

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>

2014

GREEN GRID

MAXIMILIAN MAYRHOFER



GREEN

GRID

MAXIMILIAN MAYRHOFER

Diplomarbeit

GREEN GRID

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

MANFRED BERTHOLD AO.UNIV.PROF. ARCH. DIPL.-ING. DR.TECHN.

HOCHBAU UND ENTWERFEN E253/4

INSTITUT FÜR ARCHITEKTUR UND ENTWERFEN

eingereicht an der Technischen Universität Wien

FAKULTÄT FÜR ARCHITEKTUR UND RAUMPLANUNG

von

MAXIMILIAN MAYRHOFER

0308524

Wien, am

Unterschrift

Das Thema der Arbeit ist der Entwurf einer Industriehalle, die Produktion, Lagerung und Bürofläche in einem Gebäude vereint und miteinander vernetzt.

Dem Leitgedanken des *Green Building* und des *Smart Grid* folgend, liegen die Schwerpunkte in der Optimierung der Baukörper, der externen und internen funktionalen Abläufe, der Konstruktion und der Nachhaltigkeit des Systems. Angestrebt wird die Automatisierung des Entwurfsprozesses mittels eines Scripts, um die Vielzahl von systembestimmenden Faktoren bewältigen zu können.

Subject to this thesis is the design of an industrial building. Within the building the production, storage and office space is designed to work smoothly.

Based on the ideas of *Green Building* and *Smart Grid* the concept's main focus is on optimizing the structure, the functional cycles on the inside and on the outside and the sustainability of the building. To handle the amount of factors influential to the system a script provides the inevitable help to automate the design process.

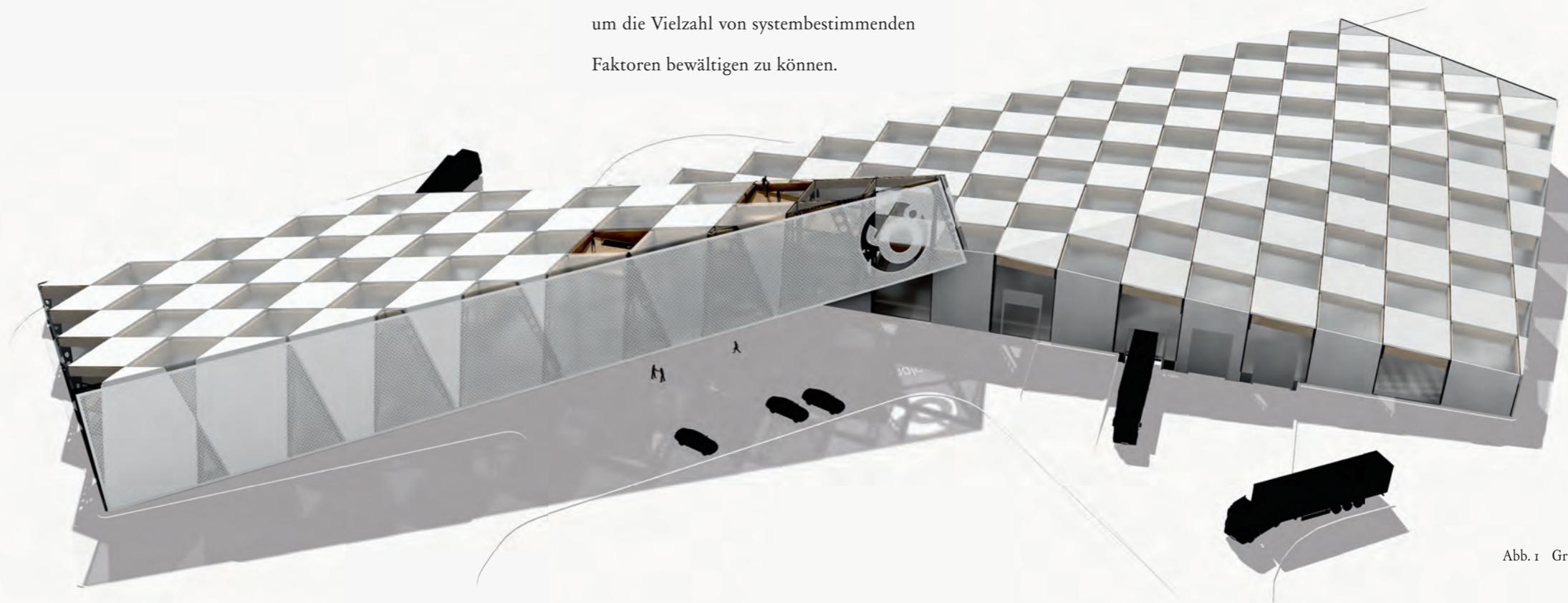


Abb. 1 Green Grid

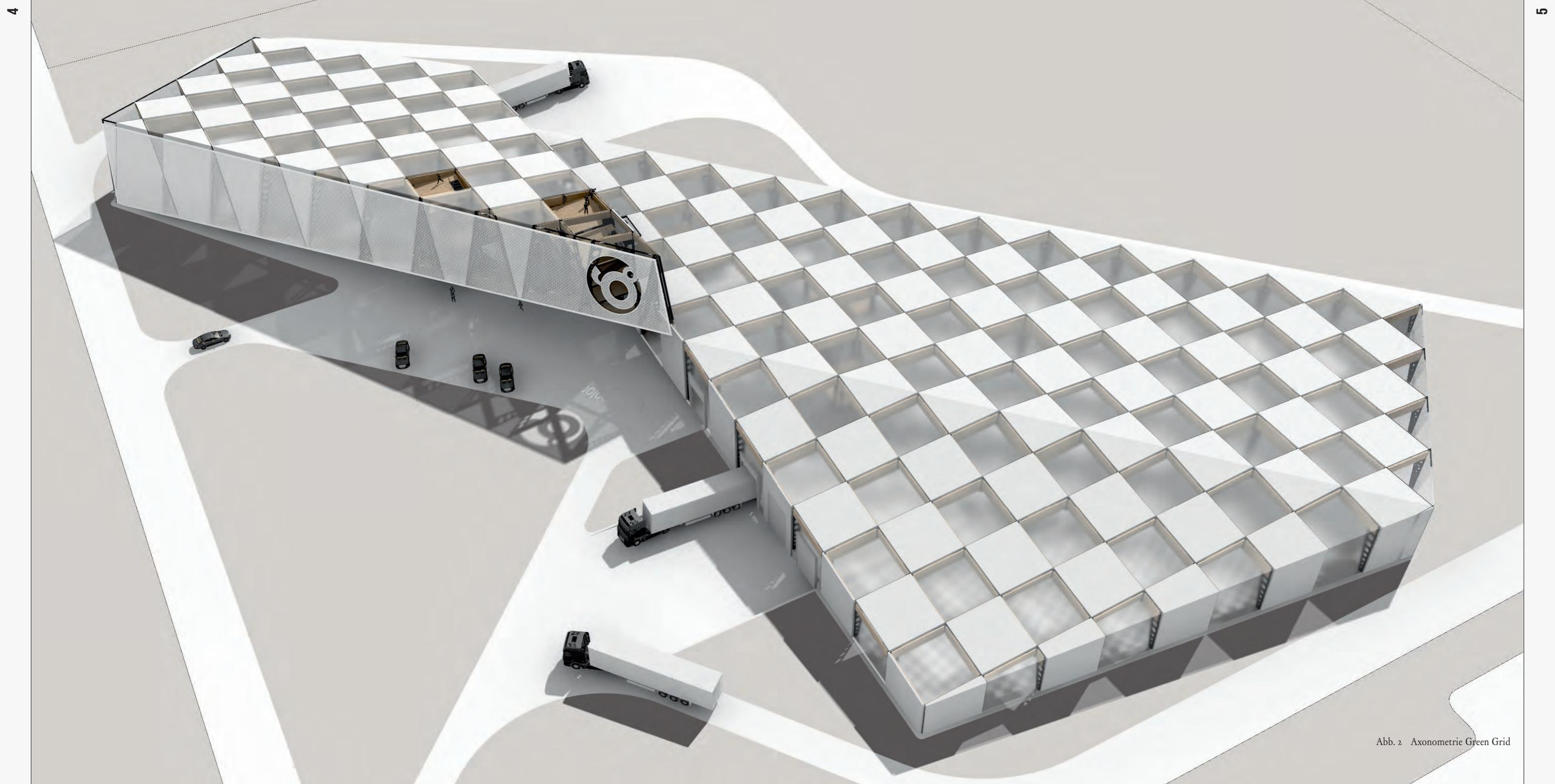


Abb. 2 Axonometrie Green Grid

INHALTSVERZEICHNIS

1 EINLEITUNG	8	3.9.4 ERWEITERUNG.....	19	5 PLANDARSTELLUNGEN	30	7.1.1 PRODUKTION UND LAGERUNG	62
1.1 DER NACHHALTIGE GEDANKE	8	3.9.5 VOLUMINA.....	19	5.1 GRUNDRISS ERDGESCHOSS	30	7.1.2 BÜRO.....	62
1.2 DIE ENTWURFSIDEE.....	9	3.10 PERSPEKTIVE NORDOST	20	5.2 GRUNDRISS 1.OBERGESCHOSS	32	7.2 BELICHTUNG	64
1.3 DAS LOGO.....	9	3.11 PERSPEKTIVE SÜDWESTEN	22	5.3 GRUNDRISS 2.OBERGESCHOSS	34	7.3 LÄRMENTWICKLUNG	64
2 STÄDTEBAULICHE SITUATION	10	4 RAUMPROGRAMM	24	5.4 SCHNITT PRODUKTIONS- UND LAGERHALLE	36	7.4 BLICKBEZIEHUNG.....	64
2.1 INDUSTRIEGEBIETE IN WIEN.....	10	4.1 PRODUKTION.....	24	5.5 SCHNITT LAGERHALLE	38	8 GREEN GRID	66
2.2 GEWERBEGBIET STREBERSDORF	10	4.2 LADESTATION.....	24	5.6 SCHNITT PRODUKTIONSHALLE	38	8.1 DEFINITION	66
2.2.1 ANBINDUNG.....	10	4.3 LAGER.....	25	5.7 ANSICHT NORD.....	40	8.1.1 GREEN BUILDING	68
2.2.2 INFRASTRUKTUR	10	4.4 BÜRO.....	25	5.8 DETAIL 3D SCHNITT.....	42	8.1.2 SMART GRID	69
3 BAUKÖRPER	14	4.5 EXTERNES WEGENETZ	26	5.9 DETAIL TRAGWERKSKNOTEN.....	44	8.2 ENERGIEKREISLAUF	70
3.1 BAUKÖRPERAUSRICHTUNG.....	14	4.5.1 PKW VERKEHR	26	5.10 FERTIGUNG UND TRANSPORT	45	8.3 ERNEUERBARE ENERGIE.....	71
3.2 BAUKÖRPERENTWICKLUNG	16	4.5.2 LKW VERKEHR.....	26	6 ENTWURFSPROZESS	46	8.3.1 PHOTOVOLTAIK UND SOLAR THERMIE	71
3.3 REPRÄSENTATIVE FUNKTION.....	16	4.5.3 LKW DOCKS.....	26	6.1 DIE PARAMETER.....	46	8.3.2 WINDENERGIE	72
3.4 INDUSTRIELLER CHARAKTER.....	16	4.5.4 FUSSGÄNGER-/ RADFAHRER VERKEHR	26	6.1.1 BAUKÖRPERGEOMETRIE	48	8.3.3 BIOMASSE	72
3.5 GRÜNRAUM	16	4.5.5 ÖFFENTLICHE VERKEHRSMITTEL.....	26	6.1.2 GEBÄUDERASTER	49	8.3.4 GEOTHERMIE	73
3.6 BELICHTUNG	17	4.6 INTERNES WEGENETZ	26	6.1.3 STATIK.....	50	8.4 ENERGIESPEICHER	73
3.7 ERWEITERBARKEIT	17	4.6.1 PRODUKTIONSBEREICH.....	26	6.1.4 STATIK UND RASTERWEITE.....	51	8.5 SOLARE AUSBEUTE	74
3.8 MODULARER INNENRAUM	17	4.6.2 LADESTATION	28	6.2 DAS TRAGWERK	52	8.6 GEBÄUDETECHNIK.....	75
3.9 SCHEMATISCHE DARSTELLUNGEN.....	18	4.6.3 LAGERBEREICH.....	28	6.3 DER INNENRAUM.....	54	8.5.1 RAUMLUFTQUALITÄT	75
3.9.1 BAUPLATZ	18	4.6.4 LABOR/ WARENTEST.....	28	6.4 DIE HÜLLE	56	8.7 RECYCLINGGERECHTES BAUEN.....	76
3.9.2 AUSRICHTUNG	18	4.6.5 BÜROBEREICH	28	7 INNENRAUM	58	8.7.1 NACHHALTIGER MATERIALEINSATZ	76
3.9.3 TEILUNG	19	4.6.6 EINGANGSBEREICHE.....	28	7.1 ZONIERUNG	58	8.8 ANERKENNUNGSPREIS 2011.....	78
						8.9 MODELLFOTOS	80

1 EINLEITUNG

Das Projekt behandelt eine Industriehalle, die Produktion, Lagerung und Bürofläche kombiniert. Der Betrieb widmet sich dem Entwurf, der Herstellung und der Lagerung von Akkumulatoren. Diese sollen primär in elektrisch betriebenen Rädern und Autos zum Einsatz kommen. Weiters steht die Entwicklung von E-Bikes und elektrischen Ladestationen im Vordergrund des Betriebes.

Ein hohes Maß an Grüner Architektur („Green Building“) soll sich im Entwurf widerspiegeln. In Verbindung mit dem Gedanken des „Smart Grid“, einer intelligenten Vernetzung von Energiequellen und -verbrauchern soll ein hochwertiges und nachhaltiges Gesamtsystem entstehen. Dieses soll durch architektonische und technische Maßnahmen so gestaltet werden, dass es den Standards des Nullenergiegebäudes entspricht und energieautark funktionieren kann. Gleichzeitig fungiert das Gebäude als Firmensitz, weshalb der repräsentative Charakter nicht vernachlässigt werden darf.

1.1 DER NACHHALTIGE GEDANKE

In der heutigen Zeit gewinnt sowohl die Sparte der elektrisch betriebenen Fortbewegungsmittel als auch die der nachhaltigen Energiegewinnung stark an Bedeutung. Beide Sektoren zeigen für sich alleine schon ein großes Zukunftspotential. Kombiniert man sie, entsteht ein noch leistungsfähigeres Gesamtsystem, in dem Nachteile der einzelnen Sparten aufgehoben werden.

Elektrisch betriebene Autos und Räder werden dadurch mit „grüner“ Energie gespeist. Es entsteht eine umweltfreundlicher Kreislauf der menschlichen Fortbewegung. Ähnlich entwickelt sich dieser Trend im Bauwesen. Während einerseits der Energieverbrauch durch bessere Dämmungen und effizientere Gebäudetechnik stark reduziert werden soll, wird auch Wert auf grünen Strom und heimeigene „Kraftwerke“ gelegt.

Zur Auswahl stehen zahlreiche Systeme, deren Energiequellen ein breites Spektrum umfassen. Dieses reicht von Sonnen- und Windenergie über Wasserkraft bis hin zur

Umwandlung von Biomasse und der Nutzung von Erdwärme.

Die unterschiedlichen Arten der Energiegewinnung können kombiniert werden, um die variablen Hoch- und Tiefpunkte der unterschiedlichen Energiequellen voll ausnutzen zu können. Auf diese Weise kann etwa ein Biomassekraftwerk das nächtliche Aussetzen der solarenergetischen Erträge ausgleichen.

Eine große Bedeutung kommt bei dieser Verknüpfung von Energiequellen der Energiespeicherung zu. Eine Effizienzsteigerung kann durch das Speichern der gewonnenen Energie erreicht werden, da diese zu beliebigen Zeitpunkten abrufbar bleibt. Dies ist auch einer der Grundgedanken des Smart Grid, bei dem eine Überproduktion und damit ein Verlust von Energie vermieden werden soll.

Damit beispielsweise die nur über eine gewisse Periode des Tages verfügbare geballte Energie der Sonne und die Kraft des oft unbeständigen Windes effizient eingefangen und genutzt werden können, muss das System über einen Puffer verfügen.

Diese Funktion übernehmen bei diesem Entwurf die in der Halle hergestellten Akkumulatoren und deren Ladezyklen.

Für den architektonischen Entwurf ist neben Energiegewinnung und Speicherung speziell die Material- und Konstruktionswahl von großer Bedeutung. Die Reduktion von grauer Energie, ein hoher Grad an Rückbaubarkeit, ein hoher Grad an Tageslicht und der nachhaltige Materialeinsatz sind nur einige Punkte, die berücksichtigt werden müssen.

1.2 DIE ENTWURFSIDEE

Beim Entwurf des Gebäudes müssen dem nachhaltigen Gedanken folgend viele verschiedene Faktoren berücksichtigt werden. Es erfolgt eine Unterteilung in drei Bereiche: Produktion, Lagerung und Büro. Dabei werden Produktions- und Lagerhalle ebenerdig gekoppelt, während der Bürobereich in die beiden Hallen vom Tragwerk abgehängt wird.

Die Produktionshalle ist ein großflächiger, ebenerdiger Baukörper mit niedriger

Raumhöhe, während die Lagerhalle als separater höheres Volumen den größeren Teil des Bürobereiches beherbergt. Da hier der Kontakt zu den Kunden hergestellt wird, soll dieser Hallenteil im Bereich der Ankunft repräsentativer gestaltet werden.

Der Raster des Industriegebietes wird gesprengt um eine Ausrichtung der geneigten Dachfläche gegen Süden zu gewinnen. Dieser bleibt allerdings im gebäudeeigenen Raster erhalten, der als Schachbrettmuster die gesamte Konstruktion durchzieht.

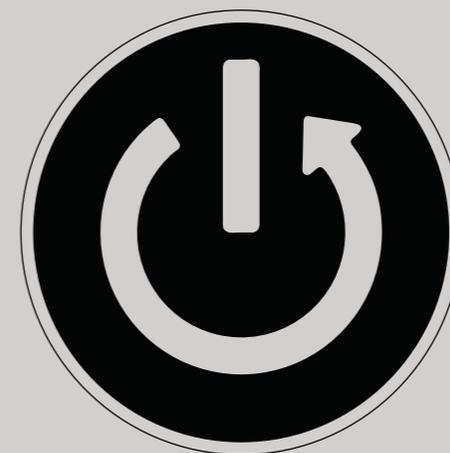


Abb. 3 Logo Green Grid

1.3 DAS LOGO

Das Logo beinhaltet den Grundgedanken des „Green Grid“. Das Standby Symbol in Verbindung mit dem Recycling Symbol soll auf grünen Strom und Nachhaltigkeit hinweisen.

2 STÄDTEBAULICHE SITUATION

Als passender Standort für die Halle, die den Büro- und Industriebetrieb verbindet, dient ein Baugrund im Gewerbegebiet Strebersdorf. Dem „grünen“ Image des Entwurfs folgend weist der Bauplatz einerseits Naturnähe auf, verfügt aber auch über eine gute Anbindung.

2.1 INDUSTRIEGEBIETE IN WIEN

Angesichts der in Wien vorwiegenden *Westwetterlage* und der folglich sauberen Landluft *finden sich die gehobenen Wohngegenden eher am westlichen Stadtrand. Industriegebiete* hingegen befinden sich aus diesem Grund vorrangig am *südlichen und östlichen Stadtrand*.¹ Als bedeutendste Region gilt hierbei der Bezirk Liesing im Süden Wiens.

Auch das für diesen Entwurf gewählte Gewerbegebiet befindet sich am Rande Wiens, allerdings im Norden.

2.2 GEWERBEGBEIT STREBERSDORF

Das Industriegebiet Strebersdorf befin-

det sich nahe der Donau an der nördlichen Stadtgrenze Wiens zum benachbarten Bundesland Niederösterreich. Die Grenzlinie verläuft durch das Gewerbegebiet.

Die Lage eignet sich aufgrund der Nähe zu Wien und der guten Verkehrsanbindung. Darüber hinaus kann die Region mit Naturnähe punkten, was dem ‚grünen‘ Entwurf entgegenkommt. Im Südwesten begrenzen die A22 und die Donau das Gebiet, im Norden, Süden und Osten befinden sich Siedlungen und Grünland.

2.2.1 ANBINDUNG

Die primäre Erschließung des Grundstückes wird per PKW und LKW erfolgen.

Die Region verfügt über eine gute Anbindung für Kraftfahrzeugverkehr über die Anschlussstelle Strebersdorf an die A22 Donauuferautobahn an der südwestlichen Grenze des Industriegebietes.

Darüber hinaus ist das Gebiet öffentlich per Bahn und Bus zu erreichen. Die Installation von elektrischen Ladestationen für PKW und E-Bike sollen das Interesse an nachhaltigen Verkehrsmitteln fördern.

2.2.2 INFRASTRUKTUR

Das Industriegebiet Strebersdorf wurde nicht nach einem strikten Raster angelegt. Das Gebiet wirkt natürlich und phasenweise gewachsen und ist in meist orthogonale Abschnitte, die jedoch unter sich verschieden ausgerichtet sind, unterteilt. Der nördliche Teil, an den der Baugrund anschließt, unterliegt in seinen Achsen einer Nordwest- bzw. Südostorientierung. Die Zubringerwege richten bzw. definieren diesen Raster und sind zweispurig befahrbar. Der Baugrund wird von der Apfelstraße im Nordwesten und von der Alleestraße im Nordosten begrenzt.

Das Industriegebiet ist dicht, großteils in Form von Industriehallen, bebaut. Der klassische Typus der rechtwinkligen Grundrissform der Industriehalle wird im Entwurf nicht übernommen, bleibt aber im Gebäuderaster in gewisser Weise erhalten. Für den Baukörper findet eine Neuorientierung um 45° gedreht zu den anschließenden Achsen statt. Dadurch wird eine Ausrichtung der Dachfläche gegen Süden erreicht.



Abb. 4 Satellitenfoto Wien genordet

¹ <http://de.wikipedia.org/wiki/Wien> [11.2013]



Abb. 5 Satellitenfoto Industriegebiet Strebersdorf

3 BAUKÖRPER

Das Gebäude besteht aus zwei aneinandergeschalteten Baukörpern - einer Lager- und einer Produktionshalle. Der Bürobereich ist als dritter Baukörper als ‚Raum im Raum‘ in beiden Hallen vom Dachtragwerk abgehängt vorzufinden.

3.1 BAUKÖRPERAUSRICHTUNG

Der Baugrund schließt nordwestlich und nordöstlich an die Zubringerwege des Industriegebietes an. Durch eine zusätzliche Straße an der südlichen Grenze des Grundstückes entsteht ein dreieckiger Baugrund. Diese Straße markiert gleich-

zeitig die neue Hauptorientierung, die auch für nachfolgende Industriebauten genutzt werden kann. Durch die neue Ost-West Ausrichtung kann die Dachfläche leicht gegen Süden geneigt werden und somit die solare Ausbeute optimiert werden. Der ursprüngliche Raster der umgeben-

den Industriegebäude bleibt im Konstruktionsraster der Halle erhalten. Dieser *Grid* wirkt sich auf den gesamten Baukörper aus.

Das Zusammenspiel der niedrigeren Produktionshalle und der auskragenden Lagerhalle in Kombination mit dem Ras-

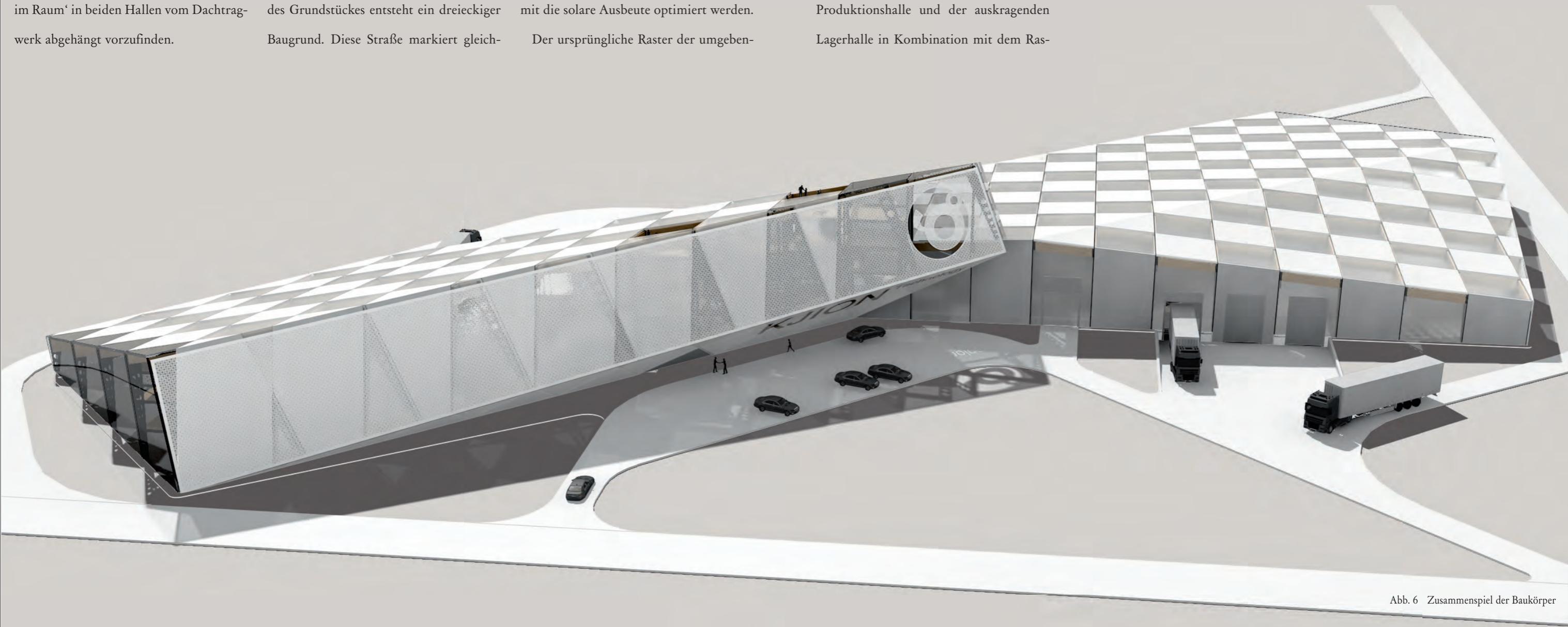


Abb. 6 Zusammenspiel der Baukörper

ter gibt dem Gebäude ein einmaliges Erscheinungsbild.

3.2 BAUKÖRPERENTWICKLUNG

Die beiden Baukörper müssen auf die unterschiedlichen internen Anforderungen eingehen und sich nach diesen richten.

Der ebenerdige Produktionsbereich wird in einem niederen Volumen untergebracht, um das zu klimatisierende Volumen klein zu halten. Aus diesem Grund wird die Dachfläche dieses Baukörpers auch geknickt. Der Lagerbereich hingegen fällt höher aus. Zum einen um Hochregale verwenden zu können, zum anderen um die Bürokuben einhängen zu können.

In beiden Fällen muss die notwendige Durchfahrthöhe für Gabelstapler berücksichtigt werden.

Die Bürokuben werden an der nördlichen Fassade der Lagerhalle angesiedelt. Das benötigte Volumen wird durch ein kippen des Baukörpers gegen Süden gewonnen. Dadurch entsteht eine Auskragung, die dem Besucher ein einprägsames Bild vermittelt. Gleichzeitig kann die ge-

neigte Dachfläche besser für solare Erträge genutzt werden.

3.3 REPRÄSENTATIVE FUNKTION

Der häufige Kundenkontakt verlangt nach einem einprägsameren Hallenkonzept.

Die Nordfassade ist jene Seite des Gebäudes, die der Besucher beim Erreichen des Gebäudes sieht. Hier befinden sich Parkmöglichkeiten und der Haupteingang. Ein repräsentatives Erscheinungsbild ist deshalb wünschenswert und wird durch das Kippen des Baukörpers erreicht. Es entsteht eine hoch aufragende, auskragende Gebäudefront, die sich durch eine Textilfassade zusätzlich vom restlichen Gebäude abhebt.

3.4 INDUSTRIELLER CHARAKTER

Der standardisierte Charakter der kostengünstigen orthogonalen Industriehalle spiegelt sich in diesem Baukörper nur symbolhaft über den Raster wider.

Viel wichtiger ist es, dass die Halle den Arbeitskräften eine freundliche Atmo-

sphäre bieten. Der Grundriss ist maßgeschneidert für die internen Funktionsabläufe und weicht auch deshalb von der strikt rechtwinkligen Form ab. Für die polygonale Grundrissform wiederum bietet sich ein Rastertragwerk an, um Trägerweiten und Bauteile konstant zu halten.

3.5 GRÜNRAUM

Neben der lichtdurchfluteten Atmosphäre im Innenraum verlangt es auch nach einem menschenfreundlichen Außenraum.

Aus diesem Grund ist nur etwa die Hälfte der Grundstücksfläche überbaut. Der restliche Bereich kann als Grünraum gestaltet werden. Als für den herkömmlichen Industriebau außergewöhnlicher Trend kann dieser helfen die meist abweisende Atmosphäre von Industriezonen aufzuwerten.

Anstelle von dicht aneinander gedrängten rein funktionalen Hallenbauten entsteht ein Bereich, der neben einer ansprechenden Halle auch Platz für die Grünraumgestaltung lässt.

3.6 BELICHTUNG

Die Halle wird über zahlreiche Oberlichten (Profilglasfelder mit transparenter Wärmedämmung) in der Dachhaut natürlich belichtet. Transparente Wärmedämmung sorgt trotz hoher Transluzenz für einen guten Wärmedurchgangskoeffizienten und erzeugt durch die Streuung von direktem Sonnenlicht ein angenehmes diffuses Licht im inneren der Halle. In Kombination mit einem Holztragwerk und einem hellen Bodenbelag entsteht eine lichtdurchflutete freundliche Halle.

Der Sichtkontakt nach außen, der für dauerhafte Arbeitsplätze von großer Bedeutung ist, bleibt durch die transparente Verglasung an der Westseite der Produktionshalle und an der Ost- und Nordseite der Lagerhalle erhalten.

3.7 ERWEITERBARKEIT

Die Erweiterbarkeit des Systems wird zugunsten des maßgeschneiderten Grundrisses und der Rückbaubarkeit vernachlässigt. Interessant ist hierbei der Ansatz, Bürokuben nachträglich in das System in-

tegrieren bzw. entfernen zu können.

3.8 MODULARER INNENRAUM

Im Innenraum sind die Bürokuben vom Tragwerk abgehängt. Dies einzelnen Module sind über Brücken zu einem komplexen Bürosystem mit allen notwendigen Versorgungsräumen verbunden und bilden einen eigenen Raum im Volumen der beiden Hallen.

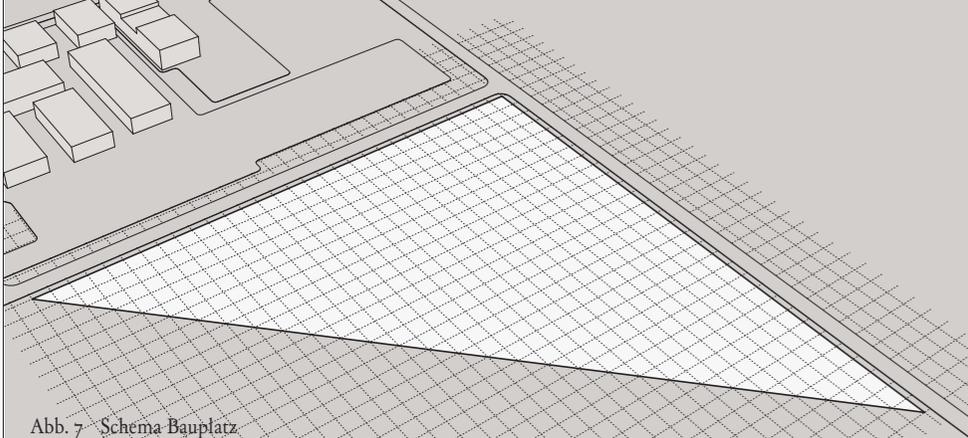


Abb. 7 Schema Bauplatz

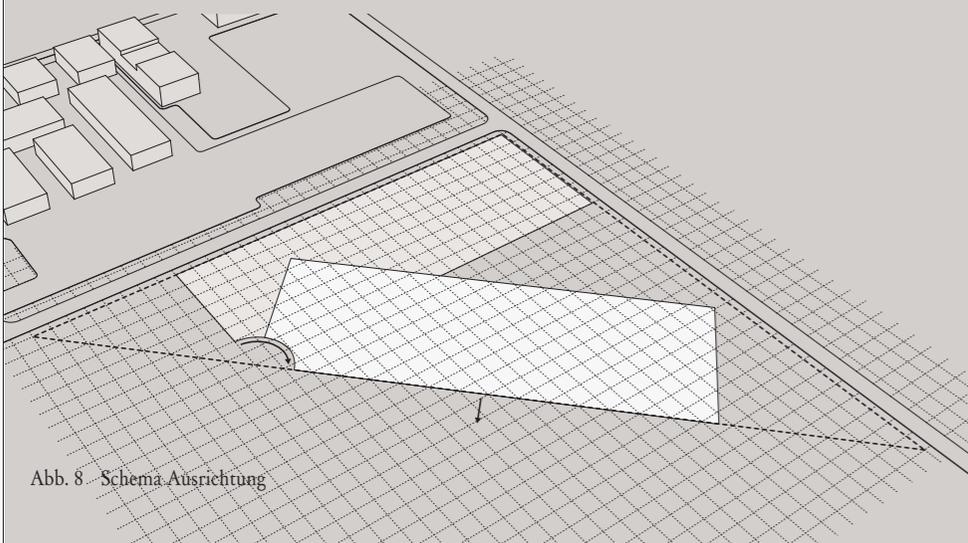


Abb. 8 Schema Ausrichtung

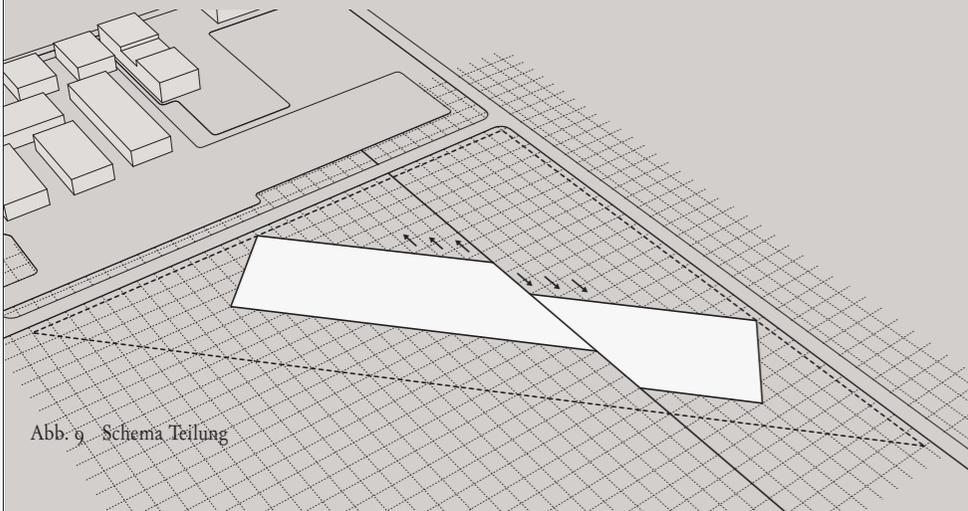


Abb. 9 Schema Teilung

3.9 SCHEMATISCHE DARSTELLUNGEN

3.9.1 BAUPLATZ

Eine zusätzliche Fluchtlinie am südlichen Ende des Bauplatzes macht das Grundstück zu einem gleichschenkeligen rechtwinkligen Dreieck.

3.9.2 AUSRICHTUNG

Die Hauptachsen des Baukörpers richten sich nicht nach dem bestehenden Raster sondern orientieren sich neu. Um 45° gedreht bekommt der Baukörper eine Ost-West Orientierung

3.9.3 TEILUNG

Es erfolgt eine Teilung der Fläche in einen Produktions- und in einen Lagerbereich. Die beiden Teilbereiche verschieben sich gegeneinander entlang des Bestandsrasters.

3.9.4 ERWEITERUNG

Die orthogonale Fläche wird um zwei Teilstücke erweitert. Dadurch entsteht zusätzliche Fläche und der Bauplatz wird besser ausgenutzt. Es verbleibt trotzdem Fläche für Erschließungsfläche und genügend Grünraum.

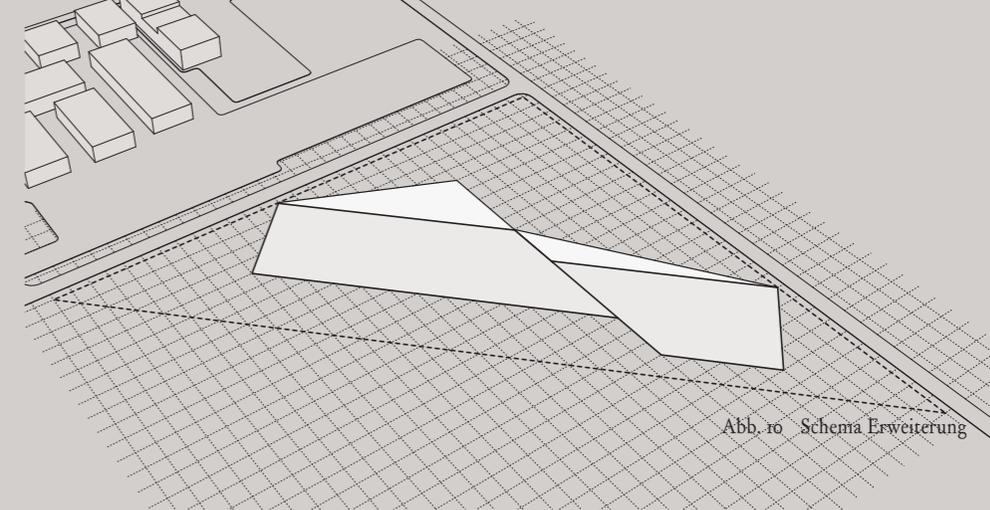


Abb. 10 Schema Erweiterung

3.9.5 VOLUMINA

Das Volumen der Produktionshalle verfügt über leichte Dachschrägen und entsteht aus einer einfachen Extrusion der Baufluchtlinien.

Das Volumen der Lagerhalle entsteht durch die Extrusion der Baufluchtlinien und ein anschließendes symbolisches Kippen des entstandenen Volumens gegen Süden.

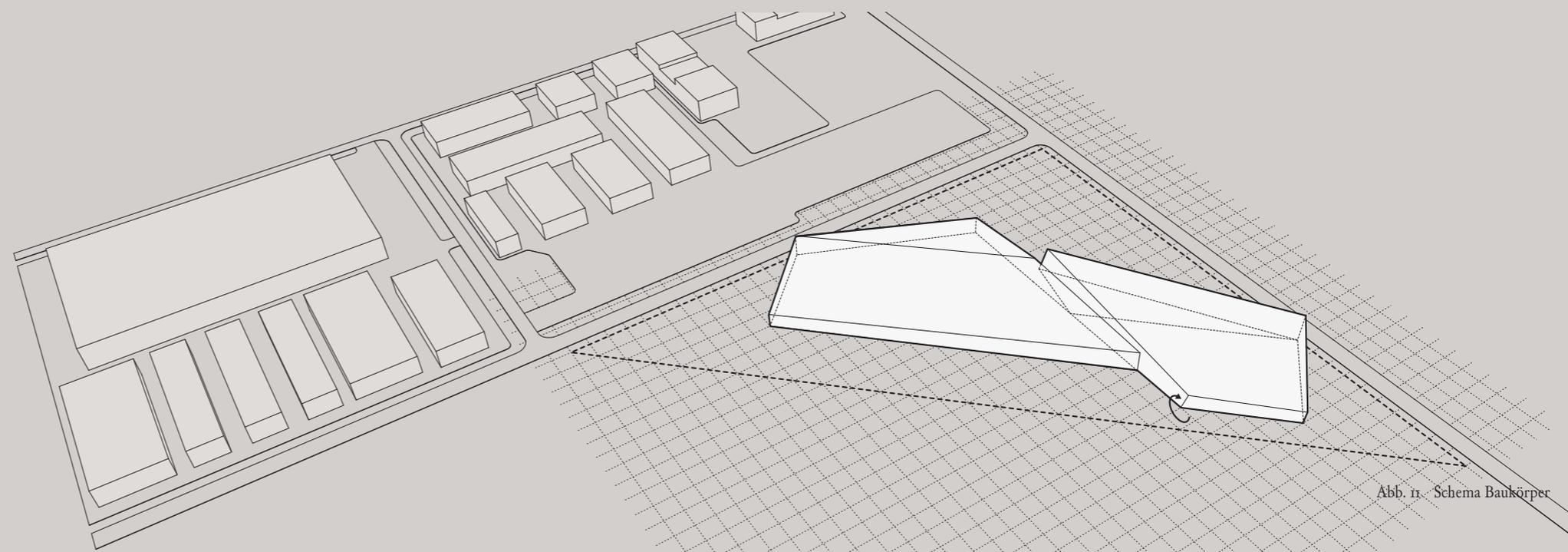


Abb. 11 Schema Baukörper

3.10 PERSPEKTIVE NORDOST

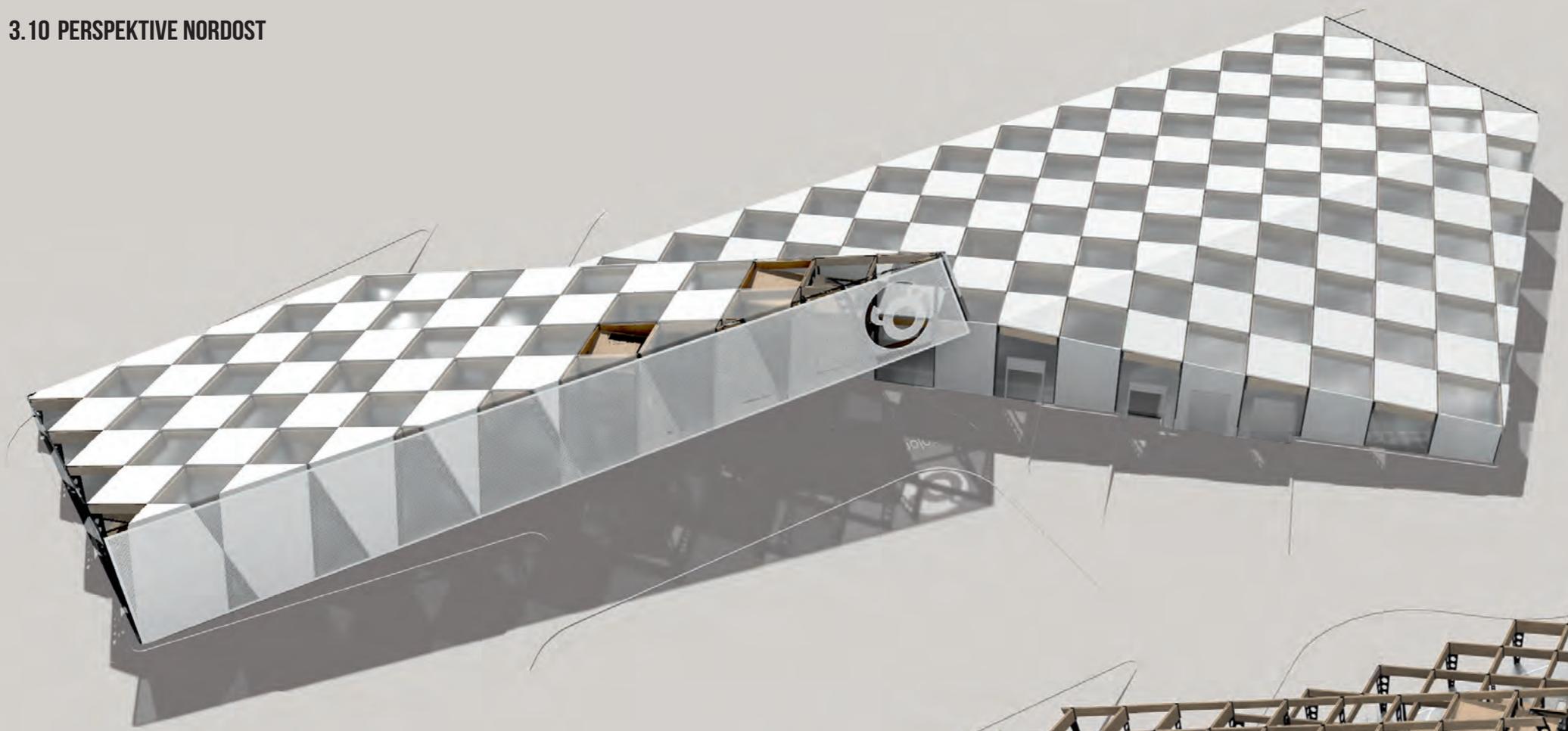


Abb. 12 Perspektive der Halle von Nordosten

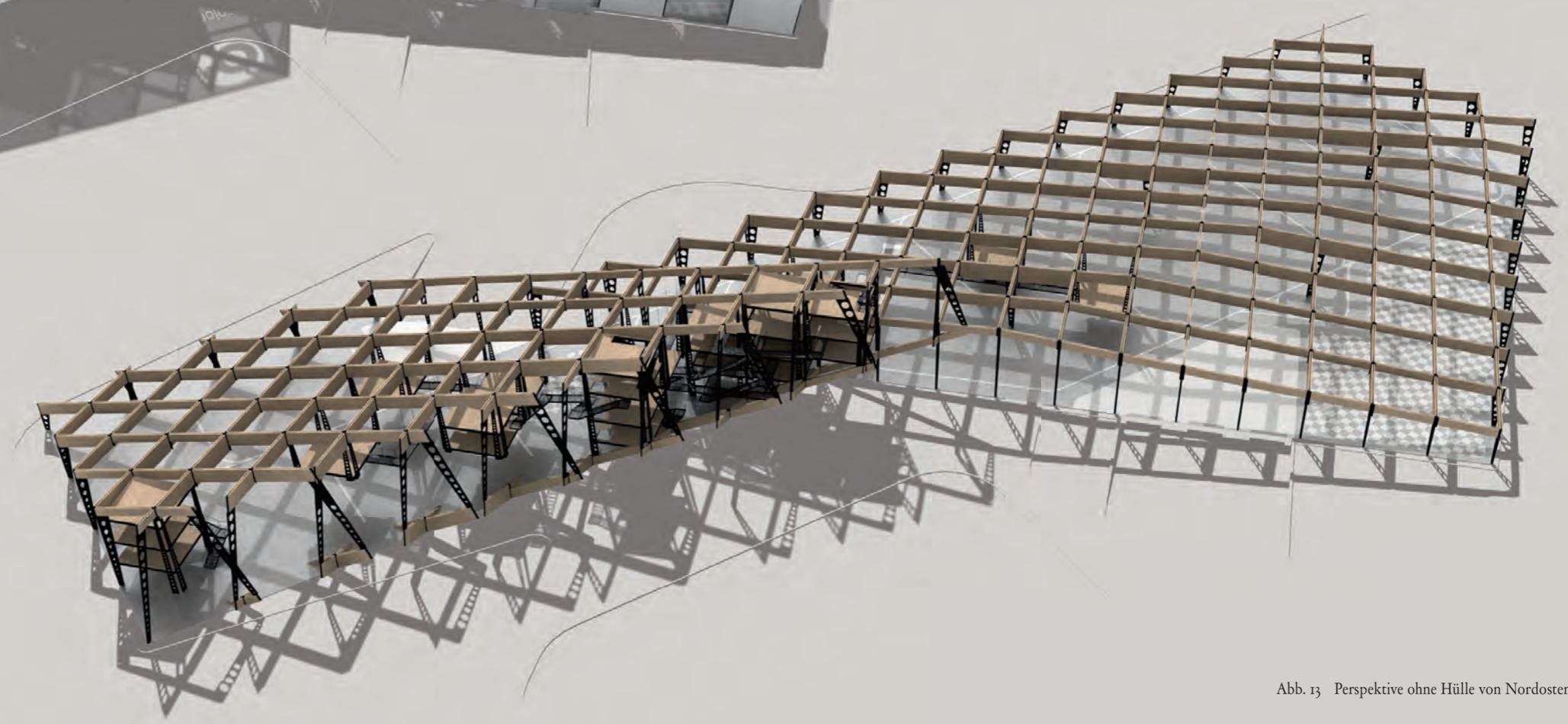


Abb. 13 Perspektive ohne Hülle von Nordosten

3.11 PERSPEKTIVE SÜDWESTEN

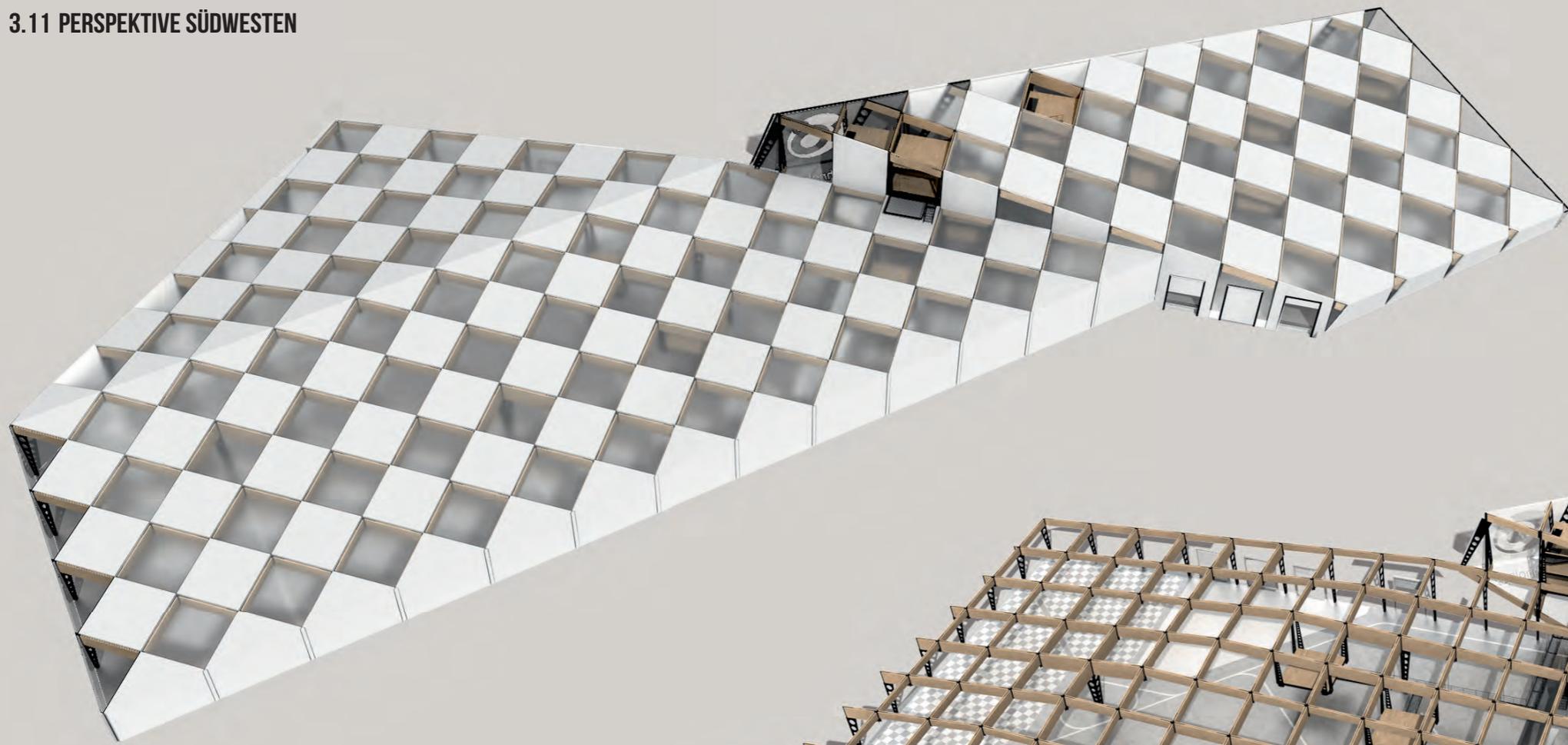


Abb. 14 Perspektive der Halle von Südwesten

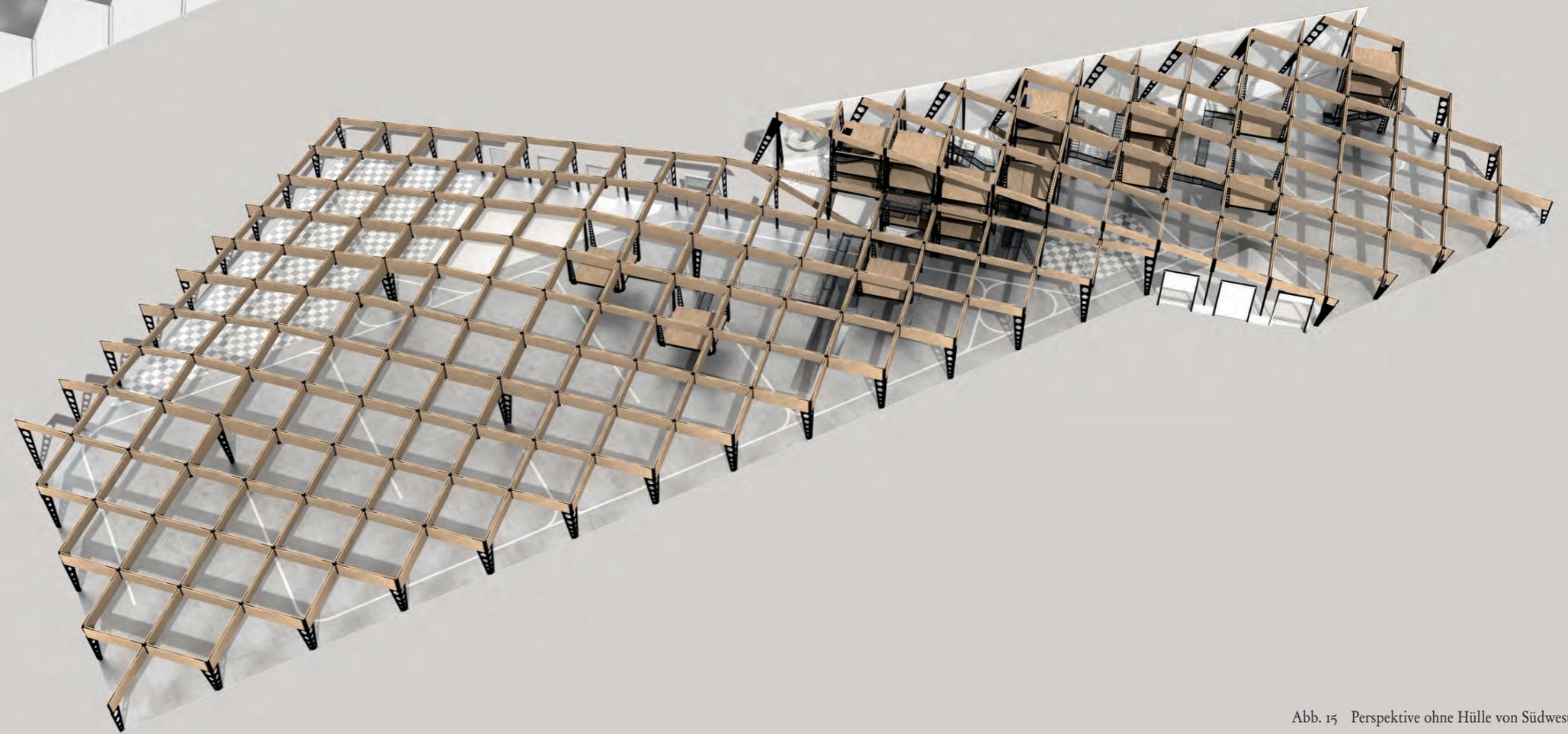


Abb. 15 Perspektive ohne Hülle von Südwesten

4 RAUMPROGRAMM

Entstehen soll ein Industrie- und Bürogebäude, in dem primär Akkumulatoren entworfen, hergestellt und gelagert werden.

Neben der Funktion als Produktions- und Lagerhalle muss genügend Bürofläche eingeplant werden um den gesamten Firmensitz unterzubringen.

Die Bruttogeschossfläche beträgt etwa 7000 m², wobei 4000 m² als Produktionsfläche ausgewiesen werden, 2000 m² als Lagerfläche und die restlichen 1000 m² als Bürofläche. Der Bruttorauminhalt beträgt etwa 70000 m³, davon entfallen 45000 m³ auf die Produktionshalle und 25000 m³ auf die Lagerhalle. Die Gesamtlänge und -breite betragen rund 185 m und 95 m. Der höchste Punkt der Produktionshalle liegt 10 m und jener der Lagerhalle 18 m über dem Erdgeschossniveau. Die Neigung der Dachfläche liegt zwischen 4° und 20°.

4.1 PRODUKTION

Der flächenmäßig größte Teil des Gebäudes ist die Produktionshalle. Hier wird

angeliefert, sortiert und assembliert. Das Zusammensetzen des sogenannten Cores nimmt dabei den Hauptanteil der Fläche ein. Das Gehäuse für die Akkukerne wird schon nahe der Anlieferung hergestellt.

Ein weiterer Bereich widmet sich dem Recycling, speziell von Verpackungsmaterial aber auch von gebrauchter Ware, um auch auf diesem Gebiet dem Gedanken der Nachhaltigkeit nachzukommen. Als letzter Schritt im Herstellungsprozess werden die fertig zusammengesetzten Akkus geladen.

4.2 LADESTATION

Hier werden die fertig assemblierten Akkus geladen. Dieser Bereich wird aus sicherheitstechnischen Gründen (Explosionsgefahr) unterirdisch angesiedelt und verfügt über entsprechende Schächte direkt nach draußen. Architektonisch gesehen nimmt dieser Teil des Gebäudes eine untergeordnete Rolle ein, für die Haustechnik und das nachhaltige Energiekonzept jedoch gilt dieser als Herz des Systems. Hier ist die Schnittstelle zwischen Energiegewinn und -verbrauch.

4.3 LAGER

Im Lagerbereich werden die geladenen Akkus in einem eigens zugewiesenen Bereich stichprobenartig geprüft. Dieser dient ebenfalls als Labor zur Weiterentwicklung der Produkte. Anschließend erfolgt die Einlagerung und der Abtransport.

Hier befindet sich neben dem Hauptein-

gang auch die ebenerdige Erschließung des Bürobereiches.

4.4 BÜRO

Die Halle soll neben der Produktions- und Lagerfläche auch über etwa 1000 m² Bürofläche verfügen. Untergebracht wird diese in Kuben, die großteils vom Tragwerk der Halle abgehängt werden. Die

meisten dieser Bürowürfel sind in der Lagerhalle angesiedelt um den störenden Faktor der Lärmbelastigung zu verringern. Durch die direkte Integration in die Halle kann ein ständiger Austausch zwischen den unterschiedlichen Berufsgruppen stattfinden.

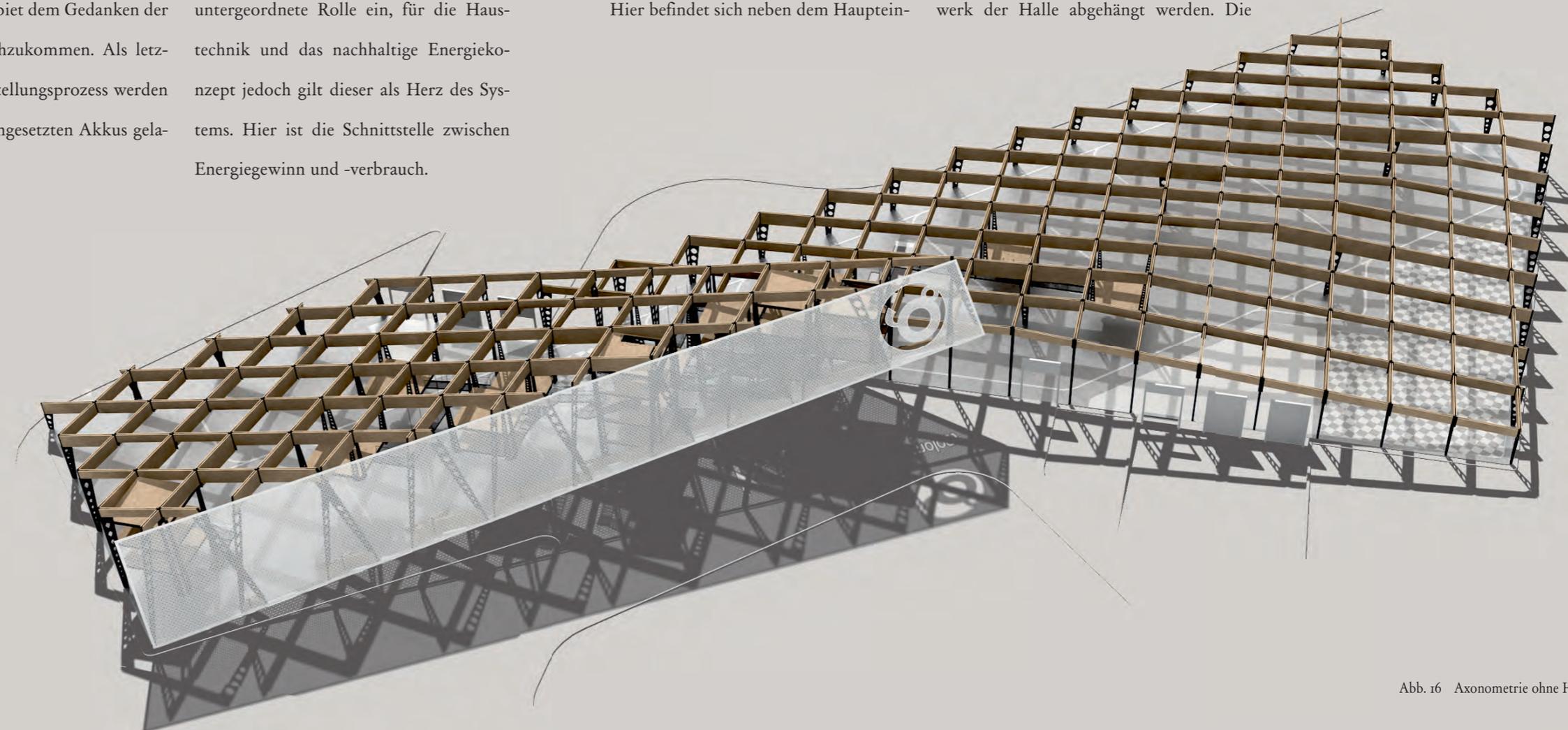


Abb. 16 Axonometrie ohne Hülle

4.5 EXTERNES WEGENETZ

Die Haupterschließung erfolgt von Südwesten über die durch das Industriegebiet Strebersdorf laufende Apfelstraße. Von dort aus wird das Grundstück über mehrere Zubringer für PKW und LKW Verkehr erschlossen.

4.5.1 PKW VERKEHR

Mitarbeiter und Besucher können das Gelände mit dem Auto erreichen. Verschattete Parkmöglichkeiten befinden sich unmittelbar vor dem Eingangsbereich am nördlichen Ende der Lagerhalle. Dieser durch eine Auskragung und eine textile Fassade aufgewertete Bereich wird vom Besucher beim Erreichen der Halle offenbart.

4.5.2 LKW VERKEHR

Der LKW Verkehr wird über ein eigenes Wegenetz geführt. Es wird darauf geachtet, dass sich dieses und die Fahrbahnen des PKW Verkehrs nicht überschneiden. Warenein- und Ausgang werden getrennt geregelt.

4.5.3 LKW DOCKS

Die Docks befinden sich an der Schnittachse zwischen Produktions- und Lagerhalle und sind am Konstruktionsraster ausgerichtet. Ein Wenden ist für Lastfahrzeuge weder beim Wareneingang noch beim Warenausgang notwendig.

4.5.4 FUSSGÄNGER-/RADFAHRERVERKEHR

Anrainer und Personen die mit Bahn bzw. Bus anreisen können das Grundstück zu Fuß aufsuchen. Ein Erreichen mit dem Rad ist durchaus denkbar. Die relativ große Distanz zur Wiener Innenstadt legt eine Verwendung von E-Bikes nahe. Aus diesem Grund sollen Ladestationen für elektrisch unterstützte Räder das Interesse der Mitarbeiter an dieser Art der Fortbewegung anregen.

4.5.5 ÖFFENTLICHE VERKEHRSMITTEL

Neben einer guten Busanbindung gibt es auch die Möglichkeit das Industriegebiet per Bahn zu erreichen. Die Station befindet sich allerdings nicht in unmittelbarer Nähe zum Grundstück.

4.6 INTERNES WEGENETZ

Die Halle gliedert sich in einen Produktions-, einen Lager- und einen Bürobereich. Da die drei Bereiche unter einem Dach angesiedelt werden, stellt sich die Herausforderung störende Überschneidungen des Wegenetzes zu vermeiden. Dabei gibt es zwei Zyklen - einen für den Warenverkehr und einer für den Büroablauf. Ersterer befindet sich ebenerdig und durchläuft erst den Produktionsbereich und anschließend den Lagerbereich. Zweiter befindet sich abgehängt vom Dachtragwerk eine Ebene über dem restlichen Geschehen.

Außerdem gibt es eine Ladestation für die hergestellten Akkus, die aus sicherheitstechnischen Gründen unterirdisch installiert wird.

4.6.1 PRODUKTIONSBEREICH

Das gesamte Projekt ist auf die Herstellung und Lagerung von Akkus, die speziell für elektrisch betriebene Fortbewegungsmittel produziert werden, ausgelegt.

Im ersten Schritt werden vorgefertigte

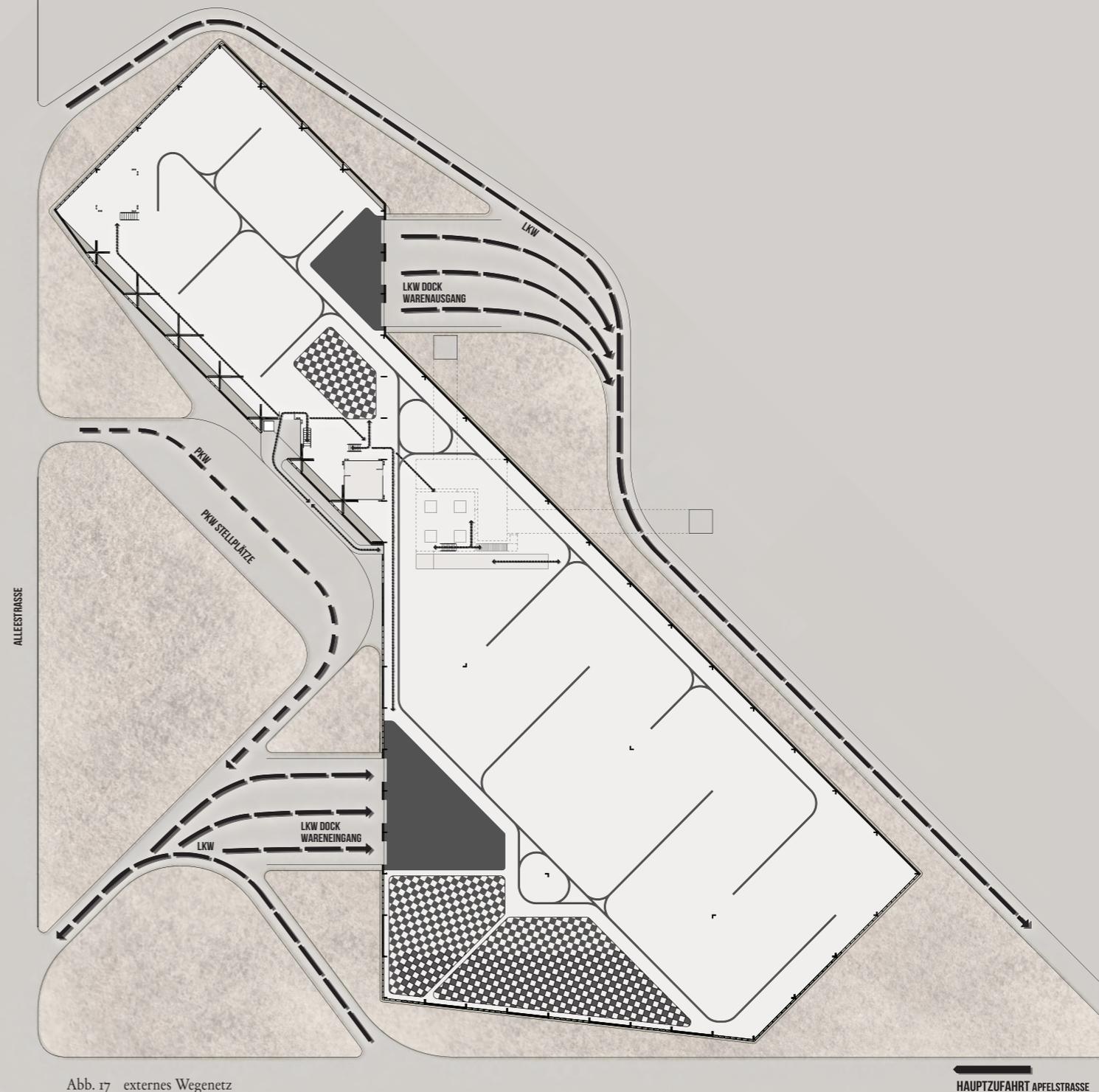


Abb. 17 externes Wegenetz

HAUPTZUFABRT APFELSTRASSE

Teile angeliefert. In zwei unterschiedlichen Bereichen werden die Akkühüllen zusammengesetzt (Case Herstellung) bzw. die Kerne der Akkus (Core Herstellung) hergestellt. Die notwendigen Zonen sind im Grundriss eingezeichnet. Anschließend werden die fertig assemblierten Akkus über den südlichen Bereich der Produktionshalle zur Ladestation im Zentrum der Anlage gebracht.

4.6.2 LADESTATION

Dies ist eine sehr technische Einrichtung. Die Akkus werden in einem unterirdischen Bereich in mehreren Zyklen geladung und entladen. Der notwendige Raum ist eher symbolisch dargestellt. Berücksichtigt werden allerdings die notwendigen Kanäle, die im Falle einer Explosion im Laderaum die Energie ins Freie abführen können. Von hier werden die entladenen Akkus in den Lagerbereich gebracht.

Dieser Bereich gilt außerdem als energetische Zentrale des Gebäudes. Hier wird die gewonnene Energie gespeichert und verwaltet.

4.6.3 LAGERBEREICH

Dieser Hallenteil bietet auf einer Fläche von knapp 2000 m² ein großes Depot für die hergestellten Akkus. Im direkten Anschluss befinden sich die LKW Docks für den Warenausgang.

4.6.4 LABOR/ WARENTEST

Die fertigen Produkte müssen getestet werden bzw. werden diese von Zeit zu Zeit weiterentwickelt. Dafür dient ein kleiner Bereich am Übergang von Produktions- zu Lagerhalle. Dieser ist auch vom Bürobereich schnell erreichbar.

4.6.5 BÜROBEREICH

Die Halle dient neben ihren Funktionen als Produktion- und Lagerort auch als Firmensitz. Eine Bürofläche von etwa 1000 m² muss untergebracht werden. Anstelle eines eigenen oder an die Halle anschließenden Baukörpers wird der notwendige Raum direkt in die Halle integriert. Dies erfolgt über mehrere, dem Raster angepasste eingehängt Kuben, die untereinander verbunden sind. Dadurch bleibt der

ebenerdige, großteils stützenfreie Hallenbereich alleine der Produktion und Lagerung vorbehalten.

Die Zellen müssen über eine eigene Klimatisierung verfügen. Dabei dient der Hallenbereich als Temperaturpuffer und erlaubt eine Verglasung der Kuben. Diese hat neben wärme- auch schallsolierende Bedingungen zu erfüllen.

Eine mögliche Geräuschbelästigung der Büroräume durch den Maschinenlärm in der Halle wird durch die Ansiedelung der Kuben im beruhigten Lagerbereich weiter reduziert.

4.6.6 EINGANGSBEREICHE

Im Norden der Lagerhalle befindet sich der Haupteingang. Von dort aus gelangt man in die Halle oder in den höhergelegenen Bürobereich.

Daneben gibt es noch die Warendocks und ein ebenerdiges Garagentor nahe dem Eingang.

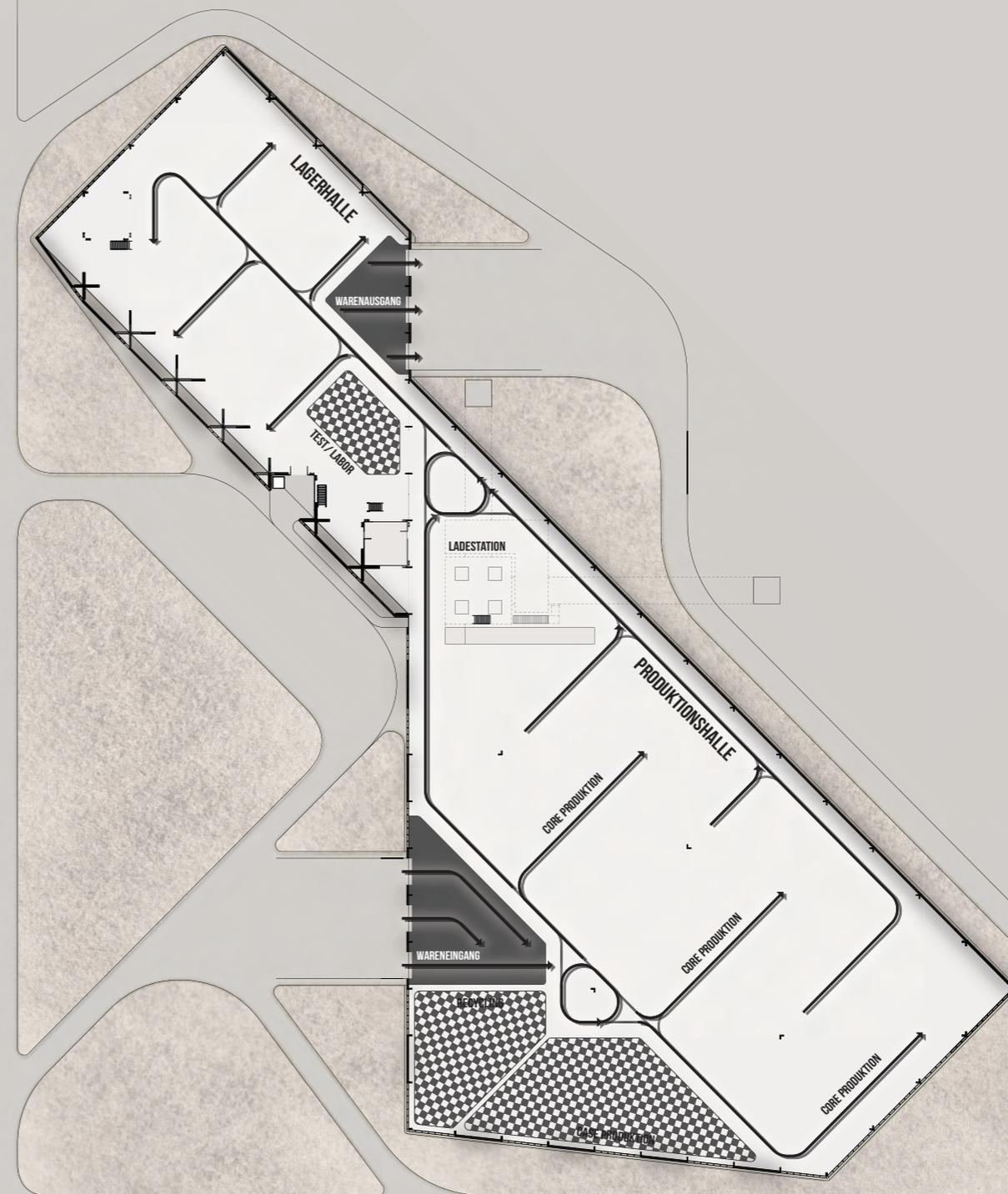


Abb. 18 internes Wegenetz

5 PLANDARSTELLUNGEN

5.1 GRUNDRISS ERDGESCHOSS

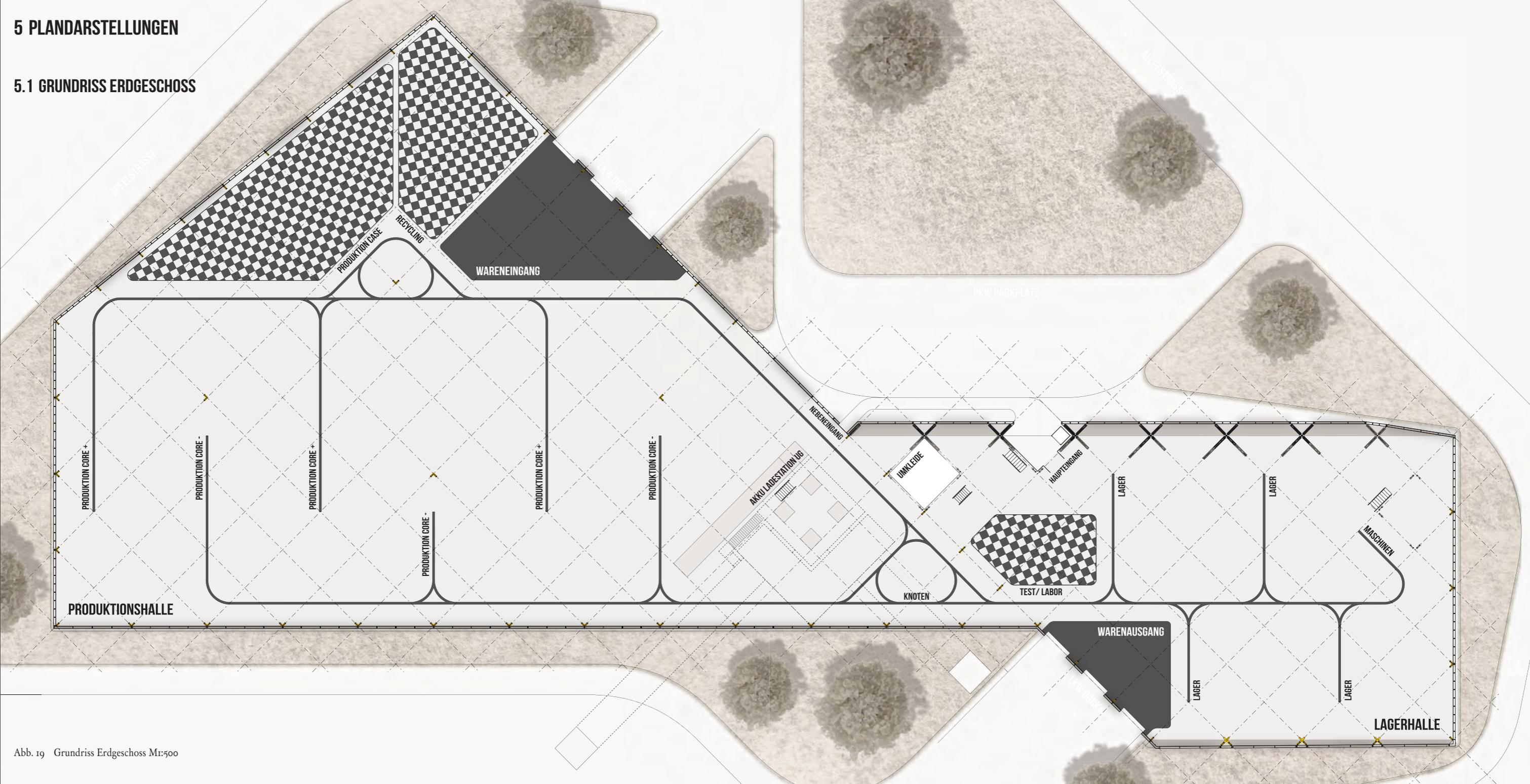


Abb. 19 Grundriss Erdgeschoss M1:500

5.2 GRUNDRISS 1.OBERGESCHOSS

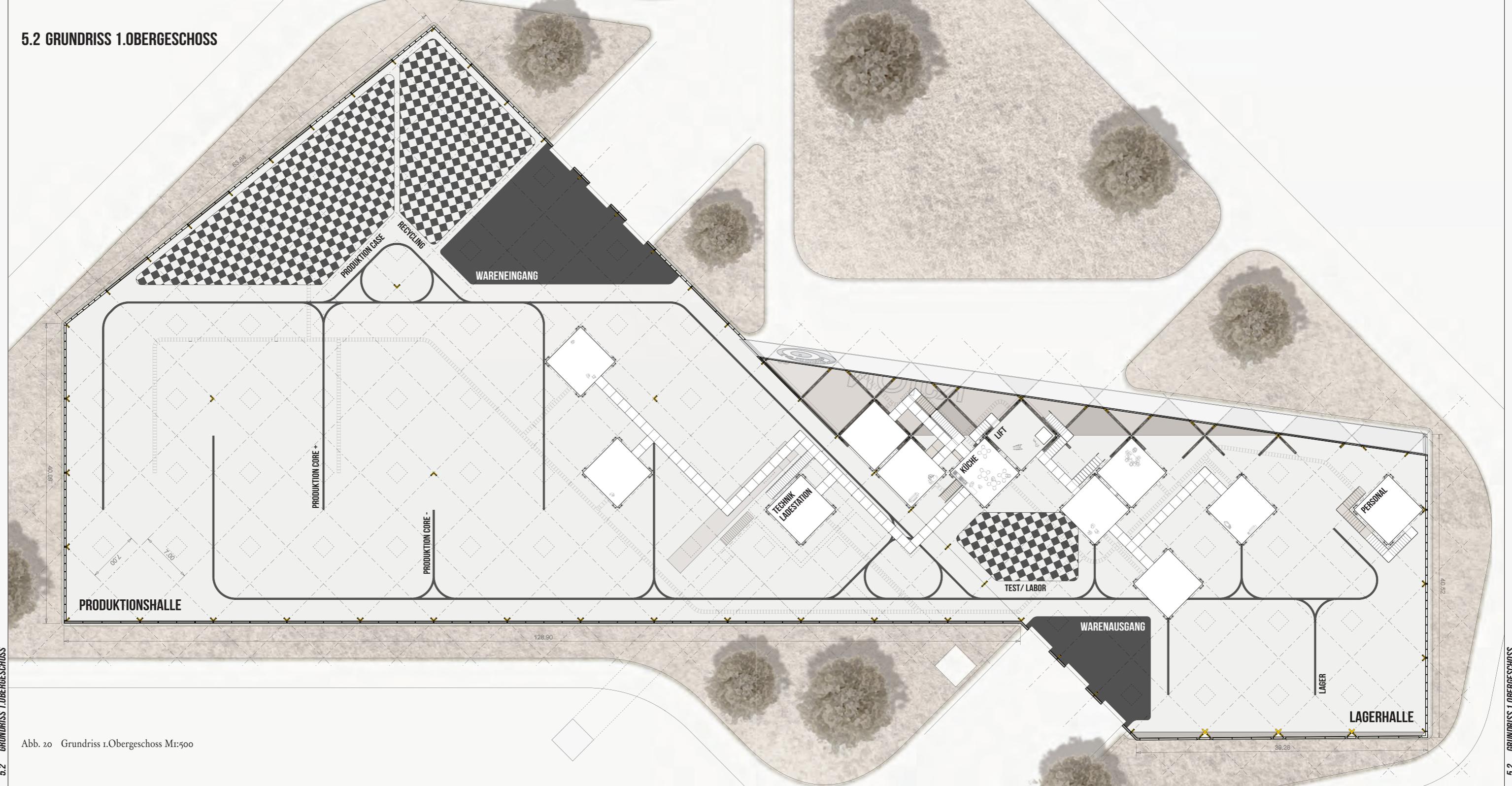


Abb. 20 Grundriss 1.Obergeschoss M1:500

5.3 GRUNDRISS 2.OBERGESCHOSS

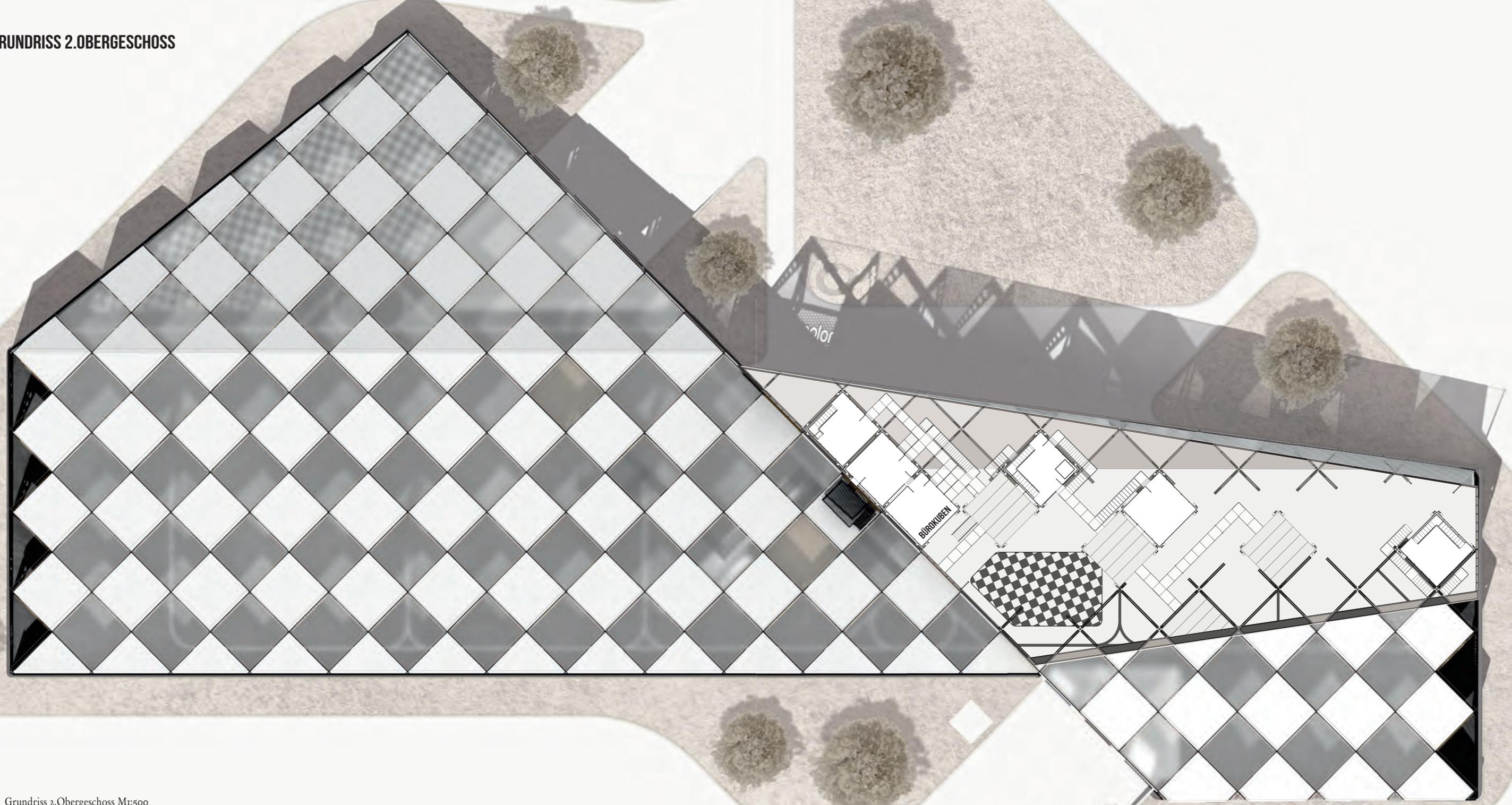
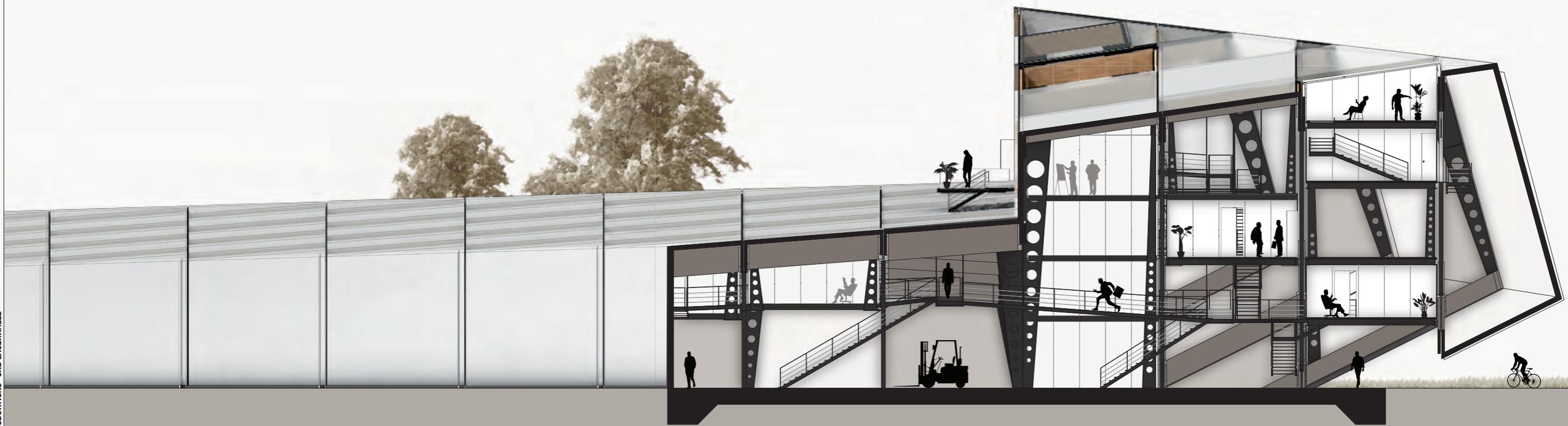
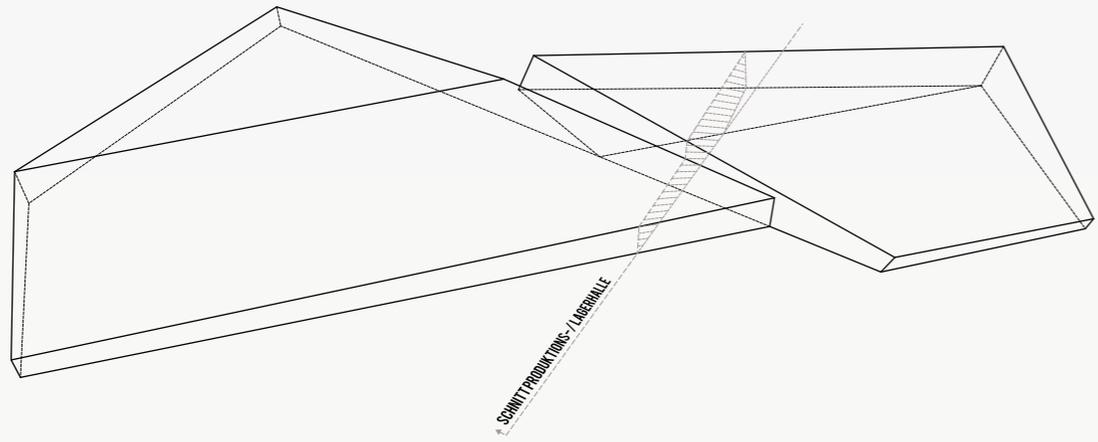
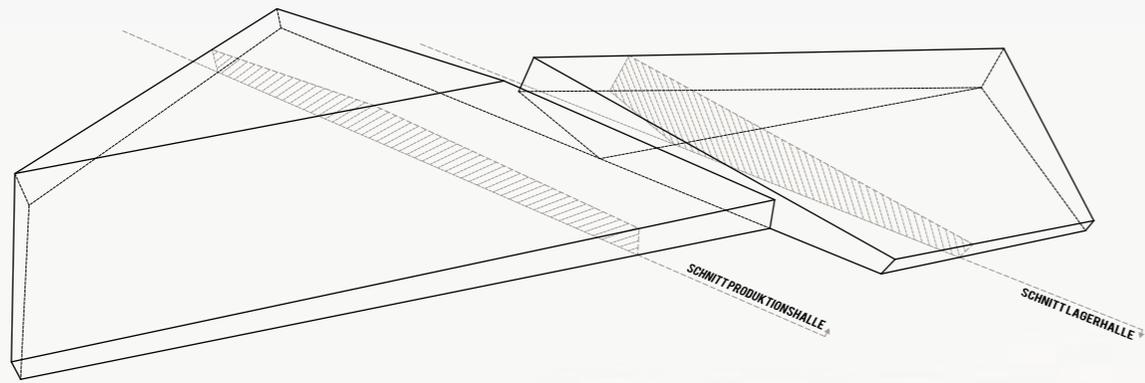


Abb. 21 Grundriss 2.Obergeschoss M1:500



5.4 SCHNITT PRODUKTIONS- UND LAGERHALLE

Abb. 22 Schnitt Produktions- und Lagerhalle M1:200



5.5 SCHNITT LAGERHALLE

Abb. 23 Schnitt Lagerhalle M1:500



5.6 SCHNITT PRODUKTIONSHALLE

Abb. 24 Schnitt Produktionshalle M1:500

5.7 ANSICHT NORD

Die Ansicht zeigt den Blick von Norden auf die Lagerhalle links und die Produktionshalle rechts.

Auffallend ist die textile Fassade, die sich dem Kunden präsentiert und den Eingangsbereich markiert.



Abb. 25 Ansicht Nord

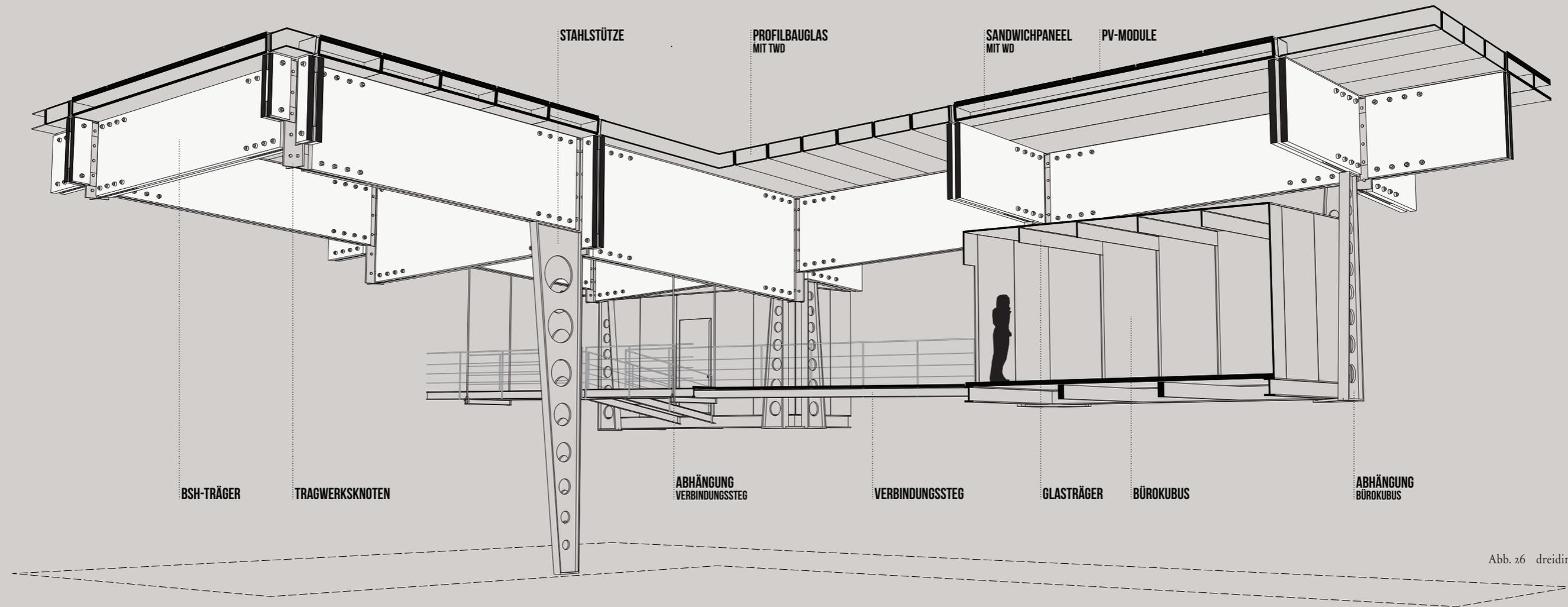


Abb. 26 dreidimensionaler Detailschnitt

5.8 DETAIL 3D SCHNITT

In diesem Systemdetail wird ein Schnitt durch die wichtigsten Bestandteile der Halle gelegt. Dazu gehören die Gebäudehülle, das Tragwerk und die abgehängten Büros.

Die *Hülle* besteht einerseits aus den transluzenten Feldern - etwa Profilbauglas mit innenliegender transparenter Wärmedämmung - und andererseits aus den opaken Feldern - etwa Holztafelbauweise. Diese beiden Konstruktionen erlauben die

Rückbaubarkeit der Hülle.

Das *Tragwerk* besteht aus BSH-Trägern, die mittels Stahlknoten zu einer Rasterstruktur verbunden werden. Die Verbindungen müssen rückbaubar bleiben, um Holz und Stahl des Tragwerks trennen und

wiederverwenden zu können. Die Stützen sind in Stahl gefertigt, wodurch die Sockelzone gegen Aufpralllasten resistent ist. Der reduzierte Querschnitt einer Stahlstütze lässt den Raum offener wirken.

Außerdem wird der Raum im Raum, die

eingehängten Büro Kuben gezeigt. Während die Produktion und Lagerung im ebenerdigen Bereich stattfindet, dienen die darüberliegenden Räume dem Entwurf, der Entwicklung und der Verwaltung. Einer Verschneidung der Bereiche wird ver-

mieden. Trotzdem besteht ein ständiger Kontakt. Die separat klimatisierten Räume sind vom Haupttragwerk abgehängt und über Brücken verbunden.

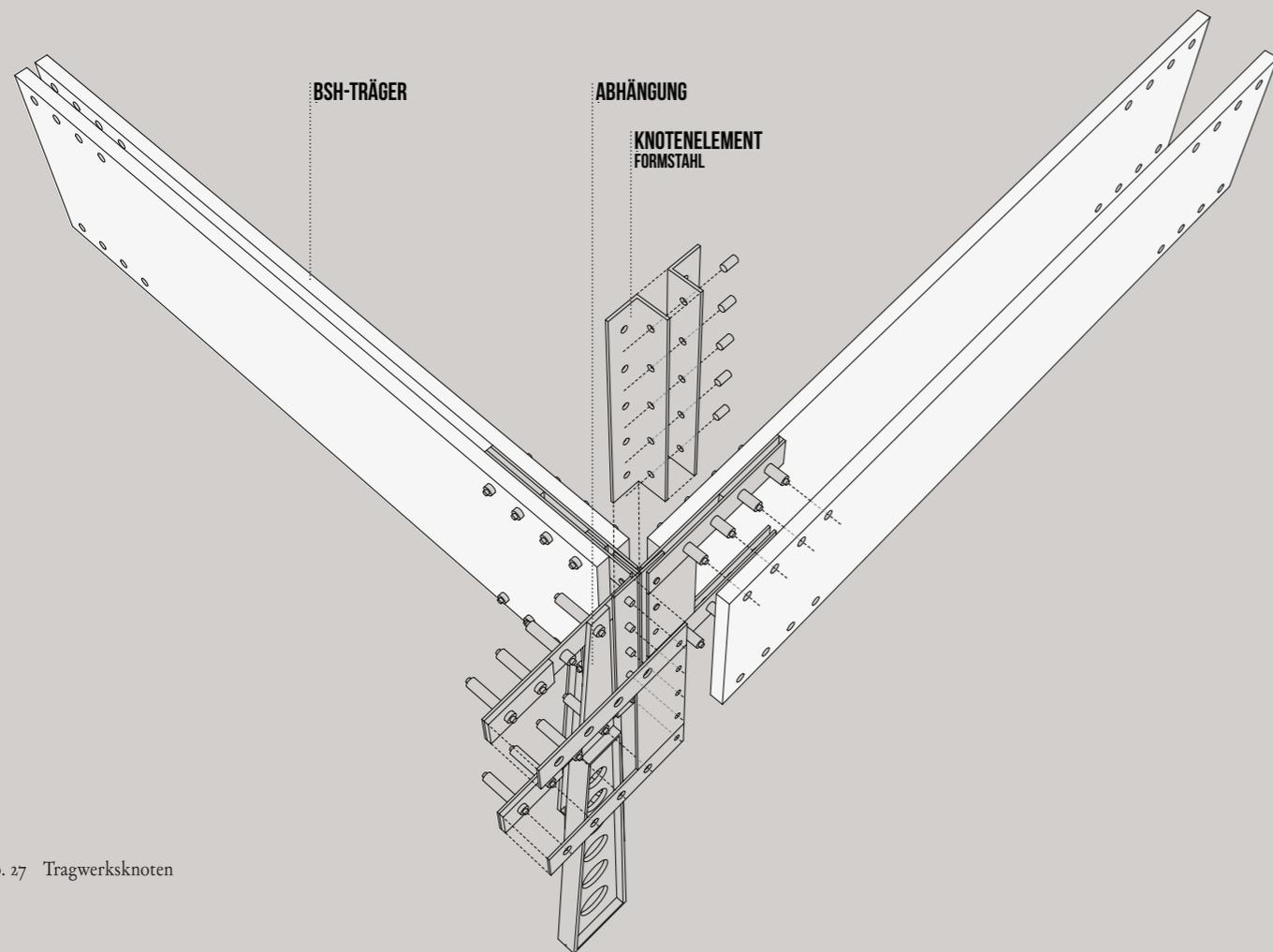


Abb. 27 Tragwerksknoten

5.9 DETAIL TRAGWERKSKNOTEN

Das Tragwerk soll einen hohen Grad an Vorfertigung und möglicher Rückbaubarkeit aufweisen. Es wird auf Stahlknoten in Verbindung mit Brett-schichtholzträgern zurückgegriffen.

Abhängungen und Stützen sind in das System mit den Zwillingsträgern integriert, indem sie zwischen den parallelen Knotenblechen befestigt werden.

Die Darstellung zeigt ein System, bei dem auf Schweißarbeiten verzichtet wer-

den kann.

Zur Aussteifung des System in der Dachebene können Seile an den Knotenpunkten befestigt werden.

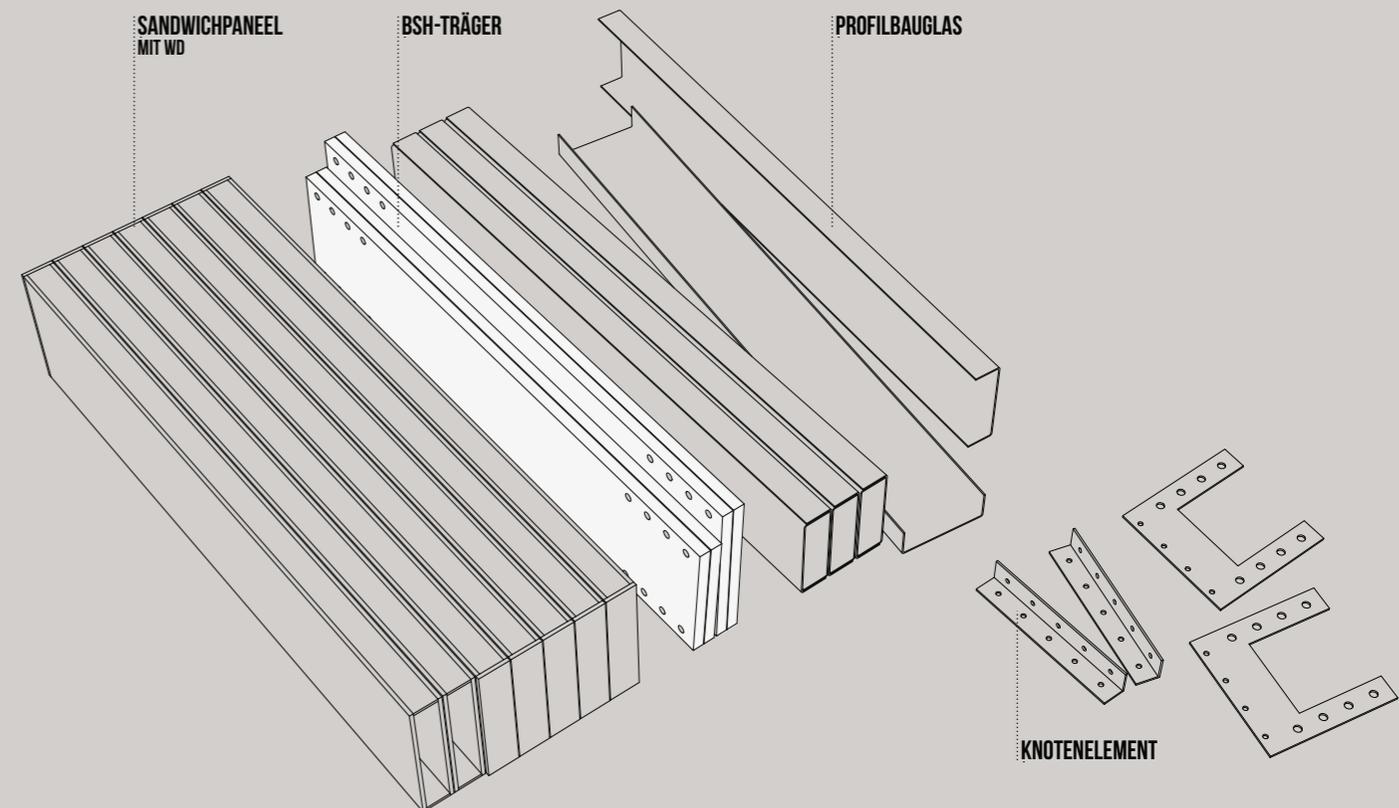


Abb. 28 Vorfertigung

5.10 FERTIGUNG UND TRANSPORT

Die Rasterweite muss mehrere Größen berücksichtigen. Darunter fallen passende Abmessungen für die Bürokuben, eine umsetzbare Spannweite und nicht zuletzt transportfreundliche vorgefertigte Trag-

werks- und Gebäudehüllenelemente.

Mit der Rasterweite von 7 m bekommt man Räume mit etwa 49 m² Bürofläche und Elemente die sich auf den Ladeflächen eines Lastzuges anordnen lassen.

Durch diese Weite bekommt man ein

ausgewogenes Verhältnis zwischen der Anzahl an Einzelteilen und wirtschaftlicher Spannweite.

6 ENTWURFSPROZESS

„Green Grid“ setzt sich aus den Begriffen „Green Building“ und „Smart Grid“ zusammen. Der nachhaltige Aspekt mit einer intelligenten energetischen Vernetzung ist das Entwurfsziel. Es soll ein einzigartiges Projekt entstehen, das als Prototyp Stärken in seinem Feld aufzeigen kann. Um die Ideen vermitteln zu können wird das Projekt parametrisch veränderbar entworfen. Nur auf diese Weise sind die unterschiedlichen Größen in einem Entwurf zu vereinen.

Da diese untereinander derart verknüpft sind, können selbst kleinste Änderungen das gesamte System beeinflussen. Die automatisierten Prozesse helfen ein optimales Ergebnis zu erzielen.

6.1 DIE PARAMETER

Zusammengefasst in einem *Script* werden dabei Parameter wie die Ausrichtung, die Grundfläche, das Volumen, die Rasterweite, die Dachneigung, die Stützweite, statische Größen und die natürliche Belichtung berücksichtigt.



Abb. 29 Script zur Optimierung der Geometrie

Am Beispiel der Rasterweite lässt sich das System gut erklären. Diese steht in engem Zusammenhang mit der Statik, der Größe der einzelnen Bürokuben und maximalen Transportgrößen. Für die Grundfläche der Kuben eignet sich etwa ein Wert von 16 m^2 ($4 \times 4 \text{ m}$) - 49 m^2 ($7 \times 7 \text{ m}$). Diese Größe wird anschließend als Intervall festgelegt. Ein Algorithmus berechnet nun die Biegemomente in den einzelnen Trägern für die unterschiedlichen Rasterweiten, generiert Träger mit entsprechenden Höhen und gibt das benötigte Holzvolumen an.

Auf diese Weise lässt sich das optimale Verhältnis von Material und Arbeitsraum erarbeiten. Gleichzeitig berücksichtigt der Algorithmus die notwendigen Stützen und bringt diese in die richtige Position.

Die unterschiedlichen Parameter, vereint in einem automatisierten Script helfen somit die Geometrie generieren zu können und ermöglichen darüber hinaus das Entwerfen und Studieren variabler Entwürfe um ein optimiertes Ergebnis zu erhalten.

6.1.1 BAUKÖRPERGEOMETRIE

Der erste Schritt beschäftigt sich mit der Festlegung der separaten Volumina für Produktions- und Lagerhalle. Hier werden gewünschte Werte festgelegt, die Positionierung zueinander ausgelotet, Ge-

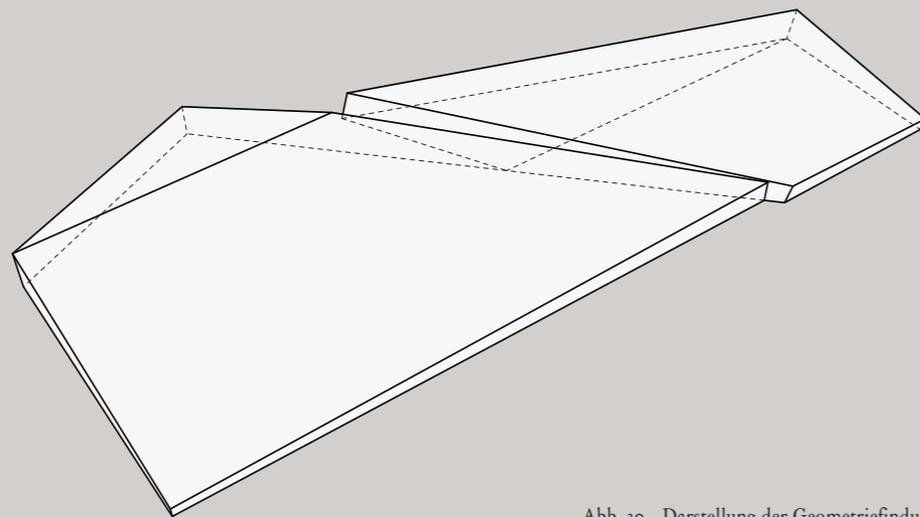


Abb. 30 Darstellung der Geometriefindung

bäudekanten definiert und Auskragungen geschaffen.

Nachfolgende Faktoren entscheiden maßgebend über die resultierende Geometrie.

Die Fläche für die Produktion entspricht mit 4000 m^2 etwa dem Doppelten der Lagerfläche.

Dachflächen mit einer Neigung nach Süden ermöglichen eine bessere Ausbeute der Sonnenenergie.

Mindesthöhen für den internen Gabelstaplerverkehr sind in beiden Hallen einzuhalten, wobei genügend Raum für die

eingehängten Bürokuben berücksichtigt werden muss. Gleichzeitig schwächen zu große Höhen das energetische Konzept, da mehr Innenraum klimatisiert werden muss.

Eine Auskragung der Lagerhalle an der nördlichen Seite gilt als Blickfang und soll dementsprechend wirken.

An der am Außenraum grenzenden Schnittlinie zwischen Produktions- und Lagerhalle muss genügend Platz für LKW Docks vorhanden sein.

Durch das Zusammenlegen dieser Werte kann die Grundgeometrie der Baukörper sowohl gestalterisch als auch bauökologisch und -ökonomisch optimiert werden. Auch in späteren Entwurfsstadien können Änderungen dieses ersten Schrittes auf einfache Weise vorgenommen werden, wodurch eine große Flexibilität erhalten bleibt.

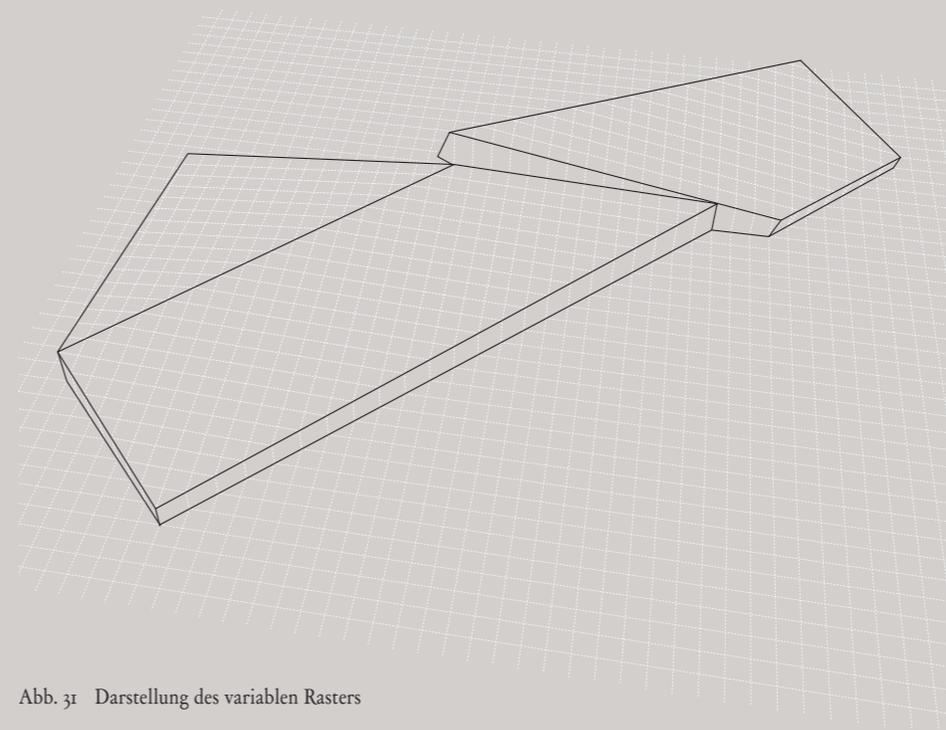


Abb. 31 Darstellung des variablen Rasters

6.1.2 GEBÄUDERASTER

Für die orthogonale Ausrichtung des Rasters ist die Anordnung der umliegenden Industriehallen verantwortlich. Die Baukörpergeometrie, die dieser Orientierung um 45° geneigt eingetrifft, erhält dadurch einen diagonalen Gebäuderaster, an dem sich neben dem Innenraum auch Tragwerk und Hüllfläche richten.

Der offene Faktor bleibt die Rasterweite. Für die letztliche Wahl des Abstandmaßes wurden zahlreiche Punkte berücksichtigt. Zu diesen zählen die statischen

Größen, die Transportmöglichkeit der einzelnen vorgefertigten Bauteile und die Gliederung der Hüllfläche in opake und transluzente Felder. Neben diesen technischen Aspekten hat die Wahl der Rasterweite auch Auswirkung auf die Größe der Bürokuben.

6.1.3 STATIK

Die statische Vordimensionierung des Tragwerks wird aus zwei Gründen vorgenommen. Einerseits kann der Kräfteverlauf in dem unkonventionellen System dargestellt und andererseits kann basierend auf diesen Werten die Dimensionierung der Träger angepasst werden. Durch die Materialeinsparung wird das Eigengewicht reduziert und das gesamte System gewinnt durch die Ressourcenschonung an Nachhaltigkeit.

Die Berechnung erfolgt mittels dem Grasshopper¹ Plugin Karamba².

Berücksichtigt werden neben der Ei-

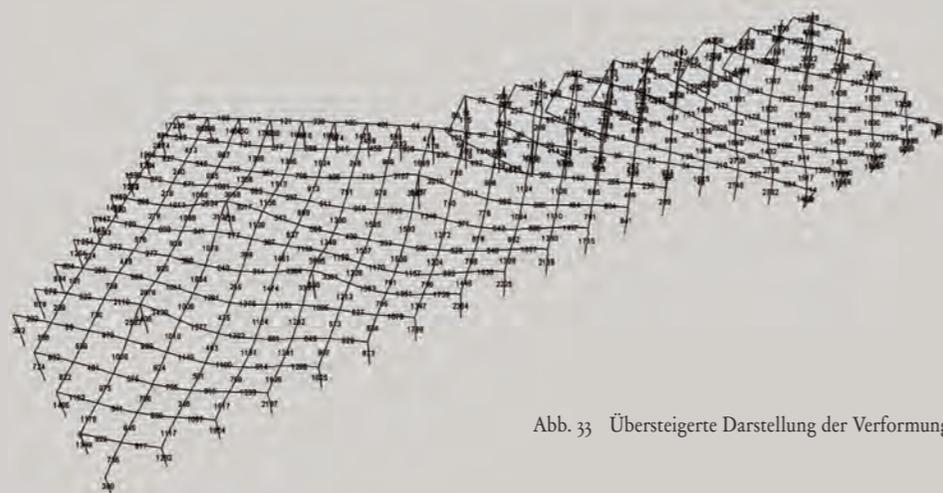


Abb. 33 Übersteigerte Darstellung der Verformung

genlast auch die Schnee- (in Wien 1,6 -2,2 kN/m²³), Wind- (aufgrund der niedrigen Gebäudehöhe etwa 0,5 kN/m²⁴), und Nutzlasten. Letztere machen sich im Falle des Dachtragwerkes speziell durch die Bespielung der eingehängten Büro Kuben

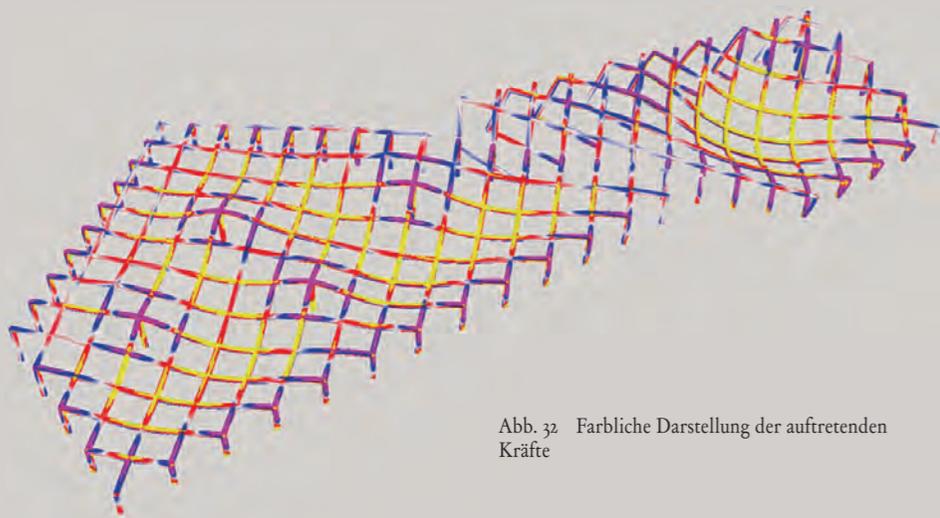


Abb. 32 Farbliche Darstellung der auftretenden Kräfte

¹ <http://www.grasshopper3d.com/>
² <http://www.karamba3d.com/>

³ http://www.netzer-elektrotechnik.at/hp/docs/Ortsverzeichnis_Schneelast_Norm.pdf
⁴ <http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Windprofil1.png>

bemerkbar.

Die Berechnungen dienen keiner genauen Bemessung des Tragwerks sondern dem Aufzeigen der kritischen Punkte und der Vordimensionierung.

Die statische Herausforderung der Lagerhalle liegt in der Auskragung an der nördlichen Seite. Der überspannte Bereich definiert sich durch die charakteristische Form eines sogenannten „Fischbauches“.

Die Produktionshalle weist ein anderes Problem auf. Hier gilt es eine große Spannweite zu überbrücken. Da die Wirtschaftlichkeit im Holzbau ab einer gewissen Weite stark abnimmt werden Stützen eingeplant. An den Auflagerpunkten der Stützen treten folglich die größten Lasten

auf. Durch die Höhe der dortigen Träger entsteht eine Art Baumstütze.

6.1.4 STATIK UND RASTERWEITE

Die Darstellungen zeigen drei Varianten mit unterschiedlichen Rasterweiten. Während die große Weite den Transport erschwert, entsteht bei der kleinen Weite eine Vielzahl an Einzelteilen.

Eckpunkte und Fluchten generieren sich automatisch mittels der neu eingegebenen Werte. Dadurch entstehen auch unterschiedliche Volumina.

Es kann eine Vielzahl an Varianten durchgespielt werden und das Ergebnis so schrittweise optimiert werden. Dabei müssen sich die Differenzen nicht im Bereich von Metern abspielen sondern können durchaus im Bereich von wenigen Zentimetern stattfinden.

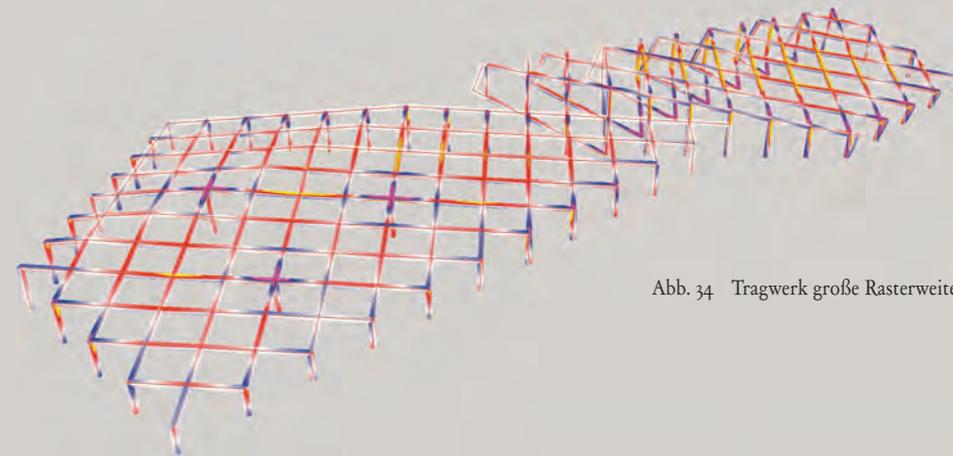


Abb. 34 Tragwerk große Rasterweite

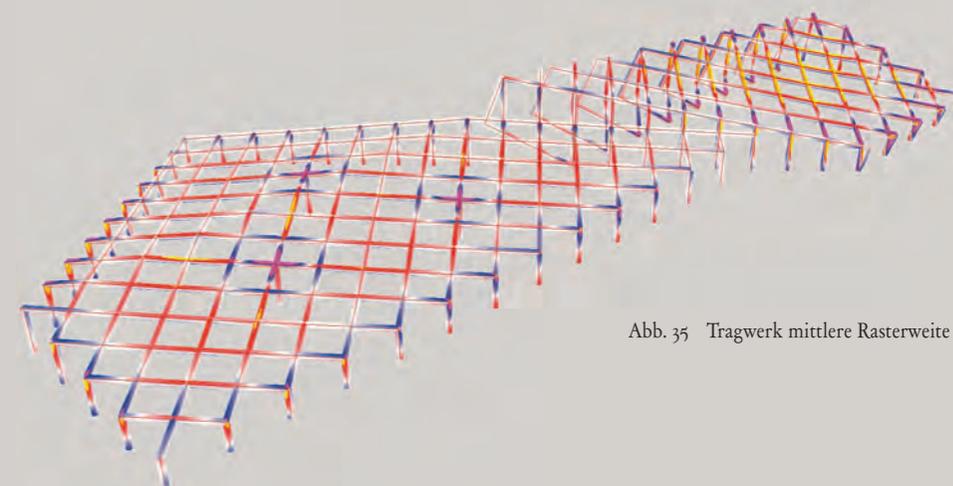


Abb. 35 Tragwerk mittlere Rasterweite

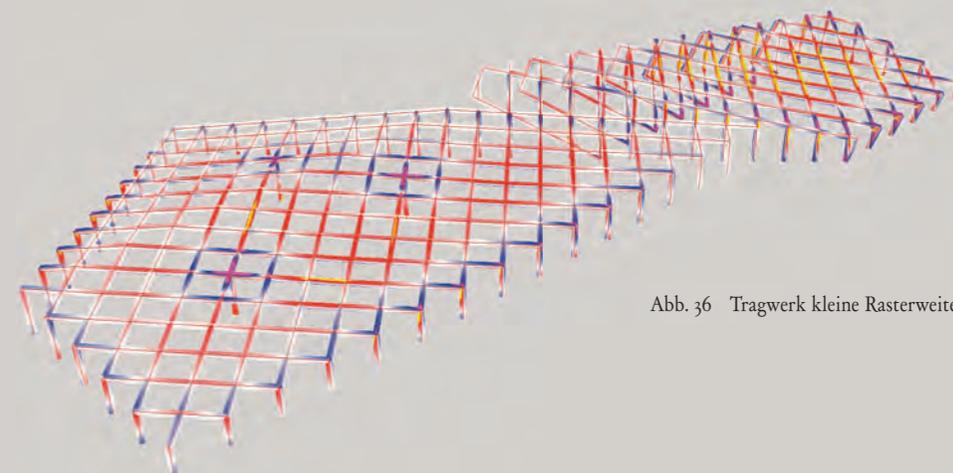


Abb. 36 Tragwerk kleine Rasterweite

6.2 DAS TRAGWERK

Das Resultat eines komplexen Entwurfsprozesses ist ein optimiertes Tragwerk aus BSH-Trägern und Stahlstützen, wobei sich die auftretenden Kräfte in der Dimensionierung der Bauteile widerspiegeln. Die größten Kräfte treten dabei an den Stützpunkten, speziell an den innenliegenden Stützen, auf. Durch die Höhe der dort benötigten Träger entsteht eine Tragwerksituation, die der von Baumstützen ähnlich

ist.

Die in der Berechnung ebenfalls berücksichtigten Bürobereiche werden hier nicht dargestellt, sind aber in die Berechnung miteingeflossen. Im Falle der Produktionshalle ergeben sich durch diese größere vom Dachtragwerk abgehängte Lasten, im Bereich der Lagerhalle hingegen werden Lasten über die raumhohen Stützen der Arbeitsbereiche abgetragen. Aus diesem Grund wirkt die Dimensionierung in je-

nem Bereich etwas reduziert. Das komplette Tragwerk ergibt sich erst in Kombination mit der nachfolgenden Grafik des Innenraumes.

Die Trägerhöhen variieren nach der Vordimensionierung zwischen 0,8 - 2 m. Die maximalen Spannweiten betragen knapp 30 m.

Die einzelnen Felder des Rasters bieten sich zur statischen Aussteifung des Systems an.

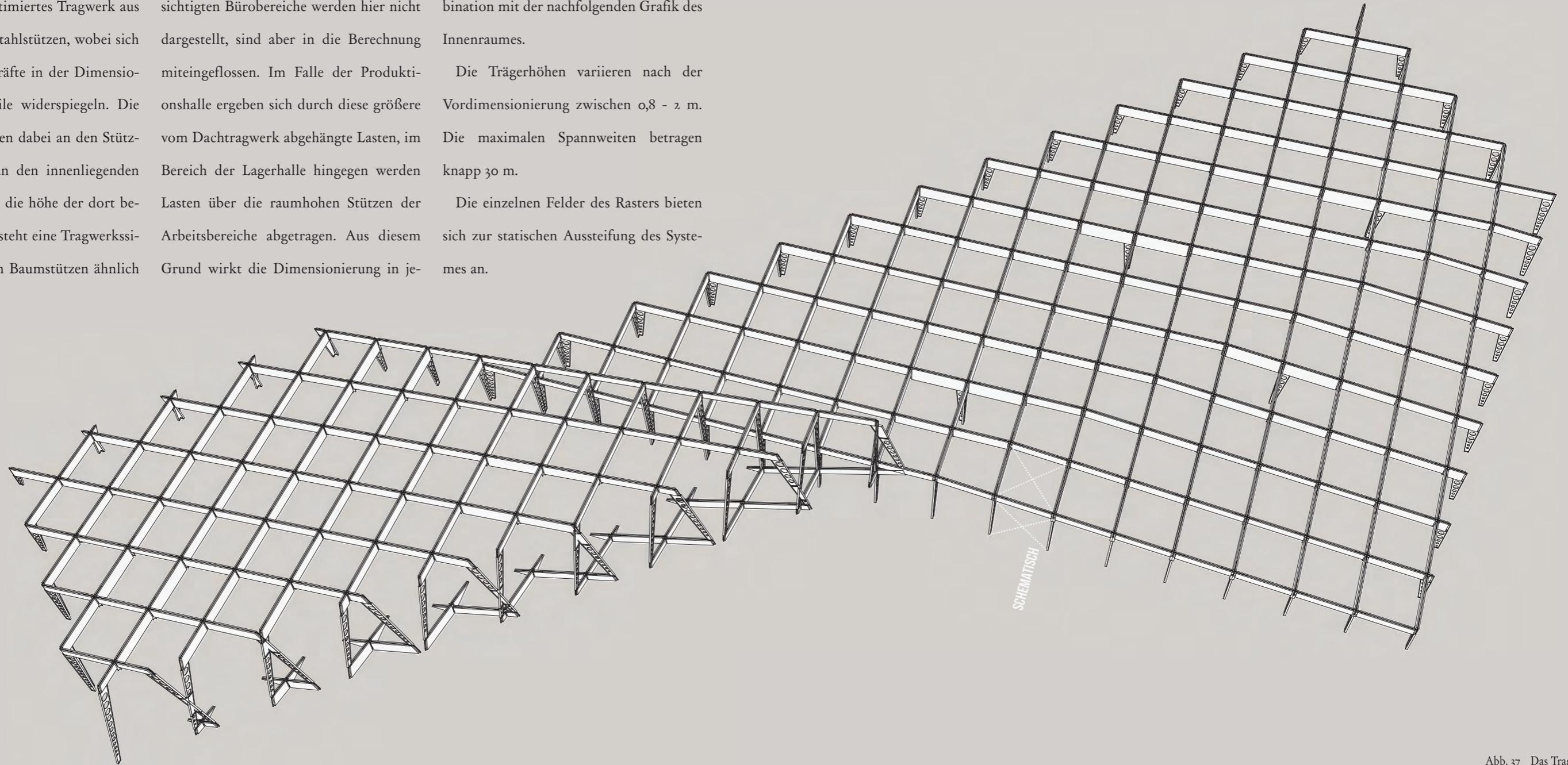


Abb. 37 Das Tragwerk

6.3 DER INNENRAUM

Der Innenraum wird in drei Teilbereiche gegliedert - die Produktionshalle, die Lagerhalle und den Bürobereich. Während die Industriebereiche ebenerdig angeordnet sind, befindet sich der Bürobereich, als Raum im Raum, in vom Tragwerk abgehängten Kuben. Brücken verbinden die Würfel untereinander wodurch ein separates internes Wegenetz entsteht, das den ebenerdigen Betrieb nicht behindert, gleichzeitig aber dennoch einen engen

Kontakt zu diesem herstellt. Die dichteste Agglomeration findet im nördlichen Teil der Lagerhalle, im Bereich des Eingangs statt. Von dort aus breitet sich die Struktur wie ein Netz durch große Teile des Innenraumes aus.

Die Einbringung dieser Konstruktion in das statische System erfolgt automatisch. Es können beliebige Quadranten für die Würfel ausgesucht werden. Der Raum generiert sich anschließend selbständig. Die erstellten Einheiten werden anschlie-

ßend ebenfalls automatisch über Brücken verbunden. Die Auswirkungen auf des statische Gesamtsystem werden zeitgleich aktualisiert und spiegeln sich in den Trägerhöhen wieder. Die Größe der einzelnen Einheiten unterliegt der gewählten Rasterweite.

Die Klimatisierung erfolgt automatisch über direkte Luftzufuhr von außen. Öffnbare Elemente sollen den Büroraum zum restlichen Betrieb öffnen. Die Temperatur im Inneren der Halle bildet außerdem ei-

nen Puffer zu diesen Räumen, wodurch nur ein niedriger Temperaturunterschied geschaffen wird. Eine Vollverglasung ist aus diesem Grund möglich.

Natürlich belichtet werden die Räume über das gestreute Tageslicht von oben.

Der Ausblick bleibt durch Verglasungen an Ost-, West- und Teilen der Nordfassade erhalten.

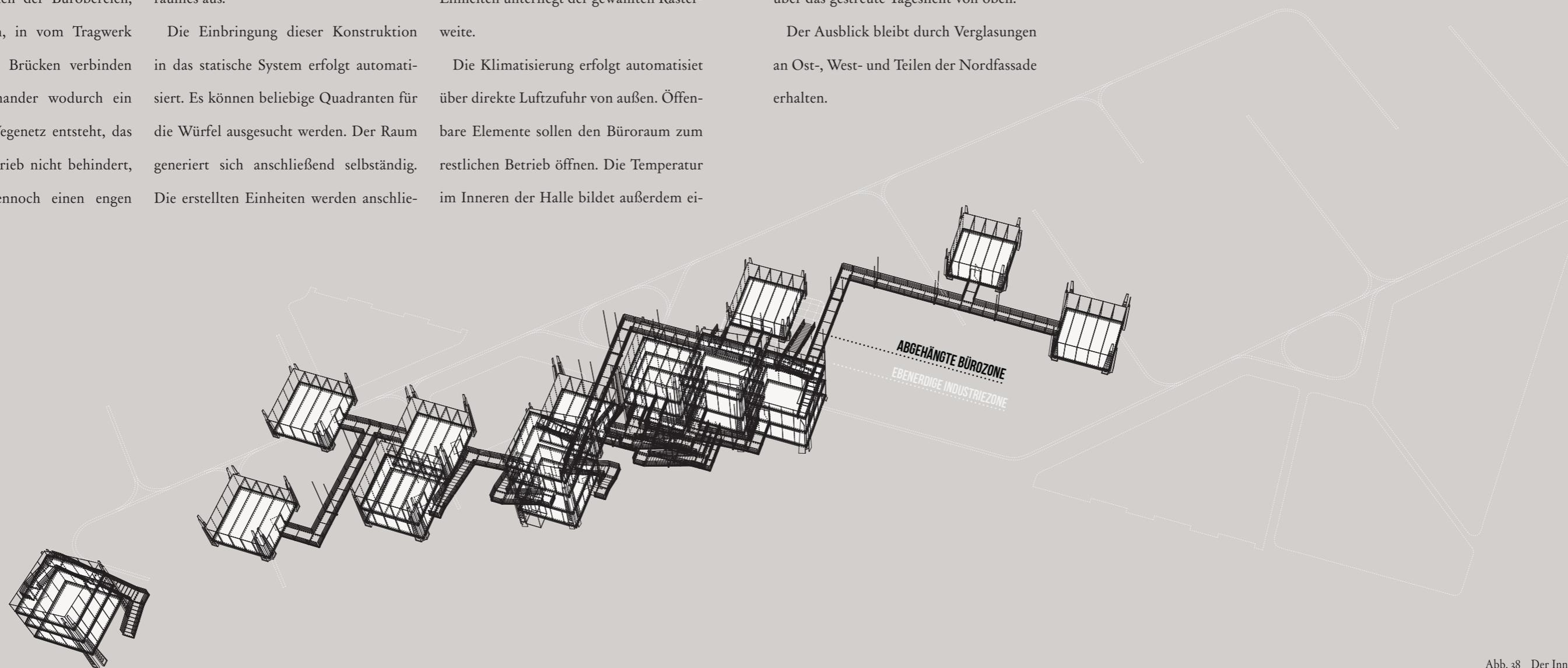


Abb. 38 Der Innenraum

6.4 DIE HÜLLE

Die äußere Hüllfläche schützt den Produktions- und Lagerbereich vor äußeren Witterungsbedingungen. Die beiden Hallen sind räumlich voneinander getrennt und können unabhängig voneinander klimatisiert werden.

Der dem Gebäude zugrunde liegende

Raster (Grid) ist auch in der Hülle präsent.

Die Wahl der Rasterweite unterliegt mehreren Faktoren und kann per Knopfdruck beliebig geändert werden. Für diesen Entwurf wurde ein Achsabstand von 7m gewählt.

Durch alternierende Materialwahl - einerseits opak, andererseits transluzent -

entsteht ein schachbrettartiges Muster.

Diese abstrakte Übersetzung des „Smart Grids“ in eine bautechnische Form soll anstelle der ursprünglichen Bedeutung einer intelligenten Stromvernetzung zum intelligenten Zusammenspiel architektonischer Elemente werden.

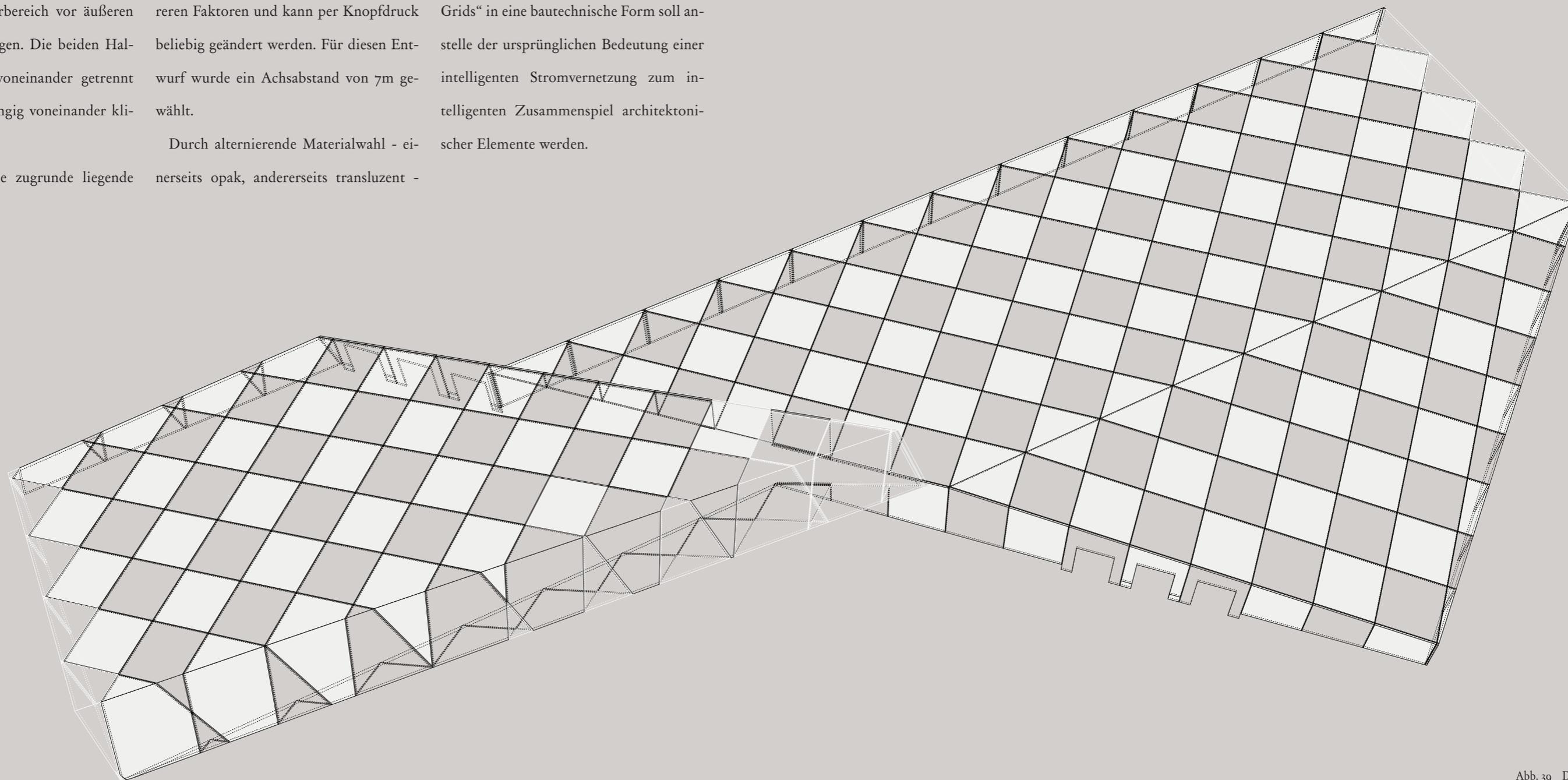


Abb. 39 Die Hülle

7 INNENRAUM

7.1 ZONIERUNG

Der Innenraum teilt sich in den ebenerdigen Industriebereich und den darüberliegenden Bürobereich. Dabei stehen die beiden Bereiche, ohne sich gegenseitig zu behindern, in einem engen Bezug zueinander.

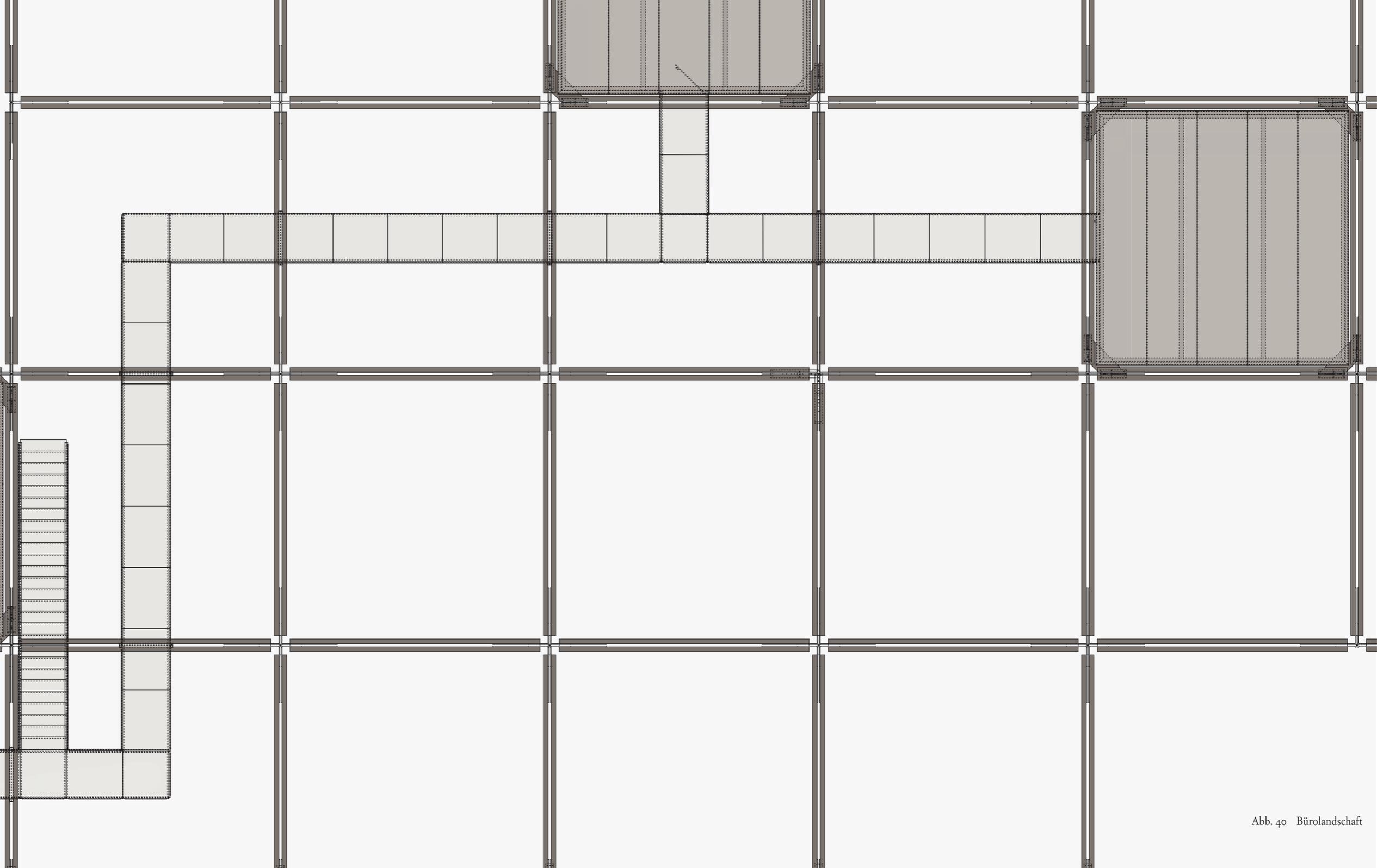
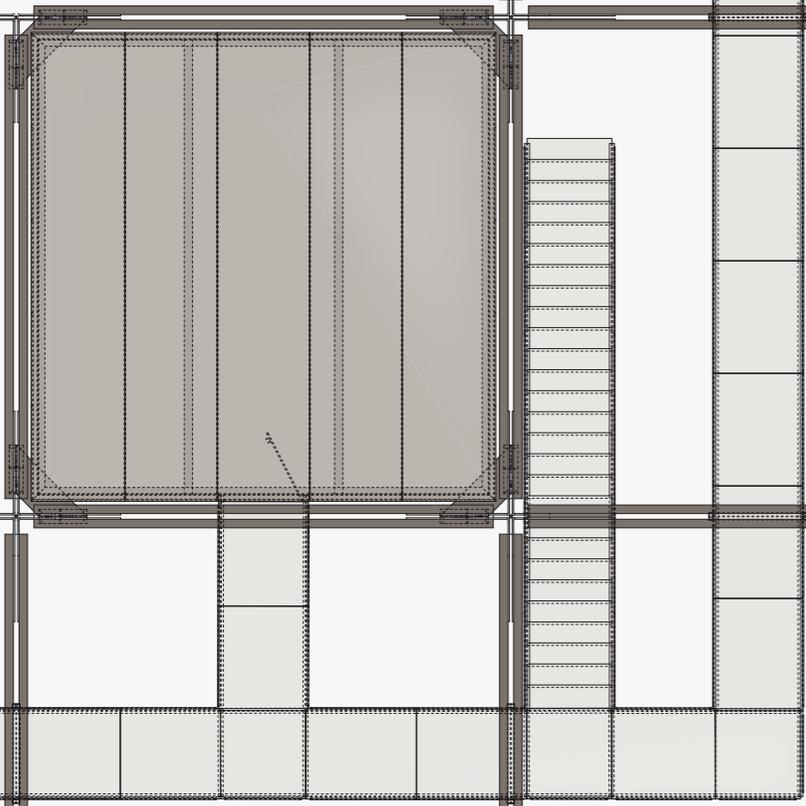


Abb. 40 Bürolandschaft

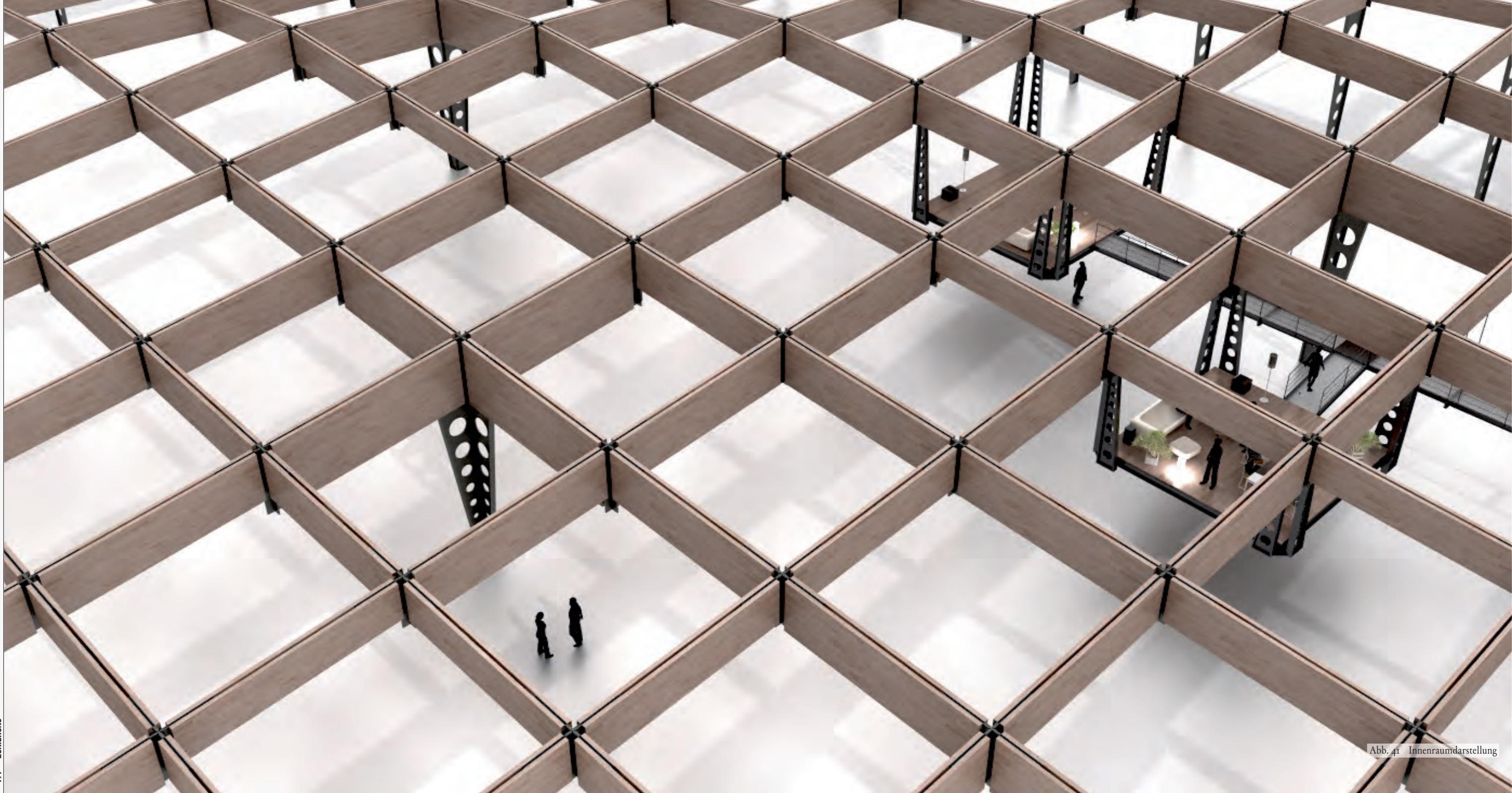


Abb. 41 Innenraumdarstellung

7.1.1 PRODUKTION UND LAGERUNG

Produktion und Lagerung finden ebenerdig statt. Die Produktionsabläufe sind durchgeplant und bestimmen die Form des Grundrisses ausschlaggebend mit. Flexibilität bleibt durch große überspannte Flächen erhalten. Wert wird auf einen hohen Grad an blendfreiem Tageslicht und auf einen freien Blick nach außen gelegt.

7.1.2 BÜRO

Das Netz der Büroräume ist vom Dachtragwerk der Halle abgehängt als eigener ‚Raum im Raum‘ eingebracht. Einzelne Kuben schaffen separate Bürobereiche, die wiederum mittels Brücken verbunden werden. Es entsteht eine vom ebenerdigen Industriebereich abgesetzte Zone, die den Kontakt zu Produktion und Lagerung beibehält, ohne störend einzugreifen.

Die Mehrheit der Kuben sind im nördlichen, höheren Teil der Lagerhalle untergebracht, an dem sich auch der Haupteingang befindet. Die ruhigere Lagerhalle eignet sich besser für die Einbringung der Würfel.

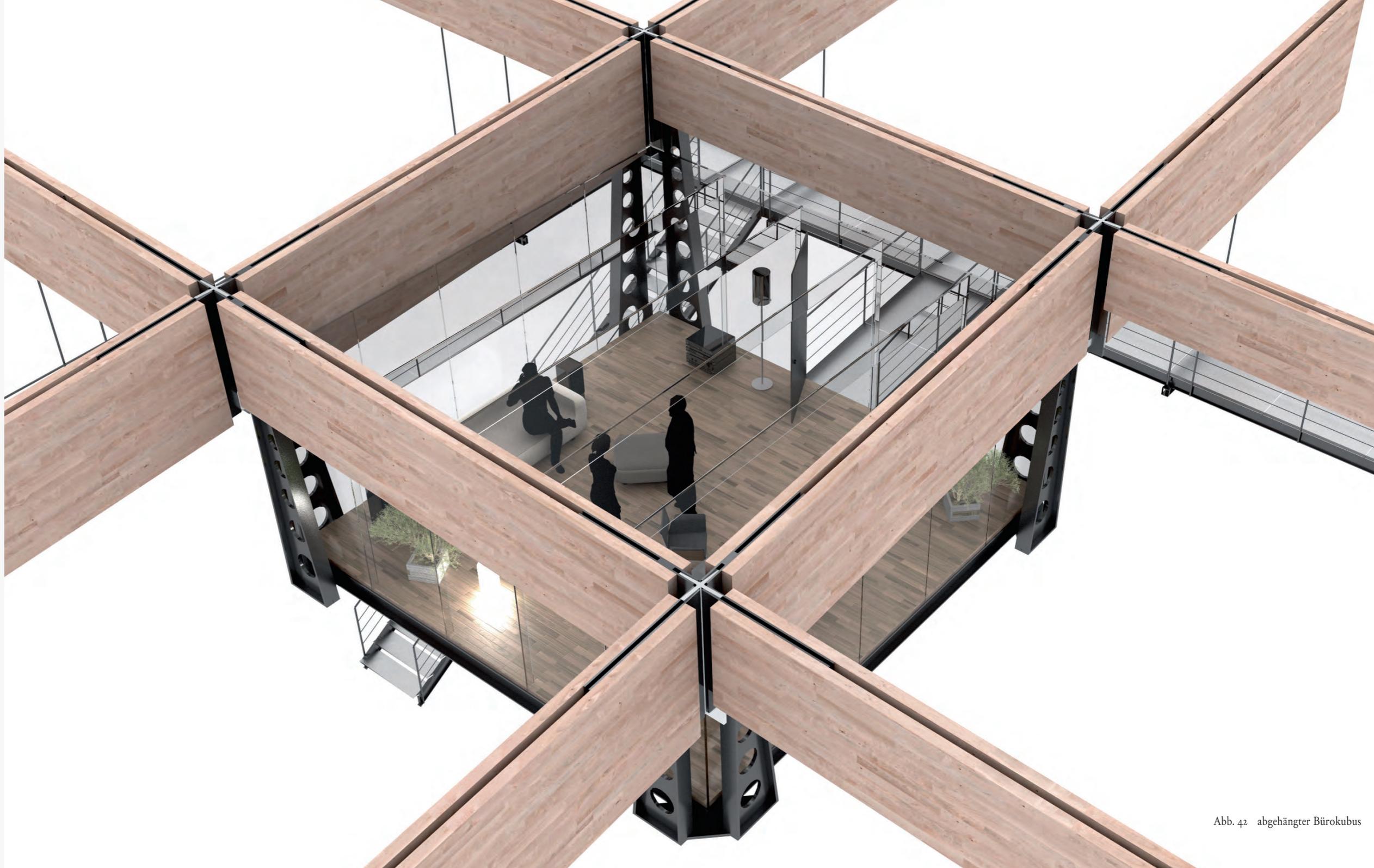


Abb. 42 abgehängter Bürokubus

7.2 BELICHTUNG

Die transluzenten Felder der Dachhaut sorgen für einen lichtdurchfluteten Innenraum. Die transparente Wärmedämmung streut das Tageslicht, auch bei direkter Sonneneinstrahlung diffus in das Innere der Halle - es entsteht ein gleichmäßiges Tageslicht. Dieser helle Innenraum bietet optimale Bedingungen für ein positives Arbeitsklima.

7.3 LÄRMENTWICKLUNG

Es ist keine starke Geräusentwicklung im Inneren der Halle zu erwarten. Dennoch ist der Lagerbereich generell ruhiger als der Produktionsbereich. Der hauptsächlich im Lager angesiedelte Bürobereich ist als räumlich getrenntes System darüber hinaus vor Maschinenlärm isoliert.

7.4 BLICKBEZIEHUNG

Eine hohe Durchsichtigkeit aller Bereiche der Halle wird angestrebt. Die Mitarbeiter stehen so immer im Kontakt zueinander.

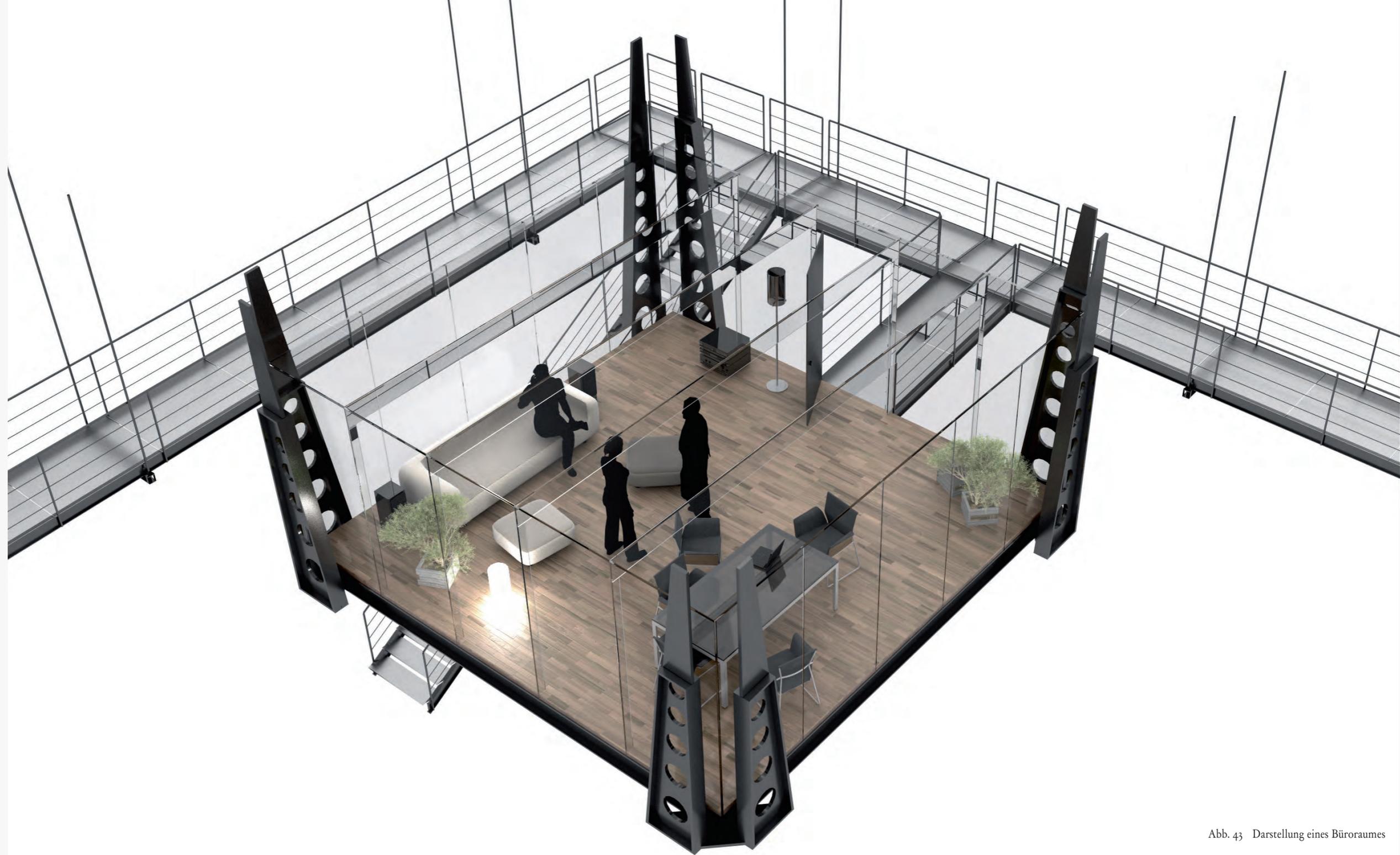


Abb. 43 Darstellung eines Büroraumes

8 GREEN GRID

8.1 DEFINITION

Der Begriff „*Green Grid*“ setzt sich aus den beiden Begriffen „*Green Building*“ und „*Smart Grid*“ zusammen.

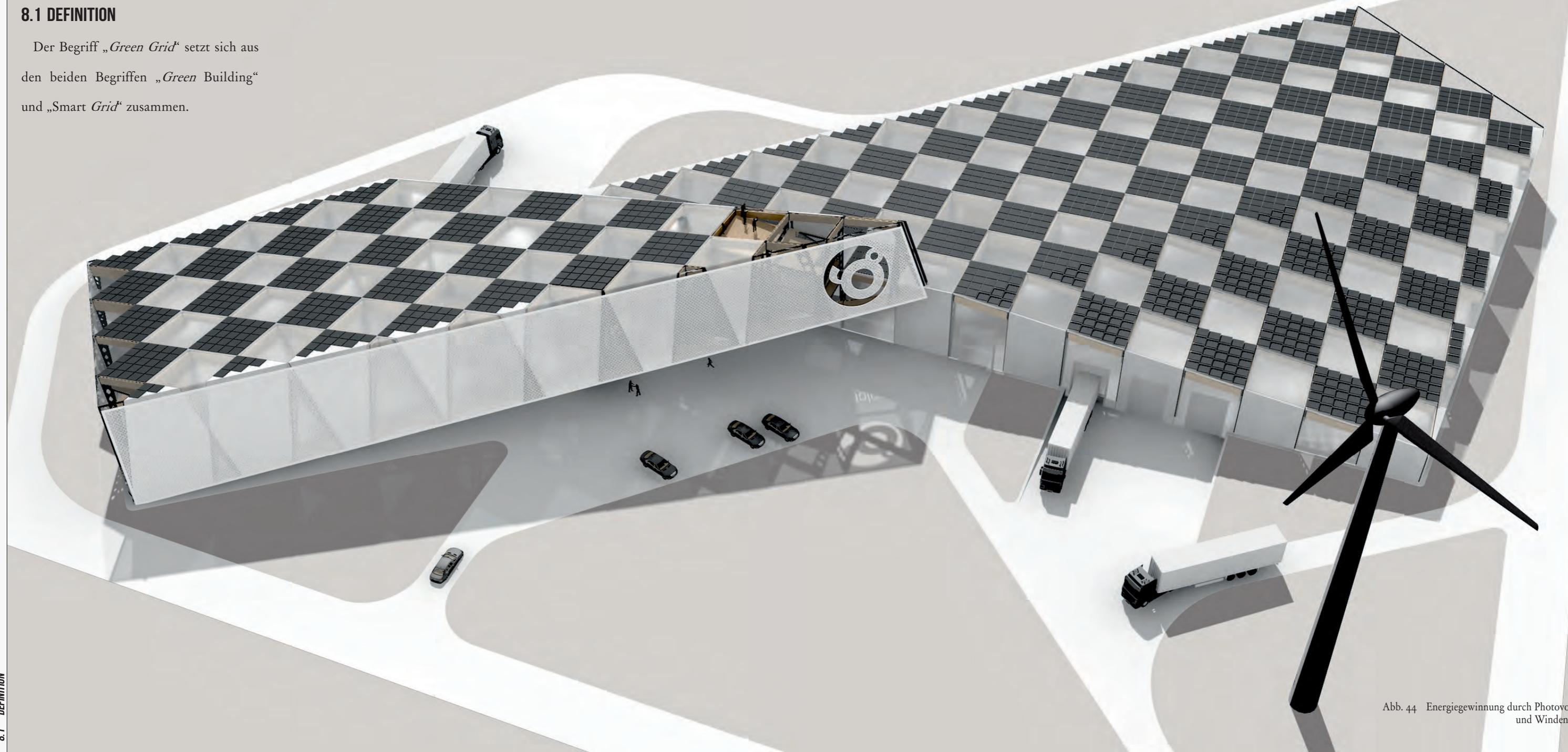


Abb. 44 Energiegewinnung durch Photovoltaik und Windenergie

8.1.1 GREEN BUILDING

Als grünes Gebäude (engl. green building) wird ein Gebäude bezeichnet, das unter dem Leitgedanken der Nachhaltigkeit entwickelt wurde.¹ Charakteristisch für die Gebäude ist die hohe Ressourceneffizienz in den Bereichen Energie, Wasser und Material, während gleichzeitig schädliche Auswirkungen auf die Gesundheit und die Umwelt reduziert werden. Der Leitgedanke wird dabei idealerweise über alle Phasen des Gebäude-Lebenszyklus von der Projektentwicklung, der Planung und der Konstruktion über den Betrieb, die Wartung und die Demontage verfolgt.²

Dieser Leitsatz gilt als erster Grundgedanke für den Entwurf des Projektes.

¹ Website des U.S. Green Building Council, abgerufen am 4. April 2012.

² Frej, Anne B., editor. Green Office Buildings: A Practical Guide to Development. ULI--The Urban Land Institute, Washington, D.C. 2005, S. 4-8.

8.1.2 SMART GRID

Der Begriff intelligentes Stromnetz (englisch smart grid) umfasst die kommunikative Vernetzung und Steuerung von Stromerzeugern, Speichern, elektrischen Verbrauchern und Netzbetriebsmitteln in Energieübertragungs- und -verteilungsnetzen der Elektrizitätsversorgung.¹ Diese ermöglicht eine Optimierung und Überwachung der miteinander verbundenen Bestandteile. Ziel ist die Sicherstellung der Energieversorgung auf Basis eines effizienten und zuverlässigen Systembetriebs.²

Der „Smart Grid“ wird als zweiter wichtiger Grundsatz für den Entwurf des Projektes herangezogen. Die „grünen“ Technologien sollen nicht nur für sich angewendet werden sondern auf intelligente Weise miteinander kombiniert werden.

¹ NIST Smart Grid Interoperability Standards Roadmap
² http://www.gesetze-im-internet.de/enwg_2005/_1.html

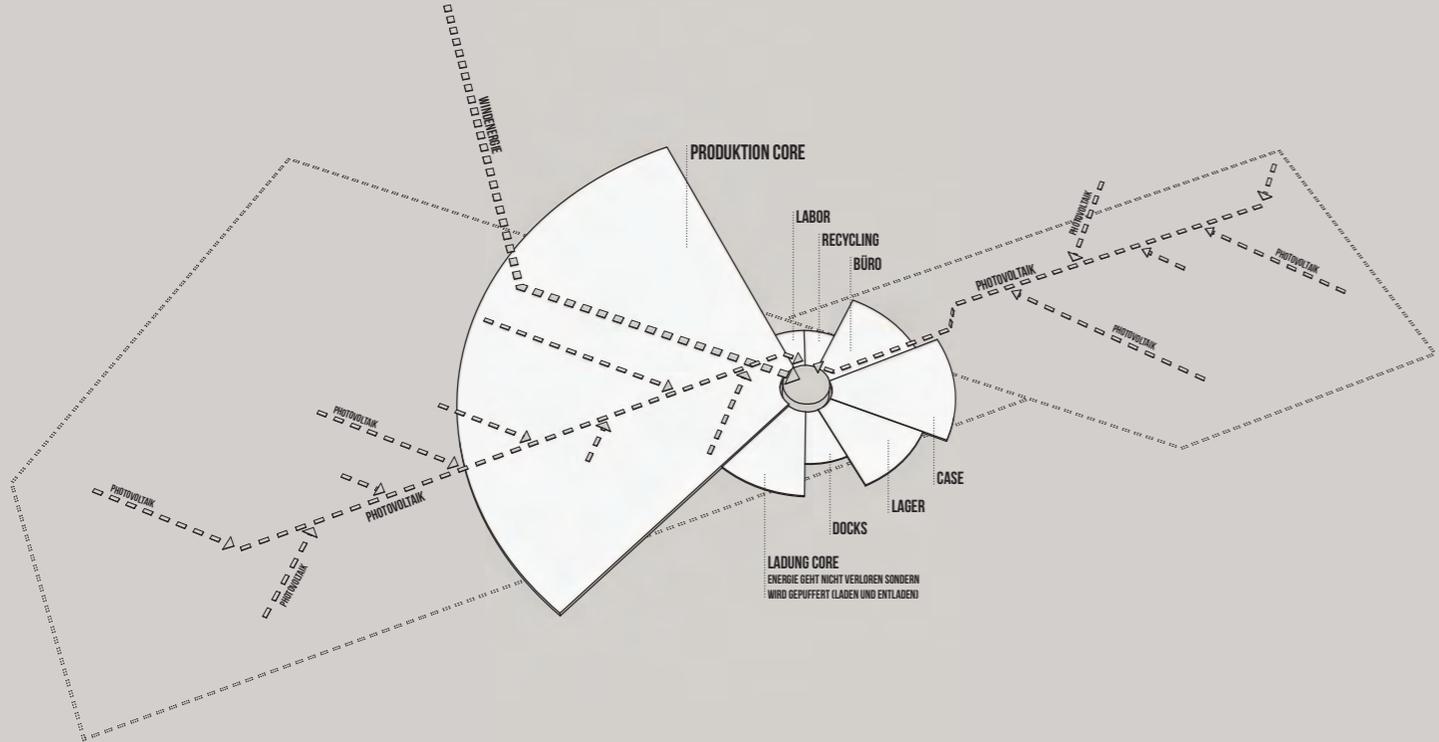


Abb. 45 Energiekreislauf der Halle

8.2 ENERGIEKREISLAUF

Für eine nachhaltige Planung ist es notwendig ein energetisches Konzept zu entwickeln. Dabei muss berücksichtigt werden in welchem Bereich der höchste Energiebedarf anfällt und welche Möglichkeiten sich bieten um Energie zu gewinnen.

Bei diesem Projekt wird die meiste Energie für die Herstellung der Akkukerne

benötigt. Nach deren Assemblierung werden sie in einem dreimaligen Zyklus geladen und entladen. Dieser Prozess eignet sich ideal als Puffer für den Energiekreislauf. In der Grafik wird die Ladestation als Zentrum dargestellt, da von dort aus die Verwaltung der gesamten Energie erfolgt.

Mittels dieses Puffers ist es möglich, das Gebäude auch nachts als energieautarkes System zu betreiben.

Als Richtwert kann für dieses Projekt eine Anschlussleistung von etwa 400 kW angenommen werden. Gedeckt wird dieser Bedarf zu 50% durch eine Photovoltaikanlage am Dach (6000 m²) mit 200 kWp und zum anderen durch ein Windkraftwerk mit ebenfalls 200 kWp, der bei einem Rotordurchmesser von 30 m erreicht werden kann.

Ergänzend soll ein Biomassekraftwerk

Tiefpunkte in der eben aufgeführten Energiegewinnung überbrücken.

8.3 ERNEUERBARE ENERGIE

Als erneuerbare Energien (werden Energieträger bezeichnet, die im Rahmen des menschlichen Zeithorizonts praktisch unerschöpflich zur Verfügung stehen¹ oder sich verhältnismäßig schnell erneuern. Damit grenzen sie sich von fossilen Energiequellen ab, die sich erst über den Zeitraum von Millionen Jahren regenerieren. Zu ihnen zählen Wasserkraft, Windenergie, solare Strahlung, Erdwärme und nachwachsende Rohstoffe.²

Die Deckung des anfallenden Energiebedarfes für den Betrieb der Halle erfolgt mithilfe unterschiedlicher nachhaltiger Energiequellen. Durch das Zusammenwirken mehrerer Systeme kann einerseits mehr Energie gewonnen werden, andererseits können auch temporäre Schwankungen in der Energiegewinnung ausgeglichen werden. Unterstützt wird diese energeti-

¹ Volker Quaschnig, Regenerative Energiesysteme. Technologie - Berechnung - Simulation. 7. aktualisierte Auflage. München 2011, S. 34
² http://de.wikipedia.org/wiki/Erneuerbare_Energie

sche Verknüpfung durch die Technologie des Smart Grid.

Im Folgenden werden die zur Verfügung stehenden Technologien in ihren Vor- und Nachteilen für die projektspezifische Verwendung verglichen.

8.3.1 PHOTOVOLTAIK UND SOLARTHERMIE

Die große, leicht gegen Süden geneigte Dachfläche der Halle eignet sich für die Energiegewinnung mittels Photovoltaik. Von der gesamten Dachfläche eignen sich

knapp 40% für die Installation von PV Modulen.

Unter Photovoltaik versteht man die direkte Umwandlung von Lichtenergie in elektrische Energie mittels Solarzellen.³

Die Nennleistung der Module wird in W_p oder kW_p angegeben und entspricht dem Ertrag bei höchstmöglicher Sonneneinstrahlung in einer bestimmten Region, wodurch vergleiche der einzelnen Systeme und Anbieter möglich sind.

In Wien beträgt die Sonneneinstrahlung

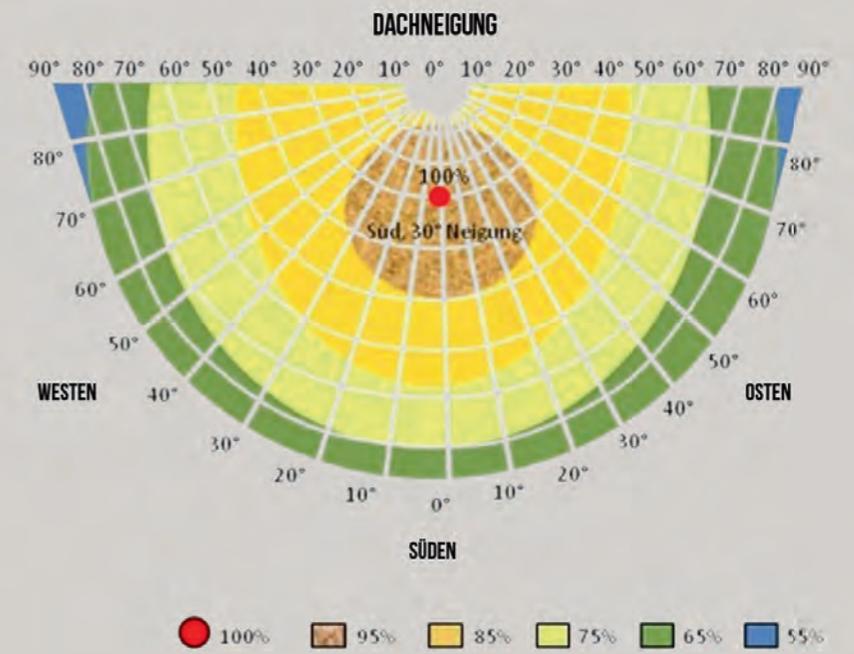


Abb. 46 Photovoltaik - Ertragserwartung Dachneigung

³ <http://de.wikipedia.org/wiki/Photovoltaik> [11/2013]

im Jahresmittel etwa 1.100 Watt pro Quadratmeter. Bei einer Anlage mit 1 kW_p entspricht das einer elektrischen Energieausbeute etwa 1000 kWh pro Jahr, wobei eine vierköpfige Familie in etwa 4 kW_p benötigt, was wiederum einer Fläche von 30-40 m² entspricht.⁴ Die Gesamtkollektorfläche in Wien beträgt rund 130.000 Quadratmeter, wobei sich der Großteil der Anlagen in Randbezirken befindet. Zurückzuführen ist dies auf die Siedlungsstruktur mit Einfamilienhäusern und die Industriebetriebe, die sich beide gut für den Einsatz von Photovoltaik eignen.

Entscheidend für eine effiziente Ausbeute ist die Neigung der Photovoltaikmodule. Dabei sollten die Module optimalerweise 30° gegen Süden gekippt werden. Entsprechend verminderte Ertragserwartungen durch Abweichungen von der optimalen Neigung im Wiener Breitengrad können der Tabelle „Photovoltaik - Ertragserwartung Dachneigung“ entnommen werden.

Zum Heizen der Halle können auf der großen Dachfläche Solarthermie Paneele

4 www.wien.gv.at/stadtentwicklung/energieplanung/erneuerbare/photovoltaik/errichtung.html

installiert werden.

Anders als in der Photovoltaik wird in der Solarthermie durch Lichtenergie nicht elektrische sondern thermische Energie gewonnen. Dies eignet sich speziell zur Gebäudeklimatisierung und -heizung. Im Optimalfall kann dadurch auf eine aktive Heizungsanlage verzichtet werden.

Die ebenfalls vorwiegend in Wiener Außenbezirken verbauten thermischen Sonnenkollektoren machen Ende 2012 eine Fläche von etwa 78000 Quadratmeter⁵ aus.

8.3.2 WINDENERGIE

Die Lage in einem Industriegebiet am Rande Wiens an der Grenze zu Niederösterreich ermöglicht den Einsatz von Windkraftwerken.

Bei der Windenergie wird die Bewegungsernergie des Windes in elektrische Energie umgewandelt.

Auch diese Form der nachhaltigen Energiegewinnung wird im Bundesland Wien nur in den Randbezirken angewendet. Die

5 <http://www.wien.gv.at/stadtentwicklung/energieplanung/erneuerbare/solarthermie/anlagen.html>

größte Anlage befindet sich in Unterlaa und speist knapp 4 MW⁶ in das Stromnetz ein. Die Auswirkung auf das Stadtbild ist dabei immer zu berücksichtigen und trotz eines wachsenden Bewusstseins der Bürger sind die gestalterischen Aspekte stets zu prüfen.

8.3.3 BIOMASSE

Auch Umwandlung von Biomasse in elektrische und thermische Energie ist eine nachhaltige Form der Energiegewinnung. Es könnte beispielsweise zur temporären Überbrückung von Tiefpunkten in der Energiegewinnung durch Sonne und Wind dienen.

Das größte Biomassekraftwerk Österreichs befindet sich im Wiener Bezirk Simmering. Das Biomassekraftwerk wird mit Frischholz befeuert und hat eine Leistung von rund 60 Megawatt. Rund zwei Drittel der gewonnenen Energie stehen als Fernwärme für die Wiener Haushalte zur Verfügung.⁷

6 <http://www.wien.gv.at/stadtentwicklung/energieplanung/erneuerbare/windenergie.html>

7 <http://www.wien.gv.at/stadtentwicklung/energieplanung/zahlen/erneuerbar/biomassekraftwerk.html>

8.3.4 GEOTHERMIE

Bei dieser Form der Energiegewinnung wird Erdwärme meist als thermische Energie weitergeleitet. Wiens größtes und erstes Kraftwerk dieser Art in Aspern soll 2015 an die Wiener Fernwärme angeschlossen werden. Die Bohrung dieser Anlage geht bis in eine Tiefe von 5000 m und sorgt für eine beachtliche Ausbeute von 40 MW thermischer Leistung.⁸ Bei dieser Technologie gibt es zahlreiche unterschiedliche Systeme die neben dem Heizen auch zum Kühlen verwendet werden. Neben den Tiefenkollektoren kommen auch Flächenkollektoren zur Anwendung, die knapp unter der Oberfläche verbaut werden. Geothermie eignet sich außerdem zur Stromgewinnung.

8.4 ENERGIESPEICHER

Für eine spätere Nutzung der gewonnenen

8 <http://www.wien.gv.at/rk/msg/2012/08/24013.html>

Energie und zum Puffern dieser werden Akkumulatoren verwendet. Arten der Energiespeicherung gibt es viele, wie etwa Schwungräder, Pump- oder Druckluftspeicher oder Kondensatoren. Dabei wird der Strom in für die Speicherung geeignetere Energieformen umgewandelt, wobei immer ein gewisser Verlust entsteht. Im Falle des Batteriespeicherkraftwerkes beträgt dieser in etwa 20%.

Da im Green Grid Akkus produziert werden und geladen bzw. entladen werden müssen bietet sich diese Art der Speicherung an. Die über den zeitlich schwankenden Energiegewinn geladenen Akkus können zu Tageszeiten an denen weniger bis gar keine Energie gewonnen wird immer noch die notwendigen Kapazitäten in das interne Stromnetz einspeisen.

9 <http://de.wikipedia.org/wiki/Energiespeicher>

8.5 SOLARE AUSBEUTE

Um die solaren Energiegewinne zu optimieren muss der Baukörper entsprechend ausgerichtet werden. Die große, leicht gegen Süden geneigte Dachfläche eignet sich zur Installation von Photovoltaik und Solarthermie Paneelen. Dabei muss der Sonnenstand für den benötigten Breitengrad berücksichtigt werden. Die Diagramme zeigen den daraus resultierenden Schattenwurf für die tiefstehende Wintersonne und die hochstehende Sommersonne.

Die beiden Baukörper sind so angeordnet, dass trotz des benötigten Höhenunterschieds zwischen Produktions- und Lagerhalle nur eine geringe Eigenverschattung auftritt.

Auch die Ausbeute an brauchbarem Tageslicht für den Innenraum kann man zu den solaren Gewinnen zählen. Etwa 50% der Dachfläche streuen aus diesem Grund das Tageslicht in den Innenraum, während die restlichen 50% der Fläche für die Stromgewinnung durch solare Energie sorgen.

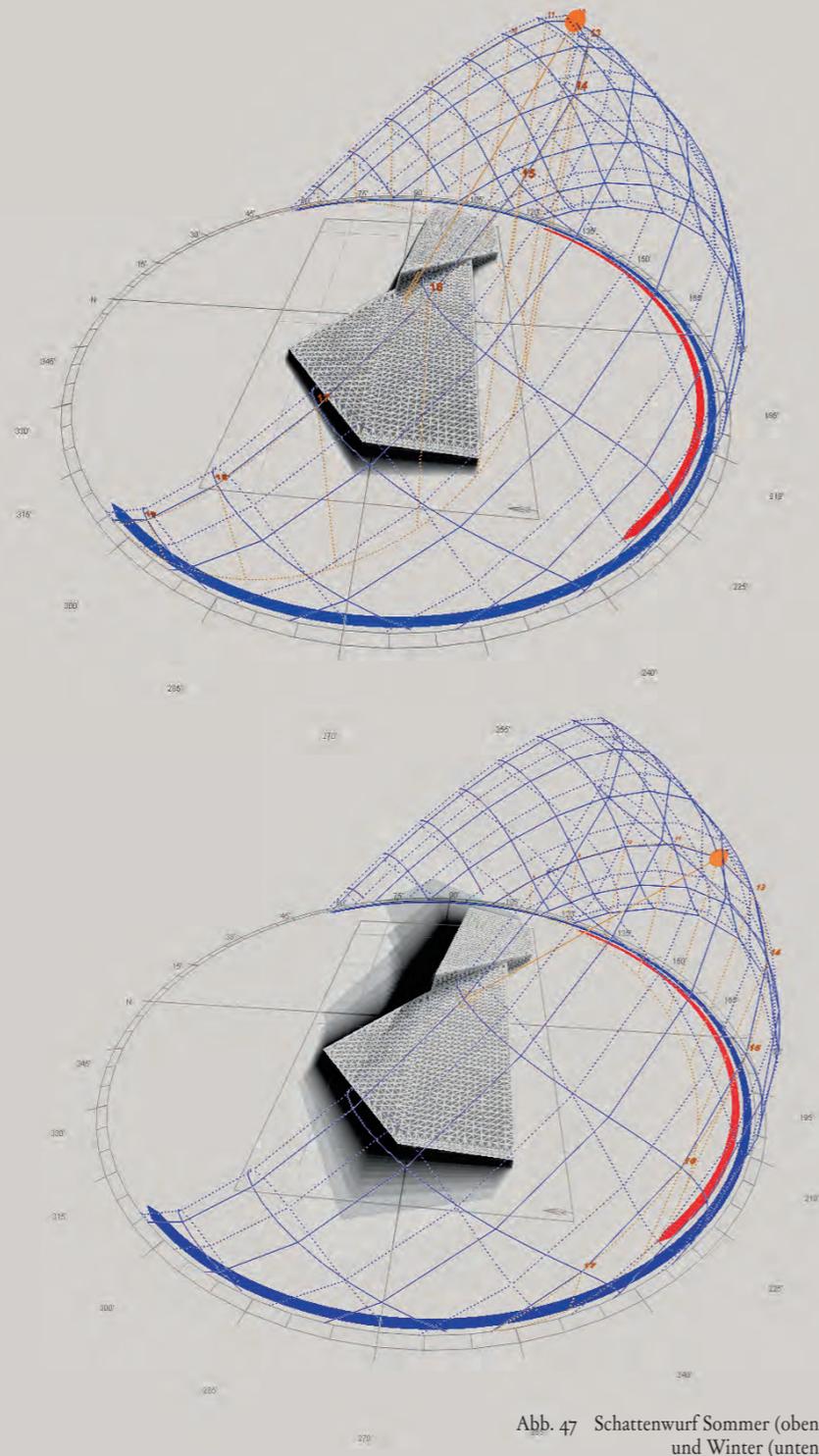


Abb. 47 Schattenwurf Sommer (oben) und Winter (unten)

8.6 GEBÄUDETECHNIK

Die Gebäudetechnik spielt eine entscheidende Rolle um dieses Projekt mit der angestrebten energetischen Nachhaltigkeit realisieren zu können. Darüber hinaus ist sie für das Konzept des Smart Grid von großer Bedeutung. Die Komplexität dieser Aufgabe erfordert jedoch Fachkräfte, die zahlreiche vorhandenen Technologien verknüpfen und effizient einsetzen können.

Die Idee ist eine zentrale Vernetzung der gesamten Gebäudetechnik, speziell der Elektrotechnik. Als Zentrum dieses Kreislaufes dient der Laderaum der Akkumulatoren. Dort wird die gewonnene Energie gespeichert und verteilt.

In dieses Aufgabengebiet fallen auch andere Sparten der gebäudeinternen Versorgungstechnik, wie etwa Wasser-, Abwasser-, Feuerlösch-, Wärmeversorgungs- oder Raumlufttechnik.

8.5.1 RAUMLUFTQUALITÄT

*Luft ist unser wichtigstes Lebensmittel*¹ Der Green Grid verfügt über drei separat zu belüftende Volumina. Den Büroräumen fällt dabei als Raum im Raum eine besondere Bedeutung zu. Sie müssen über die Möglichkeit einer mechanischen Lüftung von außen verfügen.

Die Räume der beiden Industriehallen sollen auch natürlich belüftbar sein. Dabei soll Luft im Sockelbereich eindringen und über Öffnungen in der Dachhaut entweichen können. Die Dichtigkeit der Hülle ist dabei stets zu bewahren.

Die aus Energieeffizienzgründen gewollte Dichtigkeit von Gebäuden führt zu erstaunlichen, *teilweise erschreckenden Gehalten an Schadstoffen in der Innenraumluft, in der sich der moderne Mensch zu 90 Prozent seiner Zeit aufhält.*² Räume mit hoher Schadstoffbelastungen sollten demnach über ein spezielles Belüftungskonzept verfügen und ein Bewusstsein für Innenraumhygiene aufweisen.

Grundlegend für eine gute Innenraum-

¹ Detail Green 02/2012 p54
² Detail Green 02/2012 p54

luftqualität ist schon die Wahl des Bauplatzes. Faktoren wie innerstädtische Feinstaubbelastung, Pollenbelastung, Schimmelsporen bis hin zu radioaktiver Belastung der Luft (Radon) bilden ein breites Spektrum an Luftschadstoffen. Auch das Thema Elektromog darf nicht vernachlässigt werden.

Weiters ist eine entsprechend gute Lüftung des Gebäudes ein wichtiger Bestandteil einer guten Raumluftqualität. Ein hoher Luftwechsel und eine Vermeidung von Luftfeuchtigkeitsspitzen sollte dadurch erreicht werden.

Die Baustoffwahl spielt eine weitere wichtige Rolle für die gesunde Raumluft. Dabei ist nicht nur auf geprüfte emissionsarme Einzelbaustoffe zu achten, sondern auch auf deren Zusammenwirken bei gemeinsamer Verwendung. *Als Beispiel ist hier schwimmender Estrich zu nennen, der über die Dehnfugen am Rand styrohaltige Schadstoffe in die Raumluft abgeben kann.*³

³ Detail Green 02/2012 p57

8.7 RECYCLINGGERECHTES BAUEN

Für ein nachhaltiges Gebäude ist es wichtig, dass es während seines gesamten Lebenszyklus überzeugen kann. Dazu zählen nicht nur die Erstellung und der Betrieb, sondern auch der Abriss. Das Potential dieses Sektors kann am Abfallaufkommen Deutschlands abgelesen werden, das mit nahezu 60% im Bauwesen anfällt. Gleichzeitig fließt die Hälfte aller eingesetzten Rohstoffe in die Erstellung von Gebäuden und Infrastrukturbauten.¹ Heute findet in diesem Bereich hauptsächlich ein Downcycling statt - Materialien werden nach dem Abriss des Bauwerkes getrennt und teilweise weiterverarbeitet oder aufbereitet. Zukunftsweisende Projekte zeigen aber schon Ansätze, bei denen der gesamte Lebenszyklus schon in der Planungsphase berücksichtigt wird. Es werden Materialien und Verbindungen gesucht, die sich später wieder problemlos auseinander nehmen lassen und weiterverwendet werden können. *Kreislauffähige Materialkomponenten sind für den Recyclingprozess*

eine Grundvoraussetzung, wobei es für die meisten Baustoffe nur *spärliche Informationen zu einer möglichen Nachnutzung* gibt.²

Das Gebäude wird zu einem *Ressourcenspeicher, der nach Rückbau die wertvollen Materialien wiedergibt*. Außerdem muss die *Graue Energie*, die zur Herstellung der Materialien benötigt wurde, nicht erneut eingesetzt werden.

8.7.1 NACHHALTIGER MATERIALEINSATZ

Ein weiterer Aspekt der Nachhaltigkeit findet sich im Materialeinsatz. Im Vordergrund steht bei diesem Entwurf der Baustoff Holz, der im gesamten Dachtragwerk der Halle wiederzufinden ist. Neben seiner Funktion als CO₂ Speicher sorgt er für eine menschenfreundliche Atmosphäre im Inneren.

Der Einsatz von Brettschichtholzträgern eignet sich aufgrund von *Vorfertigung, materialsparender Bauweise*³ und einfacher Verarbeitung für den Bau von überspannenden Hallenkonstruktionen.

Fügt man aus dem Bereich der Ökobilanzierung den klimaschonenden Aspekt von Holz hinzu, hat man das passende Material für eine nachhaltige Halle gefunden.

Die Vorteile können durch nicht sachgemäße Anwendung schnell verloren gehen. Eine aufwendiger Herstellungsprozess beispielsweise wirkt sich negativ auf die Ökobilanzierung aus. Dazu zählen etwa die *technische Holz Trocknung*, der *Einsatz von Bindemitteln* und die *Verwertung von Verschnitt*.⁴

Im Falle von Brettschichtholz kann ein negatives Treibhauspotential erzielt werden - es wird also mehr CO₂ im Holz gebunden, als bei Herstellung ausgestoßen wurde.⁵

Zur weiteren Optimierung wird die Höhe der einzelne Träger separat nach Größe des Biegemoments berechnet.

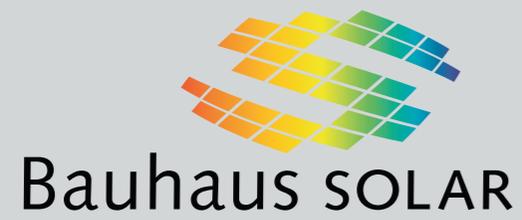
Nach Rückbau der Halle können die Träger wiederverwertet, neu zugeschnitten oder verheizt werden. Diese Wieder- bzw. Weiterverwendung wirkt sich positiv auf die Ökobilanz aus, wobei ein einfacher

Rückbau (mechanische Verbindungen, geringe Behandlung durch chemische Zusätze) anzustreben ist - ein konstruktiver Holzschutz ist gefragt.

Die Hallen sollen aus fertigen Elementen vor Ort zusammengesetzt werden und basieren daher auf einer Rastergröße die einen einfachen Transport gewährleistet. Da der gesamte Entwurf parametrisch entwickelt wurde können Rastergröße, Volumen, Verglasungsanteil, Bauteilstärke usw. schnell geändert und an bestimmte Vorgaben angepasst werden. Die Träger im Dachraster entwickeln darüber hinaus ihre Höhe nach den jeweils anfallenden Lasten und reduzieren dadurch das benötigte Baumaterial.

² Detail Green 01/2012 p48
³ Detail Green 02/2009 p56

⁴ Detail Green 02/2009 p56/57
⁵ Detail Green 02/2009 p57 - Tabelle 3 „Treibhausp.“



AWARD

2011

Abb. 48 Bauhaus Solar Award 2011

8.8 ANERKENNUNGSPREIS 2011

Das unter dem Titel „Green Grid“ eingereichte Projekt wurde 2011 mit einer Anerkennung des „Bauhaus Solar Award 2011“ ausgezeichnet.¹ Der Wettbewerb richtet sich an Architekturstudenten im europäischen Raum und wird in Erfurt, Deutschland verliehen.

¹ <http://www.bauhaus-solar-award.de/2011/index.html>

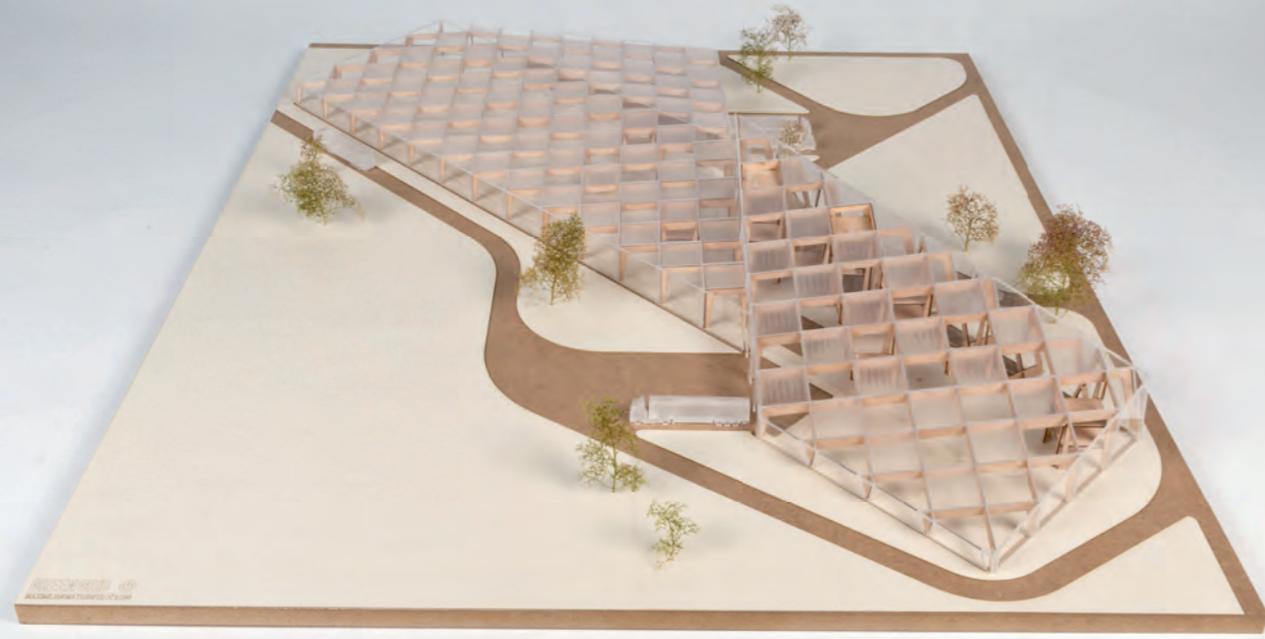
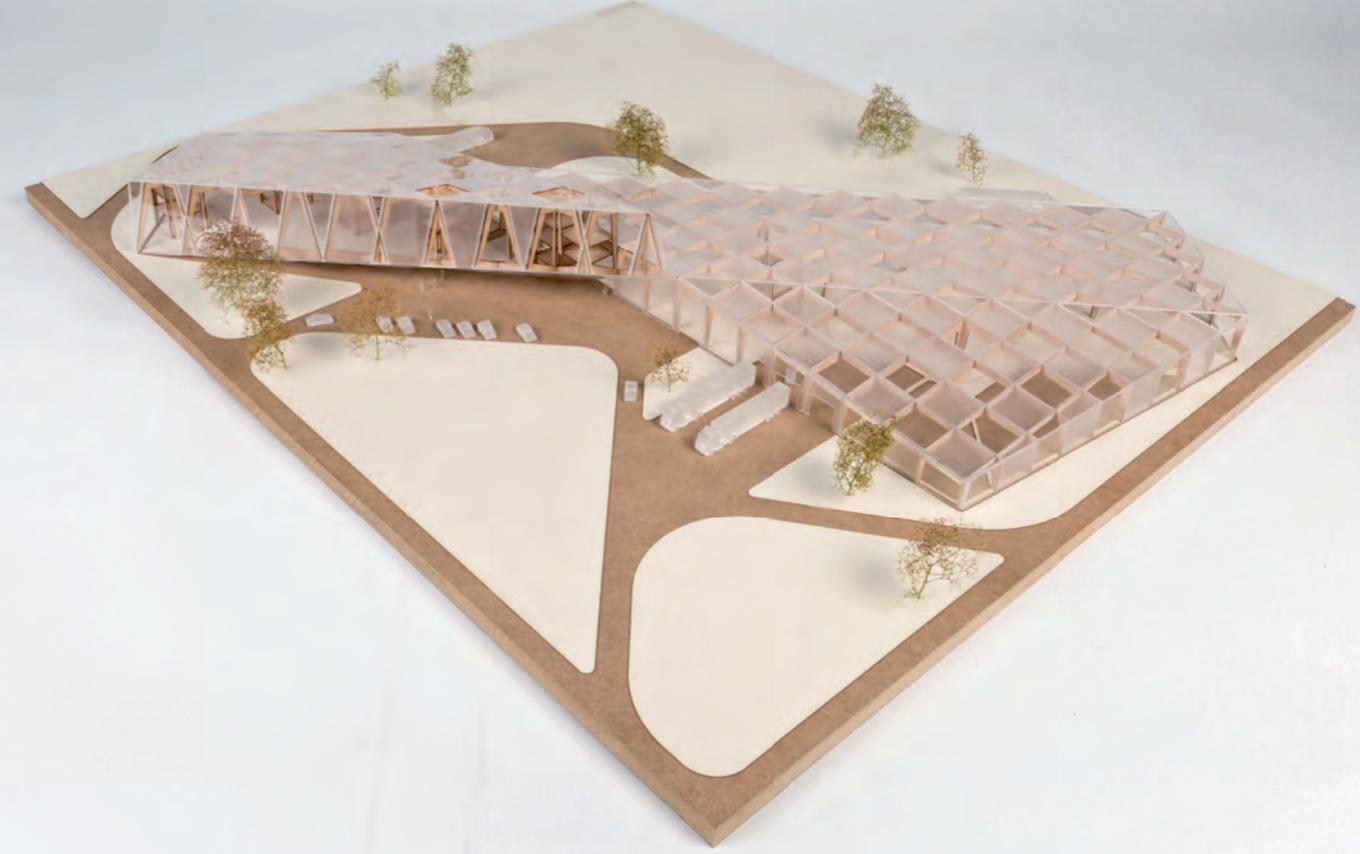
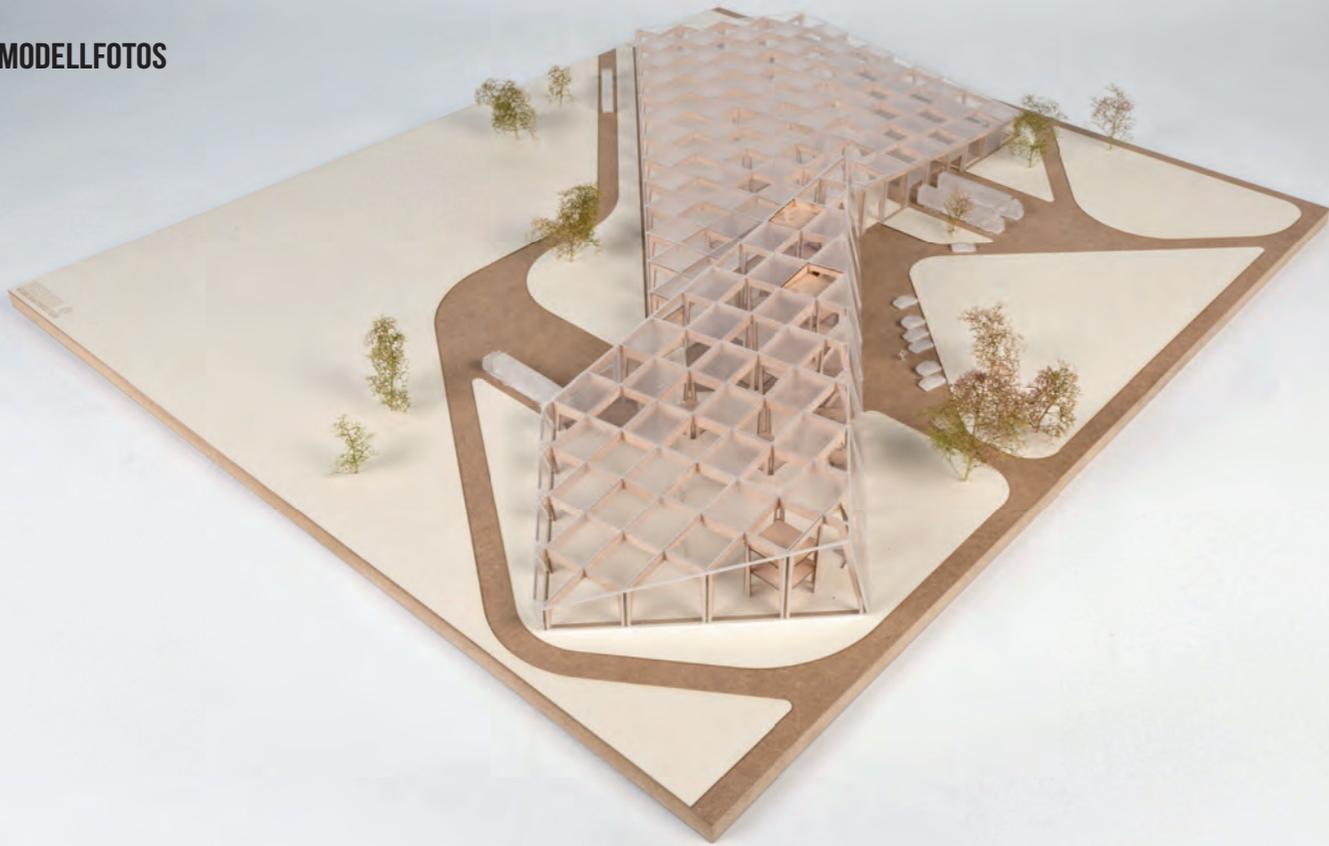


Abb. 49 Modell Rundumaufnahme Nord - Südost

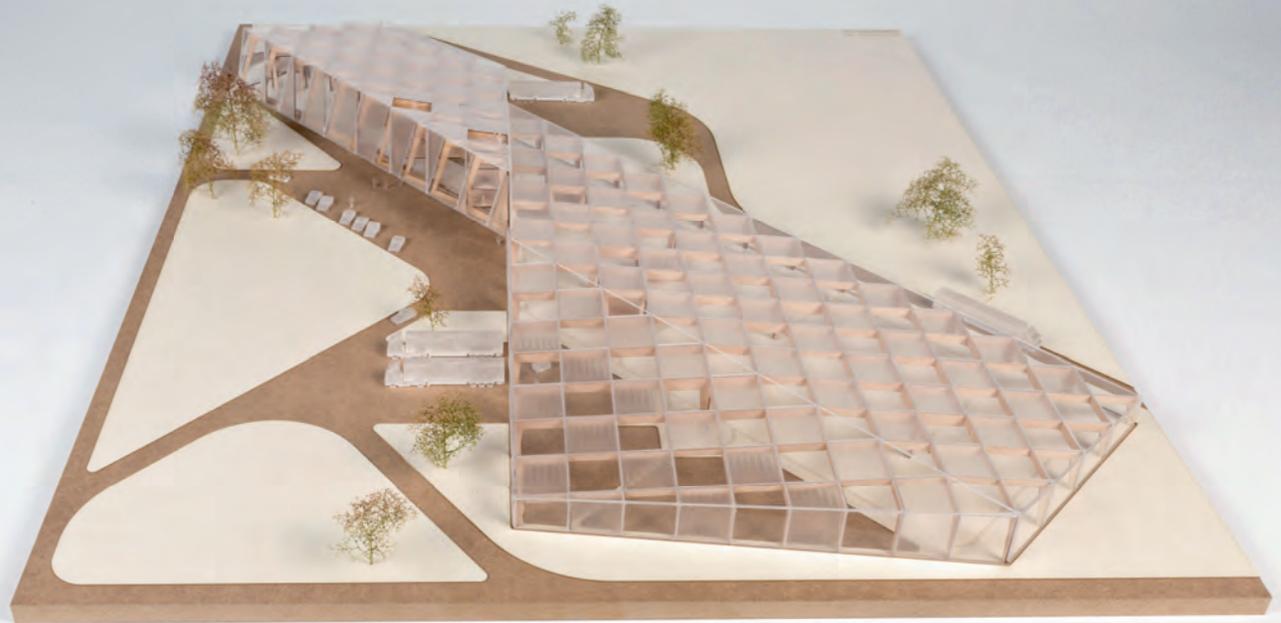
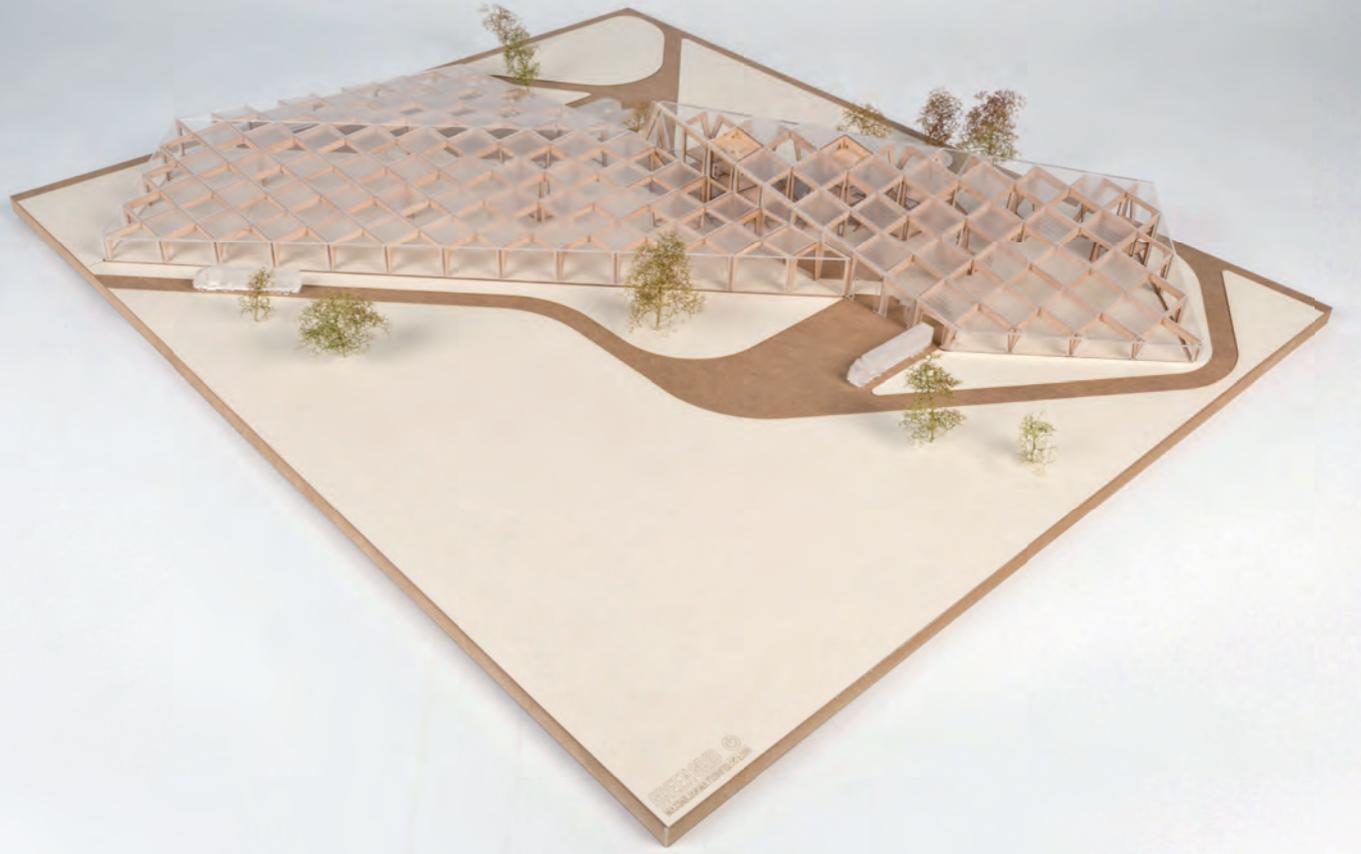
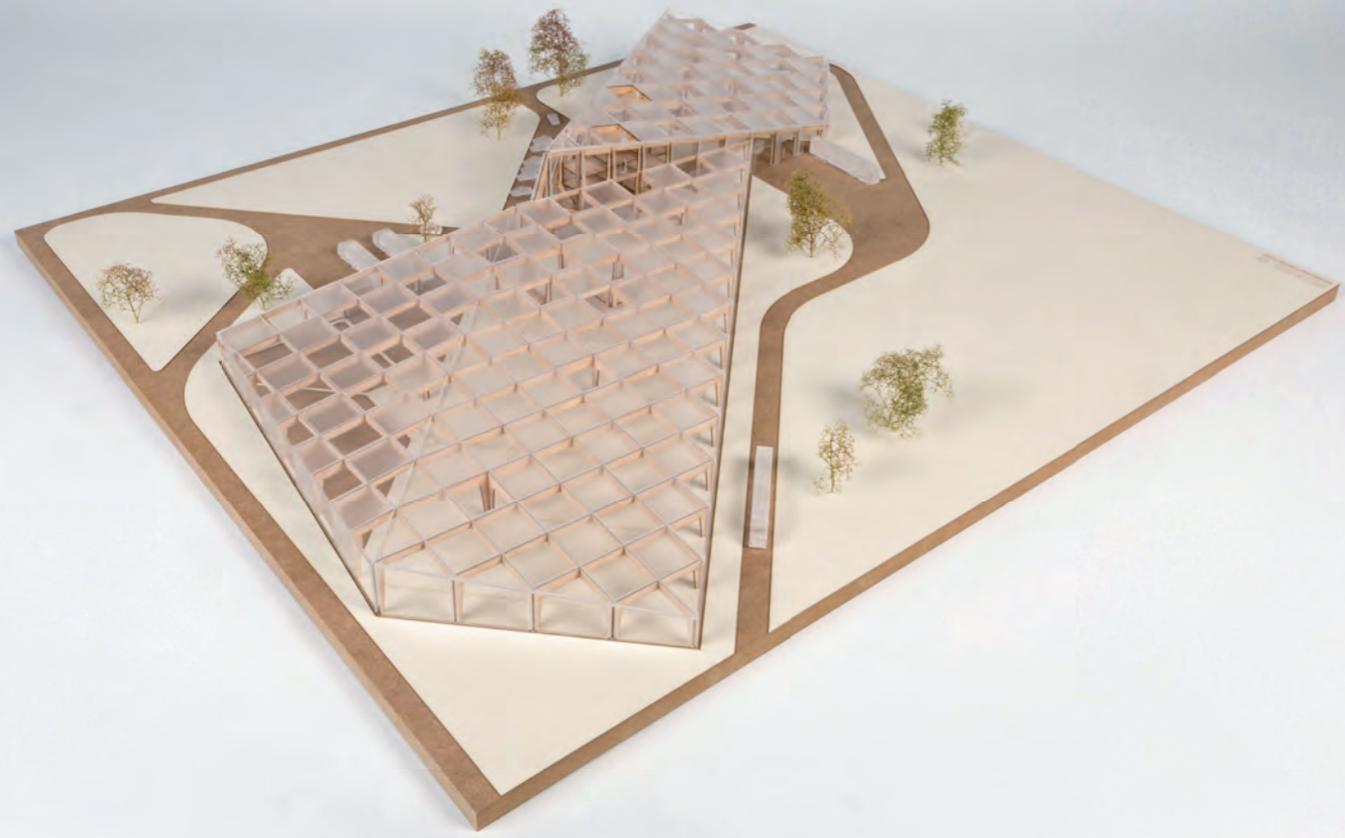


Abb. 50 Modell Rundumaufnahme Süd - Nordwest

ABBILDUNGSVERZEICHNIS

Abb. 1	Green Grid.....	3	Abb. 26	dreidimensionaler Detailschnitt.....	43
Abb. 2	Axonometrie Green Grid.....	5	Abb. 27	Tragwerksknoten.....	44
Abb. 3	Logo Green Grid.....	9	Abb. 28	Vorfertigung.....	45
Abb. 4	Satellitenfoto Wien genordet.....	11	Abb. 29	Script zur Optimierung der Geometrie.....	47
Abb. 5	Satellitenfoto Industriegebiet Strebersdorf.....	13	Abb. 30	Darstellung der Geometriefindung.....	48
Abb. 6	Zusammenspiel der Baukörper.....	15	Abb. 31	Darstellung des variablen Rasters.....	49
Abb. 7	Schema Bauplatz.....	18	Abb. 32	Farbliche Darstellung der auftretenden Kräfte.....	50
Abb. 8	Schema Ausrichtung.....	18	Abb. 33	Übersteigerte Darstellung der Verformung.....	50
Abb. 9	Schema Teilung.....	18	Abb. 34	Tragwerk große Rasterweite.....	51
Abb. 10	Schema Erweiterung.....	19	Abb. 35	Tragwerk mittlere Rasterweite.....	51
Abb. 11	Schema Baukörper.....	19	Abb. 36	Tragwerk kleine Rasterweite.....	51
Abb. 12	Perspektive der Halle von Nordosten.....	20	Abb. 37	Das Tragwerk.....	53
Abb. 13	Perspektive ohne Hülle von Nordosten.....	21	Abb. 38	Der Innenraum.....	55
Abb. 14	Perspektive der Halle von Südwesten.....	22	Abb. 39	Die Hülle.....	57
Abb. 15	Perspektive ohne Hülle von Südwesten.....	23	Abb. 40	Bürolandschaft.....	59
Abb. 16	Axonometrie ohne Hülle.....	25	Abb. 41	Innenraumdarstellung.....	61
Abb. 17	externes Wegenetz.....	27	Abb. 42	abgehängter Bürokubus.....	63
Abb. 18	internes Wegenetz.....	29	Abb. 43	Darstellung eines Büroraumes.....	65
Abb. 19	Grundriss Erdgeschoss M1:500.....	30	Abb. 44	Energiegewinnung durch Photovoltaik und Windenergie.....	67
Abb. 20	Grundriss 1.Obergeschoss M1:500.....	32	Abb. 45	Energiekreislauf der Halle.....	70
Abb. 21	Grundriss 2.Obergeschoss M1:500.....	34	Abb. 46	Photovoltaik - Ertragserwartung Dachneigung.....	71
Abb. 22	Schnitt Produktions- und Lagerhalle M1:200.....	37	Abb. 47	Schattenwurf Sommer (oben) und Winter (unten).....	74
Abb. 23	Schnitt Lagerhalle M1:500.....	39	Abb. 48	Bauhaus Solar Award 2011.....	79
Abb. 24	Schnitt Produktionshalle M1:500.....	39	Abb. 49	Modell Rundumaufnahme Nord - Südost.....	81
Abb. 25	Ansicht Nord.....	41	Abb. 50	Modell Rundumaufnahme Süd - Nordwest.....	83

QUELLEN ZU ABBILDUNGSVERZEICHNIS

Abb.1-3	Maximilian Mayrhofer
Abb.4-5	Copyright Google Earth: google.com
Abb.6-45	Maximilian Mayrhofer
Abb.46	http://www.wien.gv.at/stadtentwicklung/energieplanung/erneuerbare/photovoltaik/errichtung.html [11/2013]
Abb.47	Maximilian Mayrhofer
Abb.48	Copyright Bauhaus Solar Award: http://www.bauhaus-solar-award.de/
Abb.49-50	Maximilian Mayrhofer

LITERATURVERZEICHNIS

1 <http://de.wikipedia.org/wiki/Wien> [11.2013]

2 <http://www.grasshopper3d.com/>

3 <http://www.karamba3d.com/>

4 http://www.netzer-elektrotechnik.at/hp/docs/Ortsverzeichnis_Schneelast_Norm.pdf

5 <http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Windprofil.png>

6 Website des U.S. Green Building Council, abgerufen am 4. April 2012

7 Frej, Anne B., editor. Green Office Buildings: A Practical Guide to Development. ULI--The Urban Land Institute, Washington, D.C. 2005, S. 4-8.

8 NIST Smart Grid Interoperability Standards Roadmap

9 http://www.gesetze-im-internet.de/enwg_2005/___1.html

10 Volker Quaschnig, Regenerative Energiesysteme. Technologie - Berechnung - Simulation. 7. aktualisierte Auflage. München 2011, S. 34

11 http://de.wikipedia.org/wiki/Erneuerbare_Energie

12 <http://de.wikipedia.org/wiki/Photovoltaik> [11/2013]

13 www.wien.gv.at/stadtentwicklung/energieplanung/erneuerbare/photovoltaik/errichtung.html

14 <http://www.wien.gv.at/stadtentwicklung/energieplanung/erneuerbare/solarthermie/anlagen.html>

15 <http://www.wien.gv.at/stadtentwicklung/energieplanung/erneuerbare/windenergie.html>

16 <http://www.wien.gv.at/stadtentwicklung/energieplanung/zahlen/erneuerbar/biomassekraftwerk.html>

17 <http://www.wien.gv.at/rk/msg/2012/08/24013.html>

18 <http://de.wikipedia.org/wiki/Energiespeicher>

19 Detail *Green 02/2012* p54

20 Detail *Green 02/2012* p54

21 Detail *Green 02/2012* p57

22 Detail *Green 01/2012* p48

23 Detail *Green 01/2012* p48

24 Detail *Green 02/2009* p56

25 Detail *Green 02/2009* p56/57

26 Detail *Green 02/2009* p57 - Tabelle 3 „Treibhausp.“

27 <http://www.bauhaus-solar-award.de/2011/index.html>