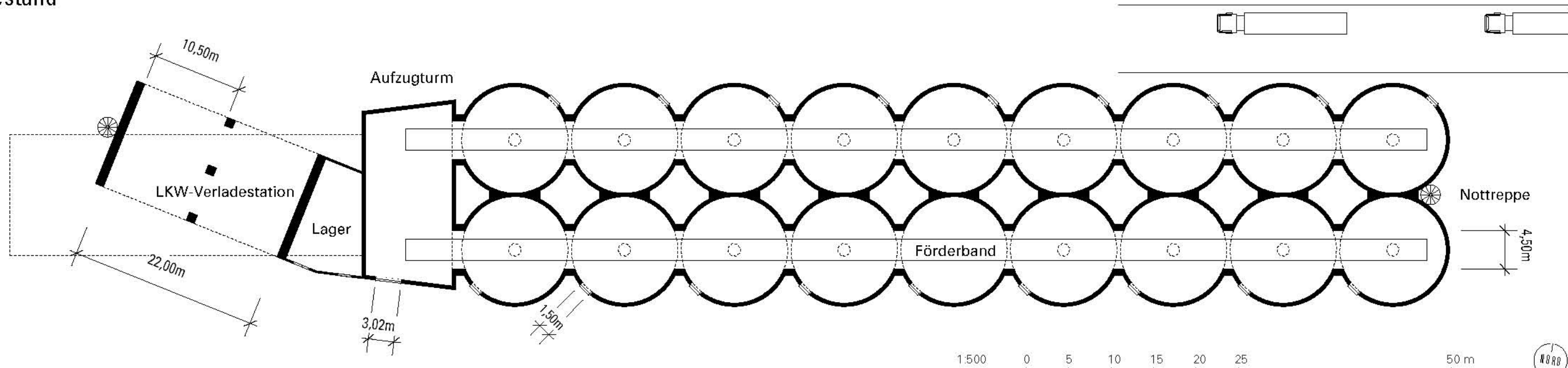


Aufgeständertes Silo mit Lamellenfassade

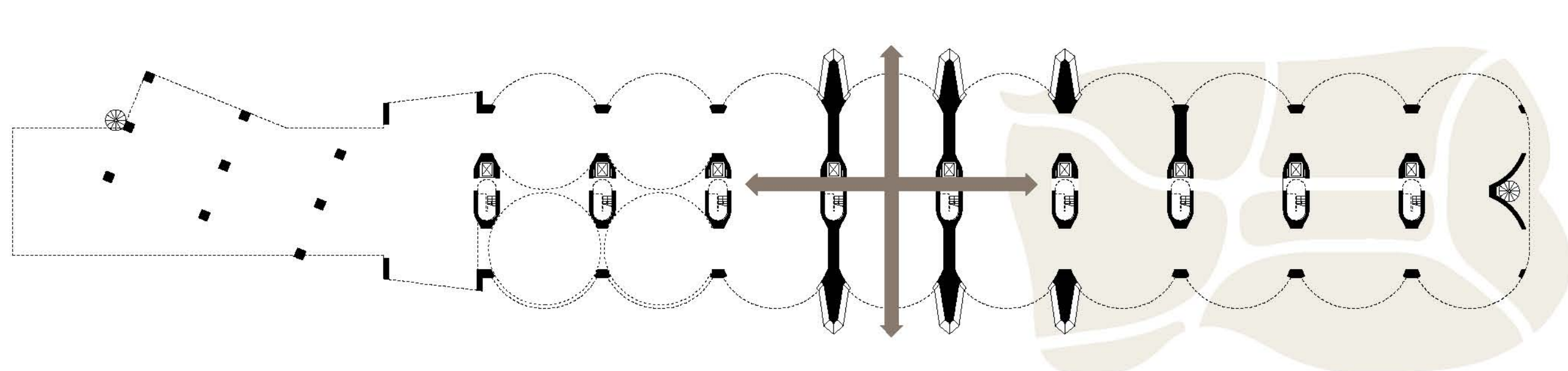
Varianten Sockelzone

Die folgenden Grundrisszeichnungen spielen verschiedene Szenarien von Umnutzungen des Erdgeschossbereiches durch als Austesten zur Findung eines geeigneten Konzepts.

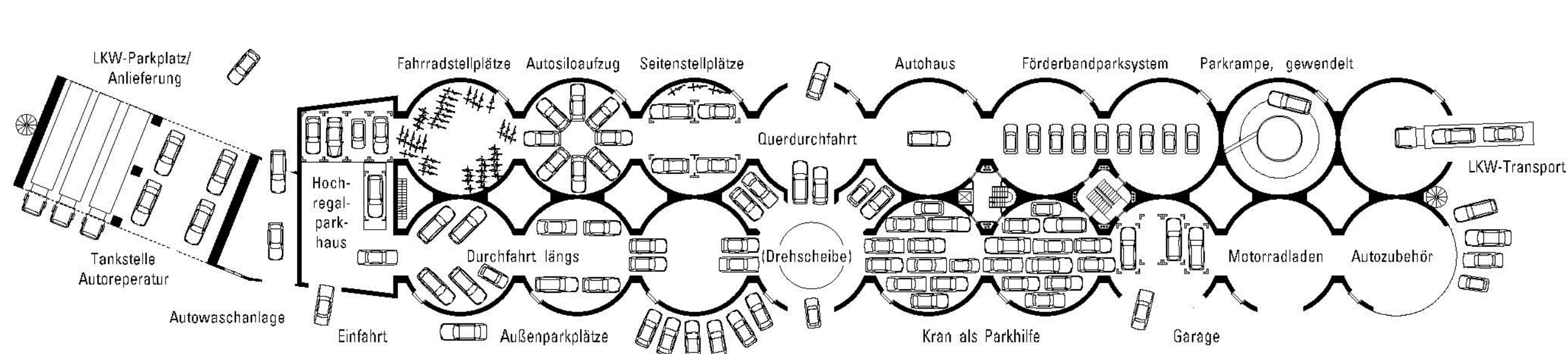
Bestand



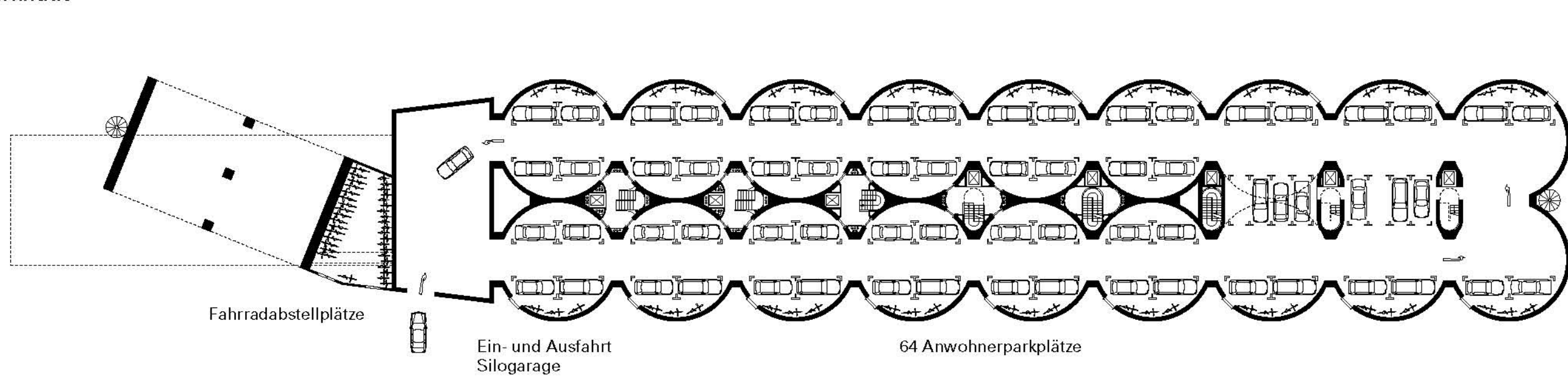
Aufgeständert



Parkvariationen

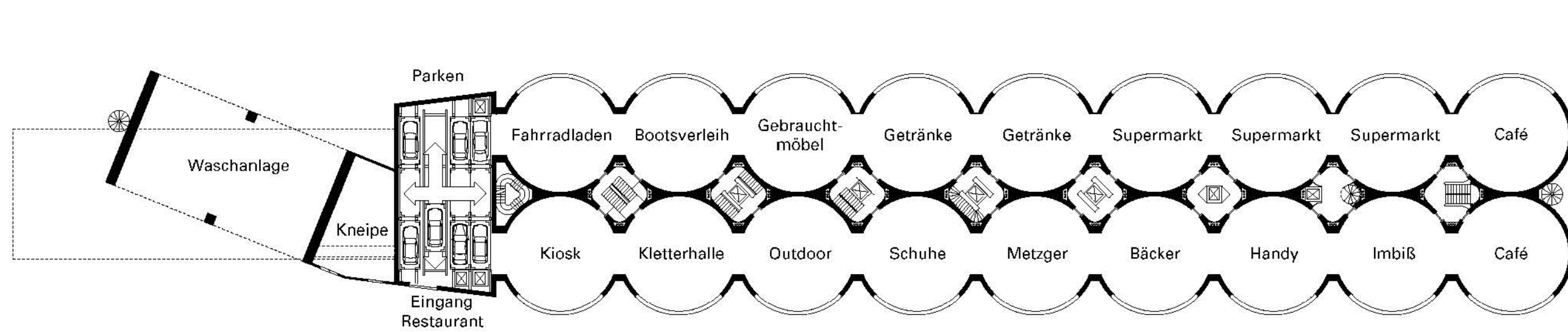


Parkhaus



- ⊕ Parken am Erschließungskern
- ⊕ Eindrucksvoller Parkraum (4m Höhe mit Trichterdecke)
- ⊕ Geeigneter Fahrradstellplatz
- ⊕ Beibehalt des Transportwegs (Laden/Entladen)
- ⊕ Erhalt der Silozellensockelstatik (nur eine Wand wird geöffnet)
- ⊕ Sockelzone bleibt funktional (Nähe zum Hafen unattraktiv)
- ⊕ Keine Belichtungsprobleme (wie bspw. für Cafés, etc.)
- ⊕ Wenig Parkplätze (64)
- ⊕ Schlechte Flächenausnutzung
- ⊕ Seltsame Einfahrt (Wo ist der Haupteingang?)
- ⊕ Seitliche Einzelparkflächen entsprechen nicht ganz den Mindestanforderungen für Pkw-Längen

Parkturn und Einzelhandel



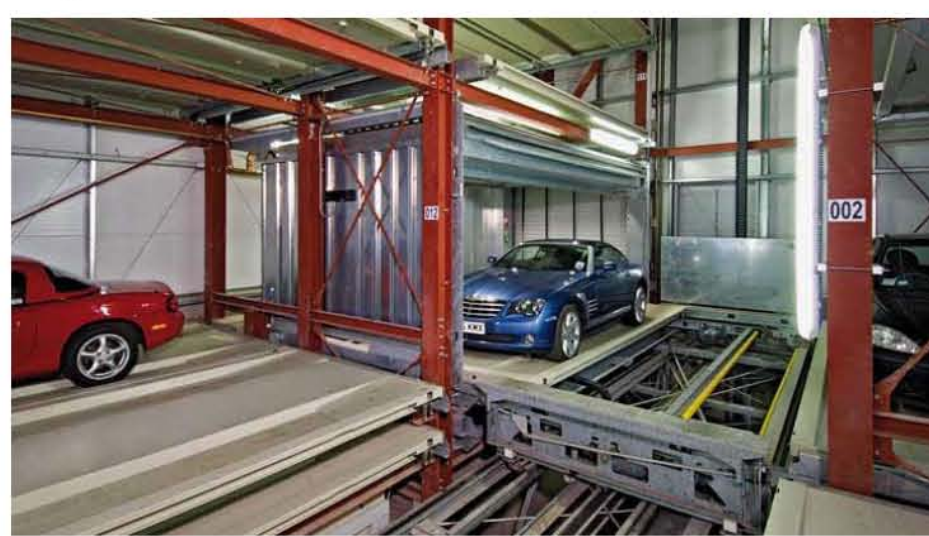
- ⊕ Hochregalparksystem im Kopfbau (vertikales Parken, bis zu 300 Stellplätze)
- ⊕ 2019 werden automatische Parksysteme günstiger und verbreiteter sein als heute
- ⊕ Sockel wird Ladenzone plus Eingangsbereich (großzügig nach außen geöffnet)
- ⊕ Trichterdecke in Läden erinnert an ehemalige Nutzung
- ⊕ Verbund der Läden durch Kerne
- ⊕ Eingang vorbei am Kommerz
- ⊕ Parken funktioniert automatisch (hoher technischer Aufwand)
- ⊕ Verlust des Silocharakters (Fassadendurchbruch im EG)

Hochverdichteter Parkraum

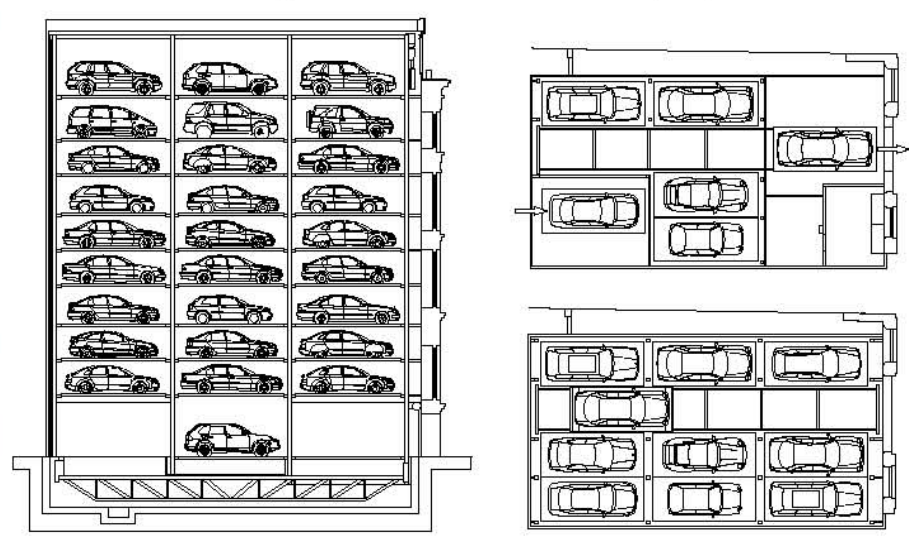
Gebäudebeispiel: Albany Building, Liverpool, 2006
 Firma: Wöhr
 Zugriffszeiten [Sek.] 90-270 (+)
 Parkpalette [m] 5,50x2,25
 Parkpalettenhöhe [m] 1,60-2
 Der Fahrer wählt den Stellplatz aus und parkt sein Auto auf eine Parkpalette im hell erleuchteten Übergangsbereich. Er bestätigt seinen Parkvorgang berührungslos an einem Bedientableau. Laserscanner an der Decke prüfen die richtige Parkposition des Pkw, dann wird das Zufahrtsstor geschlossen und automatisch eingeparkt. Mit diesem System könnten etwa 300 Siloturmparkplätze entstehen.



Übergabebereich und Parkplatzwahl © Wöhr, www.woehr.de

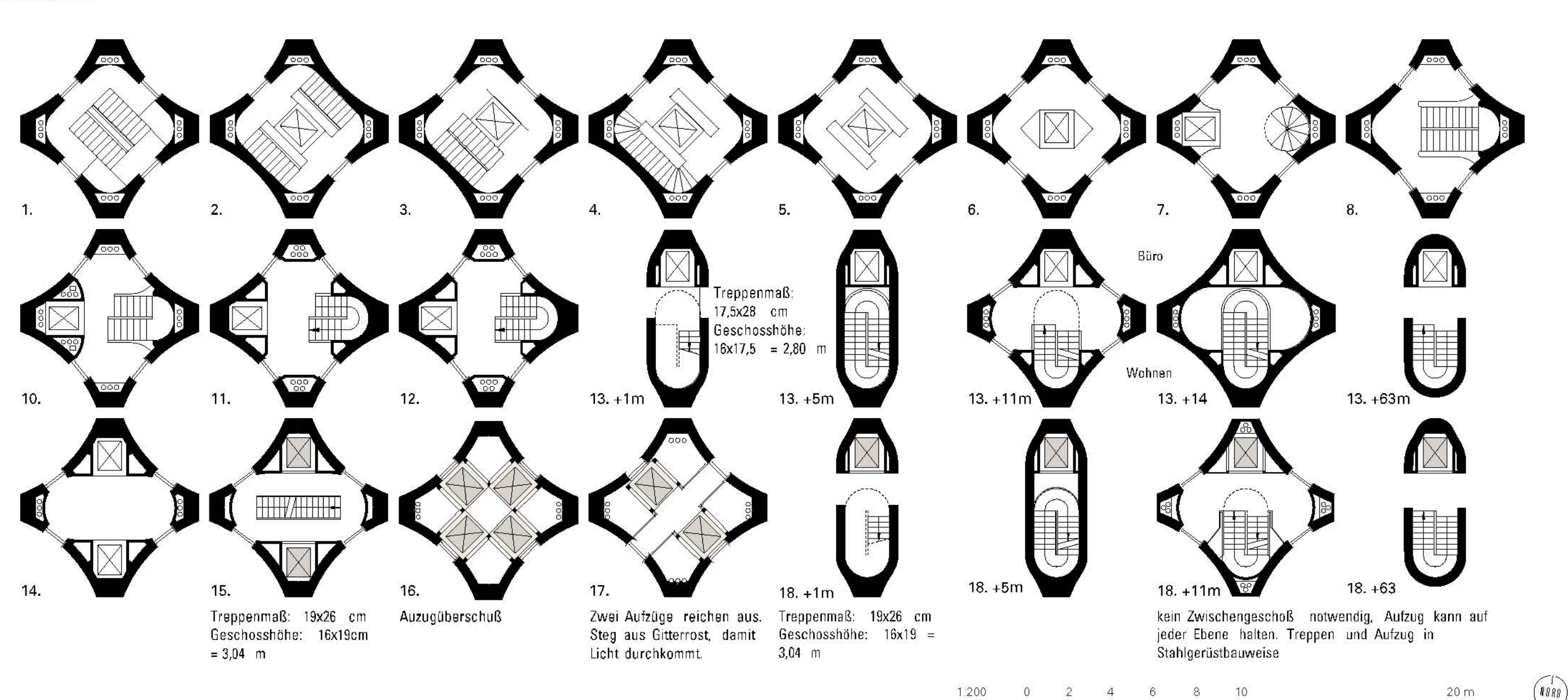


Parkpalette wird auf den Aufzug gezogen © Wöhr, www.woehr.de



Schnitte, Einfahrts- und Lagerebene © Wöhr, www.woehr.de

Kernstudien



15. Treppenmaß: 19x26 cm
 Geschosshöhe: 16x19cm = 3,04 m

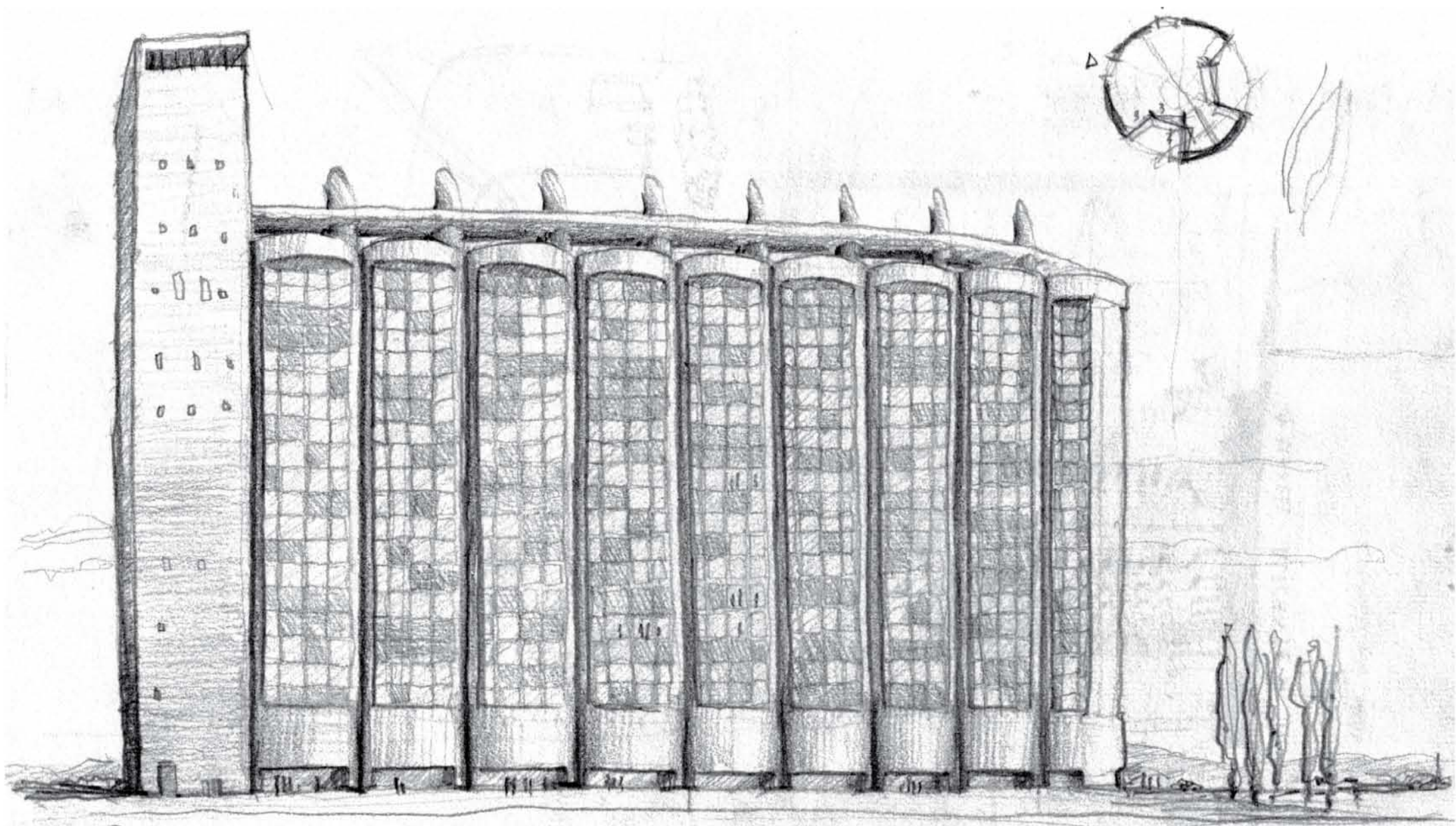
16. Auszugüberschub

17. Zwei Aufzüge reichen aus. Steg aus Gitterrost, damit Licht durchkommt.

18. +1m
 Treppenmaß: 19x26 cm
 Geschosshöhe: 16x19 = 3,04 m

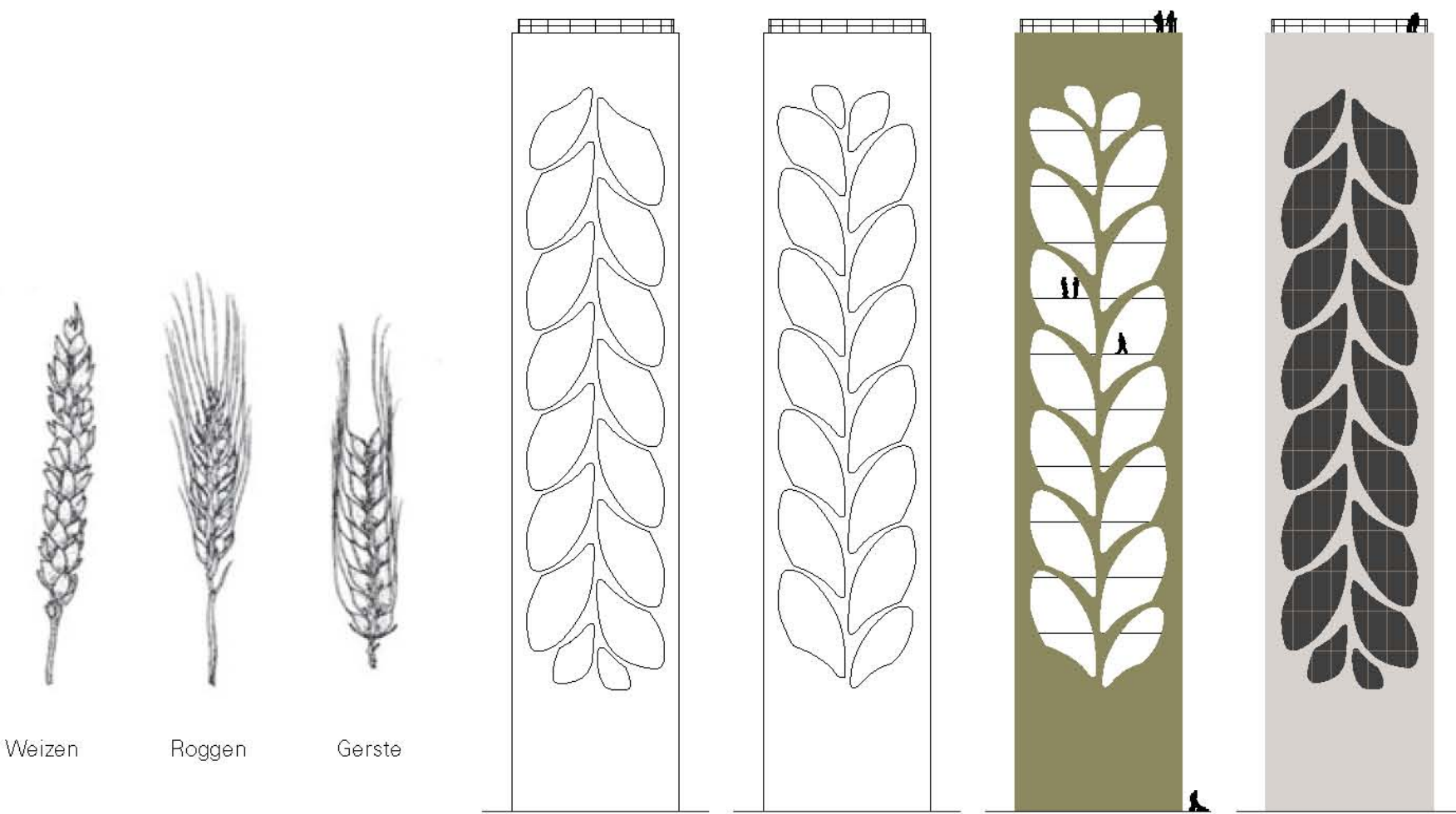
18. +11m
 kein Mischgeschüb notwendig, Aufzug kann auf jeder Ebene halten. Treppen und Aufzug in Stahlgerüstbauweise

18. +63m



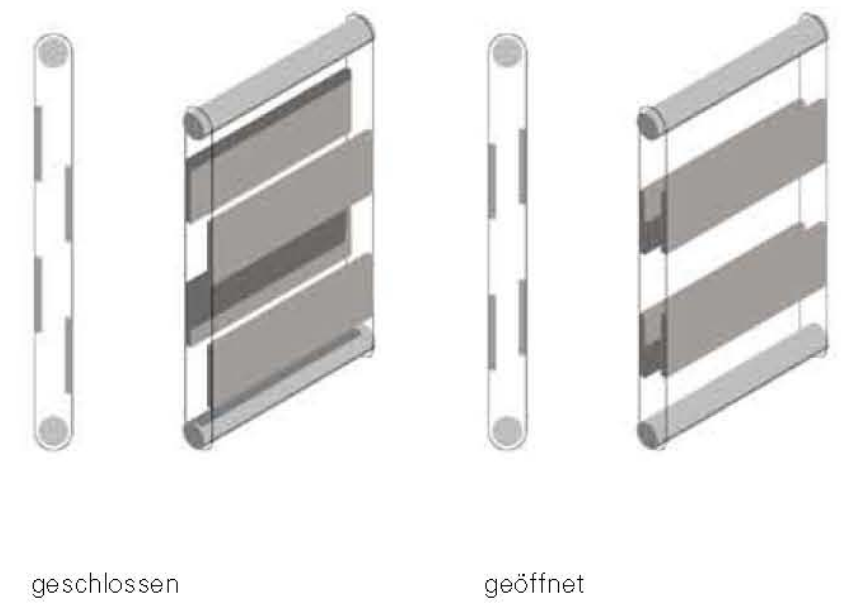
Geöffnete Silofassade zum Hafen

Ährenöffnungen

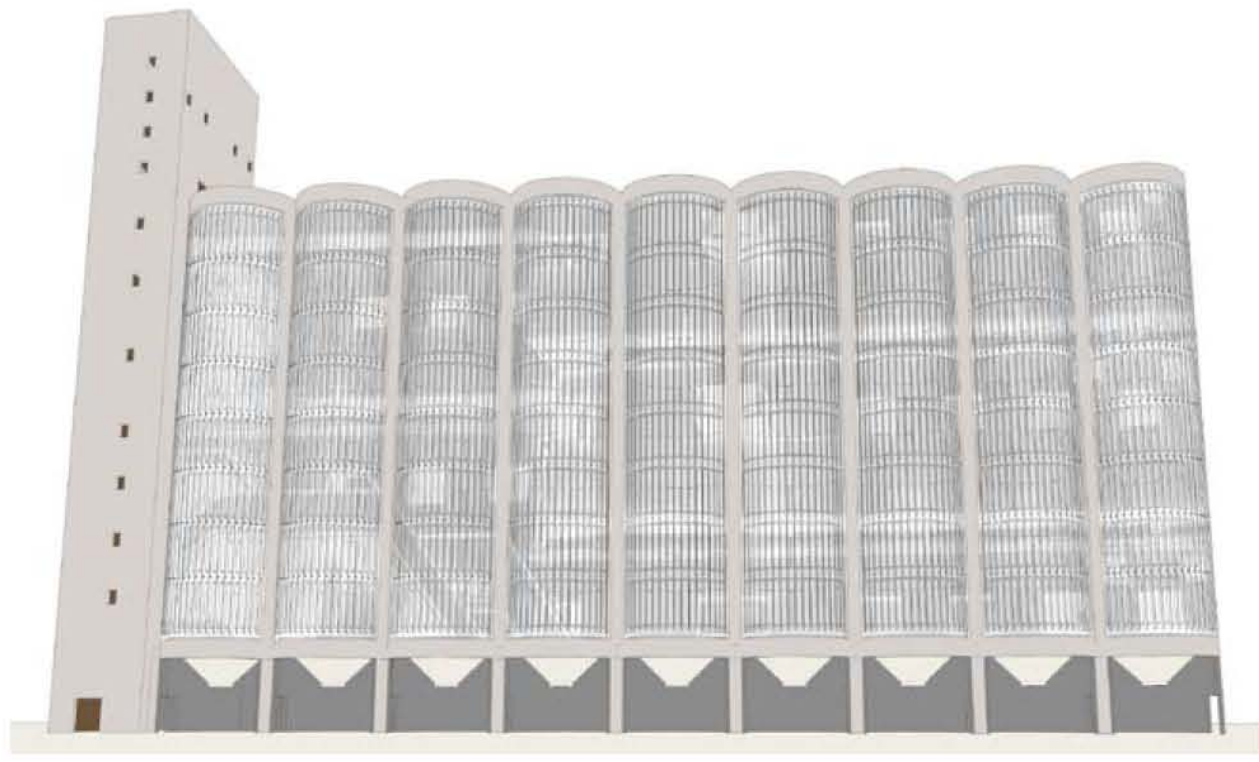


Elevatorfassade

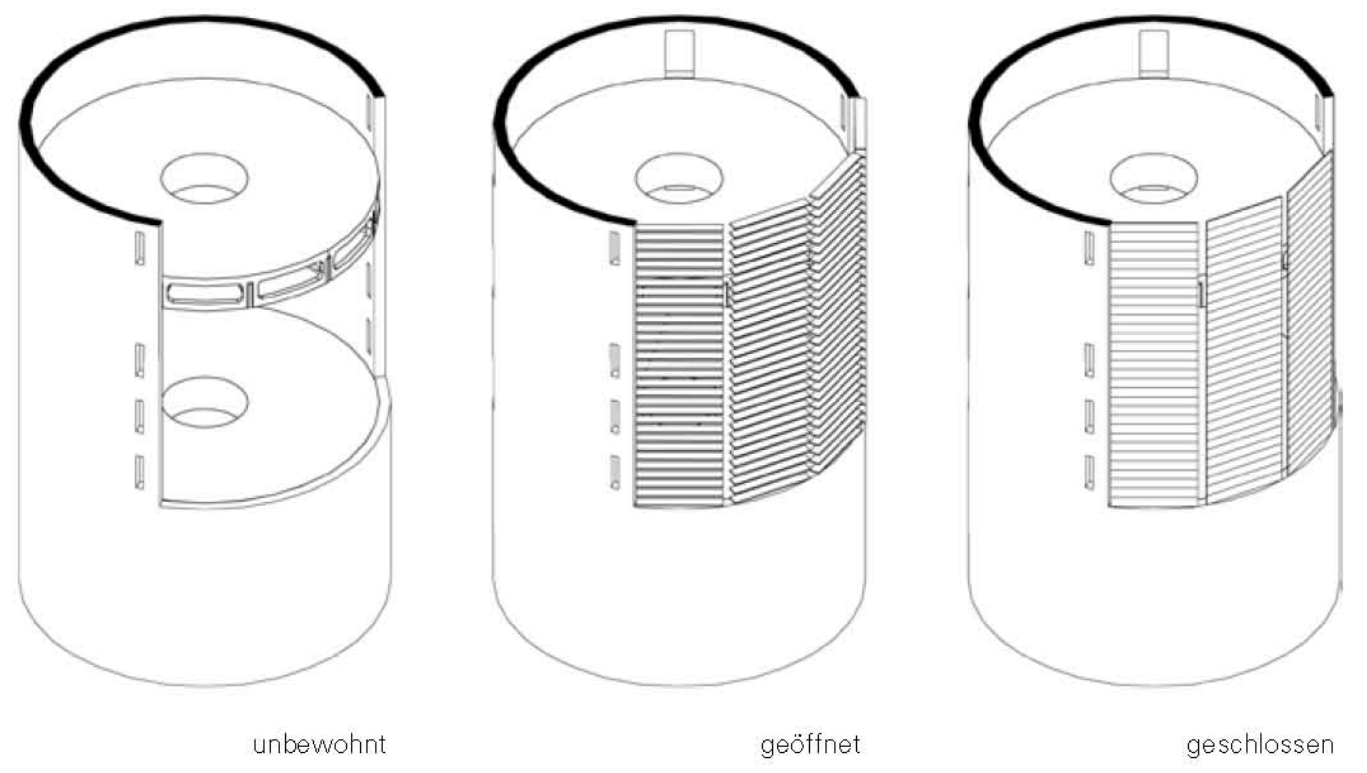
Doppelgeschossige bis silo hohe Fassade bestehend aus einem vertikalen Förderband mit Sonnen- schutzelementen, die automatisch und individuell gesteuert werden können.



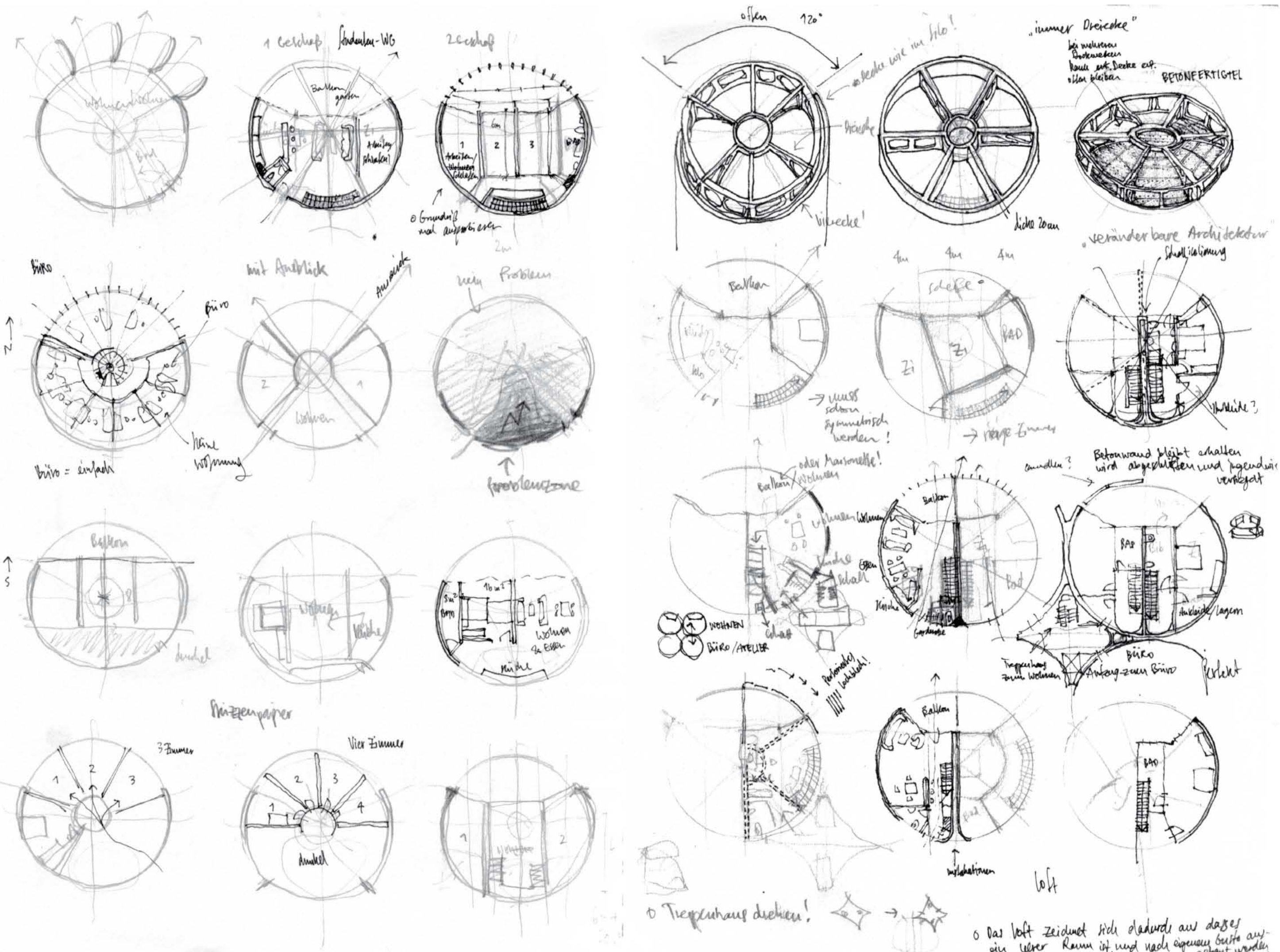
Vertikallamellen



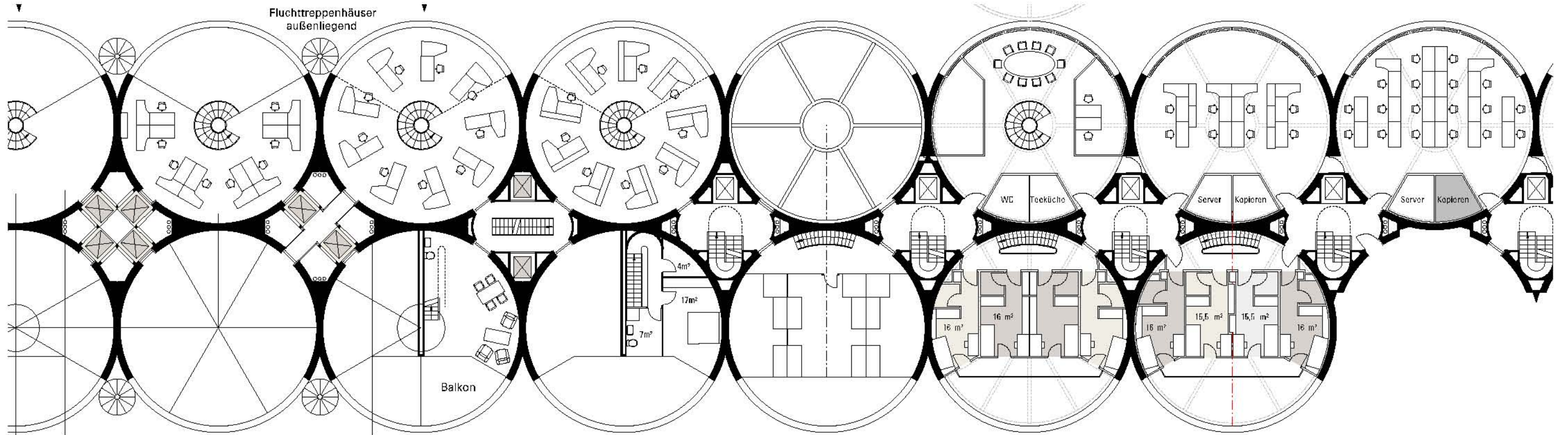
Horizontallamellen



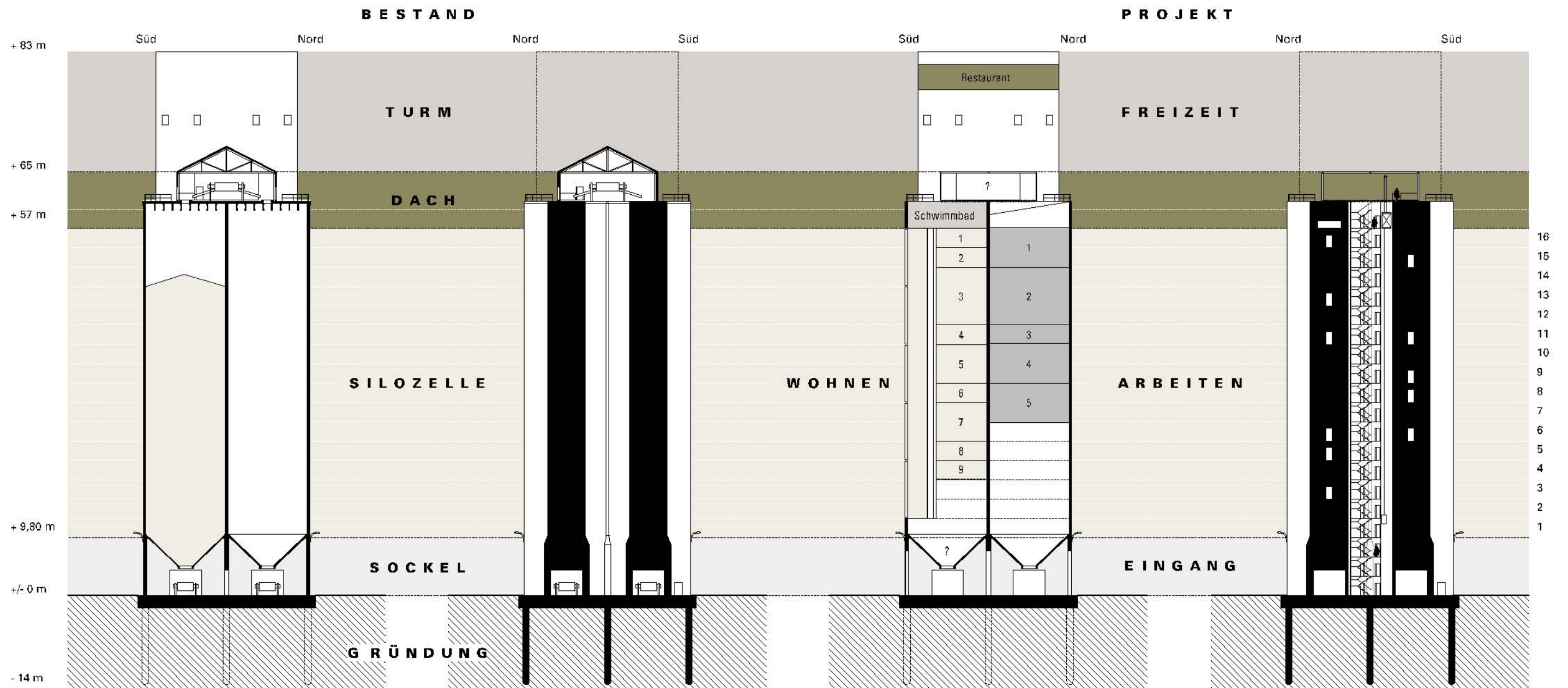
Grundrissforschung



Ausschnitt Grundrissforschung (CAD)



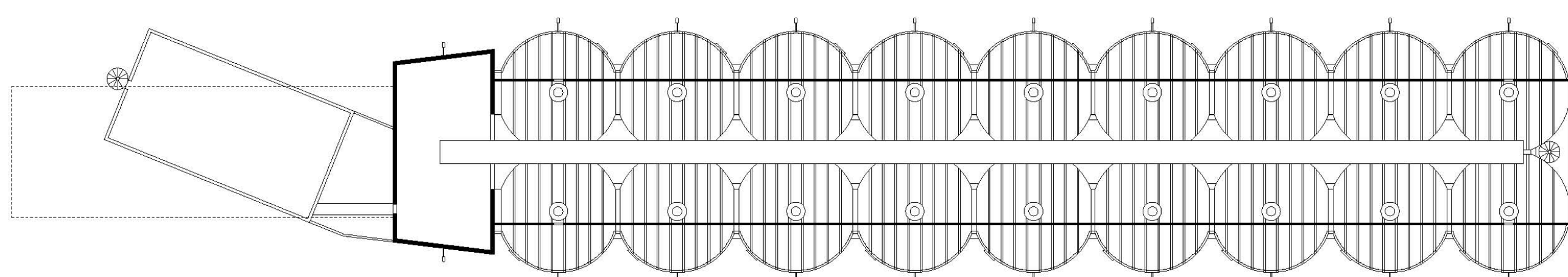
Schnittarbeit



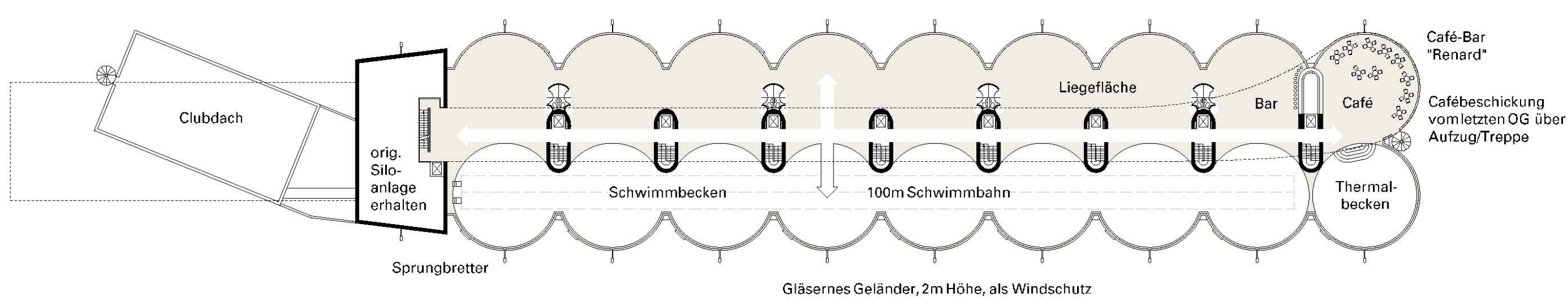


Panoramafenster und Palmengarten

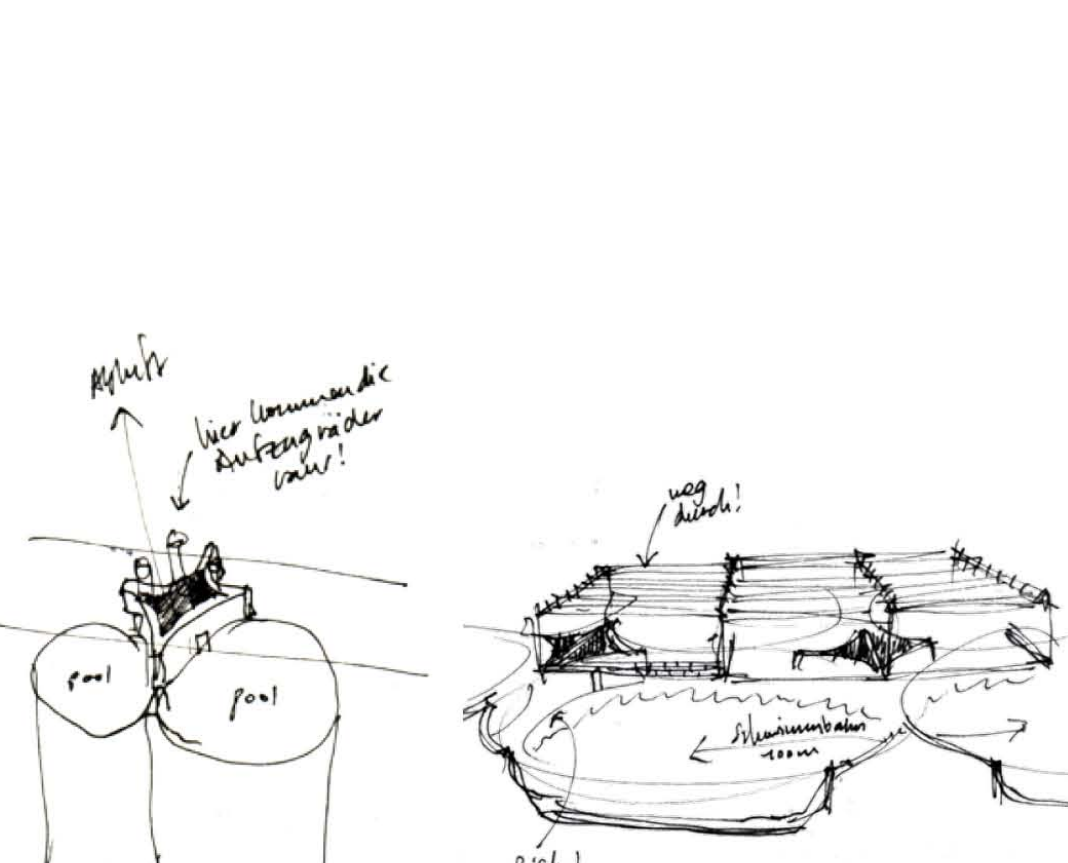
Dachaufsicht, Bestand



Schwimmbecken mit Liegefläche



Fördergalerie als Dachkonstruktion



Flügeldach als Anbau



Konzept

I Städtebau

Silhouette
Erhalt der Siloanlage in seiner äußeren Form, es hat eine starke Prägnanz für die Silhouette („landmark“) von Rouen, da es die höchste bauliche Erhebung neben der Kathedrale, der Hebebrücke

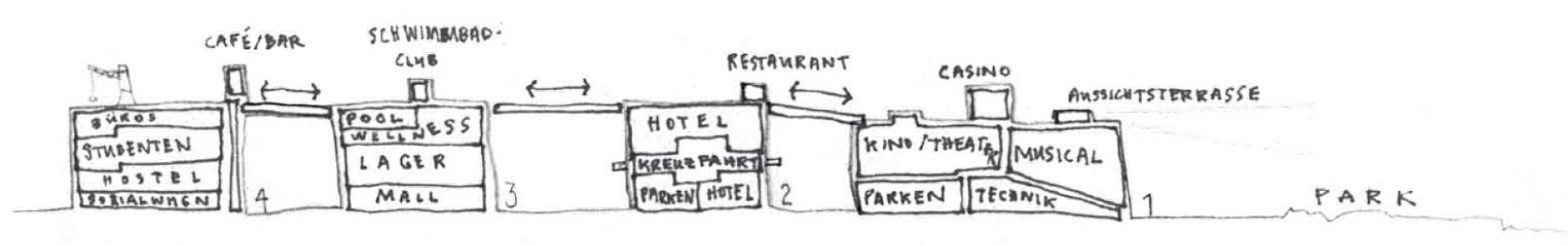
und einen Hochhaus aus den 60er Jahren ist. Weithin sichtbar und erstes großes Silogebäude flussabwärts der Seine, steht es stellvertretend für die internationale Bedeutung des Rouener Hafens im Getreideexport.



II Neuprogrammierung

Es gibt kein umzunutzendes Untergeschoß. Unterhalb der Trichterebene befindet sich die Sockelzone. Sie öffnet oder verschließt sich je nach Konzept zur Halbinsel und beinhaltet neben den Eingängen zu den Erschließungskernen Pkw-Stellplätze, Geschäftsflächen oder/und Freizeitprogramm. Darüber liegen die Silozellen, in denen das Hauptprogramm: Wohnen, Arbeiten und ein Hotel untergebracht sein wird. Die ehemalige Fördergalerie

wird zur Dachterrasse und halböffentlichem Raum für Freizeitaktivitäten wie beispielsweise einem Schwimmbad mit Liegeflächen. Im Turmbau können die ehemaligen Transportbauten erhalten, ein Parkhochregal eingerichtet oder eine Sondernutzung überlegt werden. Den programmatischen Höhepunkt verkörpert ein Gastronomiebetrieb mit Panoramablick und ein Abendveranstaltungsort in der ehemaligen Verladestation.



III Interpretation silocharakteristischer Merkmale

Bauteile
Deckenkonstruktionen orientieren sich an den kreisförmigen industriell vorgefertigten Silodeckeln. Silozellenein- und ausflüsse als vertikale Be- und Entlüftungssachsen (denkbar).

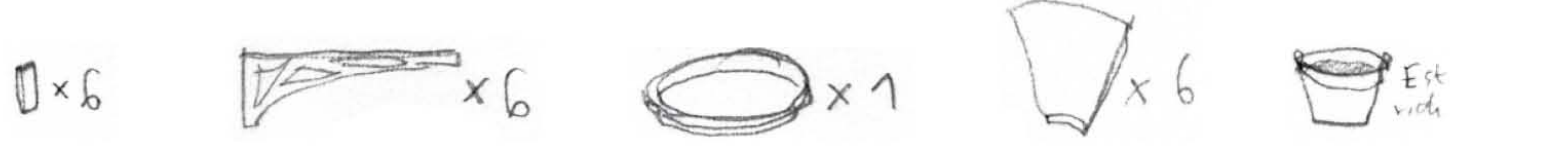
ger oder auf der ehemaligen Förderbandstraße. Im Sushirestaurant in der Turmspitze gibt es Essen vom Fließband.

Modularität
Nicht nur die Vorfertigung von Bauteilen, sondern auch die 18-fache Wiederholung der Siloabmessungen fordern eine ähnliche Reaktion als Thema für den Umnutzung und Ausbau.

Vertikalität
Die besondere Qualität bei der Umnutzung von Siloanlagen liegt in der beinahe uneingeschränkten Verfügbarkeit von Höhe, deswegen wird sich dort vorgesehener Wohnungsbau vor allem damit auseinandersetzen.

Abläufe
„Transportieren und lagern“ von Wohnraum, Autos und Menschen. Geparkt wird z.B. im Hochregallager

Maßstablosigkeit
Die Geschosshöhe bleibt unablenkbar, damit wird die Umnutzung erst auf zweiten Blick ersichtlich und der objektive Gebäudecharakter wird bewahrt.



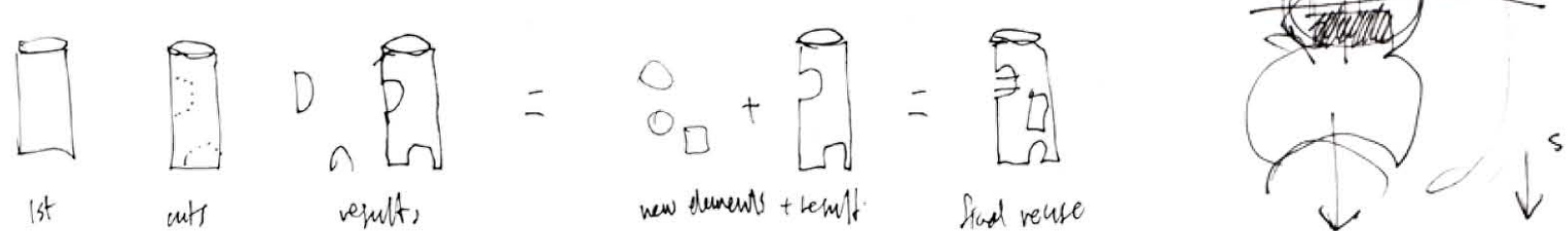
IV Neugestaltung

Die bestehende Struktur wird neu benutzt und nicht verlassen; sie wird wieder aktiviert. Daher setzt eine Umnutzung auch eine Umgestaltung voraus. Ein Umbau ist umso intelligenter, je mehr er auf An- und Neubauten verzichtet.

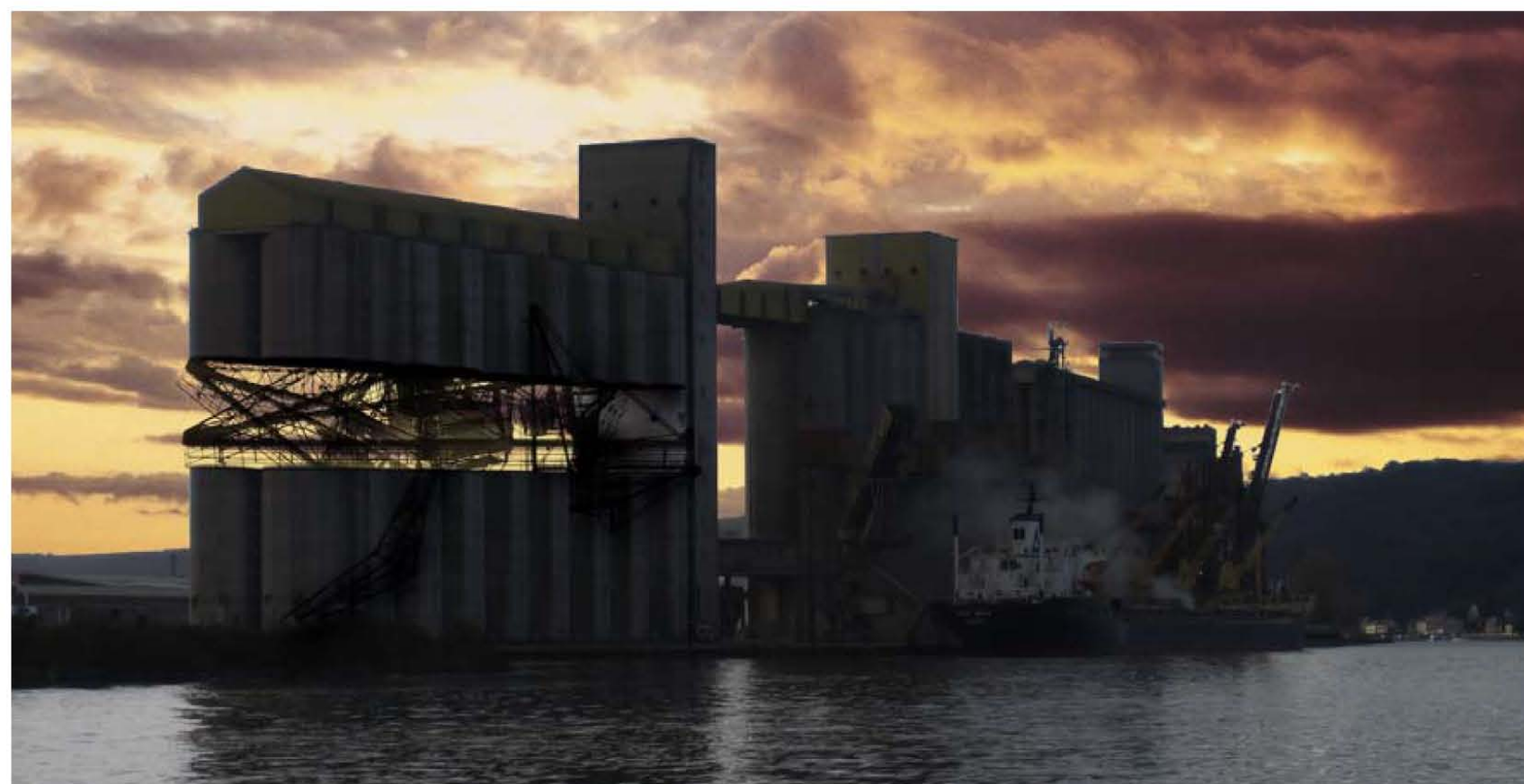
Büros verbergen. Nach Süden öffnet sich das Gebäude zur besseren Belichtung und Aufteilung von Wohnraum. Das aufgeteilte Getreidesilo soll sich deutlich von den üblichen Siloanlagen abheben und dem Hafen veranschaulichen, dass dessen Rückzug aus der Stadt längst begonnen hat.

„Jeder Eingriff bedingt eine Zerstörung; zerstöre mit Verstand.“

Außenbereich
Hafenspezifische Elemente wie Poller, Kaimauern oder Bahngleise, deren Beseitigung ohnehin zu kostenspielig wäre, werden in das Außengestaltungskonzept aufgenommen. Sie vergegenwärtigen die ehemalige Hafennutzung. Verzicht auf Geländer zur Seine.



Visionen



Dekonstruktivistische Intervention

Flüssigweizenlagerhaltung