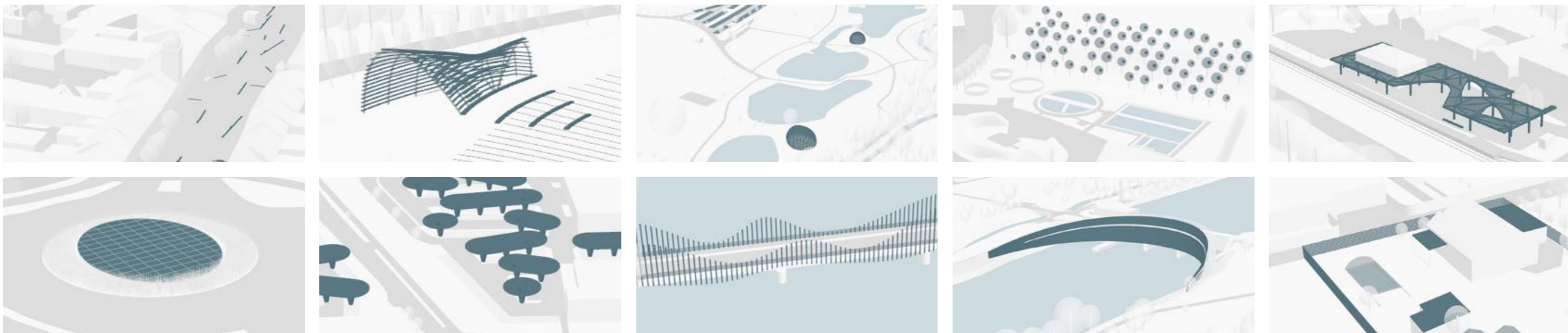


# SOLARLANDSCHAFTEN

Gestalterische Potenziale und Perspektiven von Photovoltaik im ländlichen Raum  
mit dem Fokus auf siedlungs- und gebäudebezogene Freiräume



*Auftraggeber:* Amt der Steiermärkischen Landesregierung, Abteilung 15, Energie Wohnbau Technik

*Auftragnehmer:* Universität für Bodenkultur Wien, Department für Raum, Landschaft und Infrastruktur, Institut für Landschaftsarchitektur

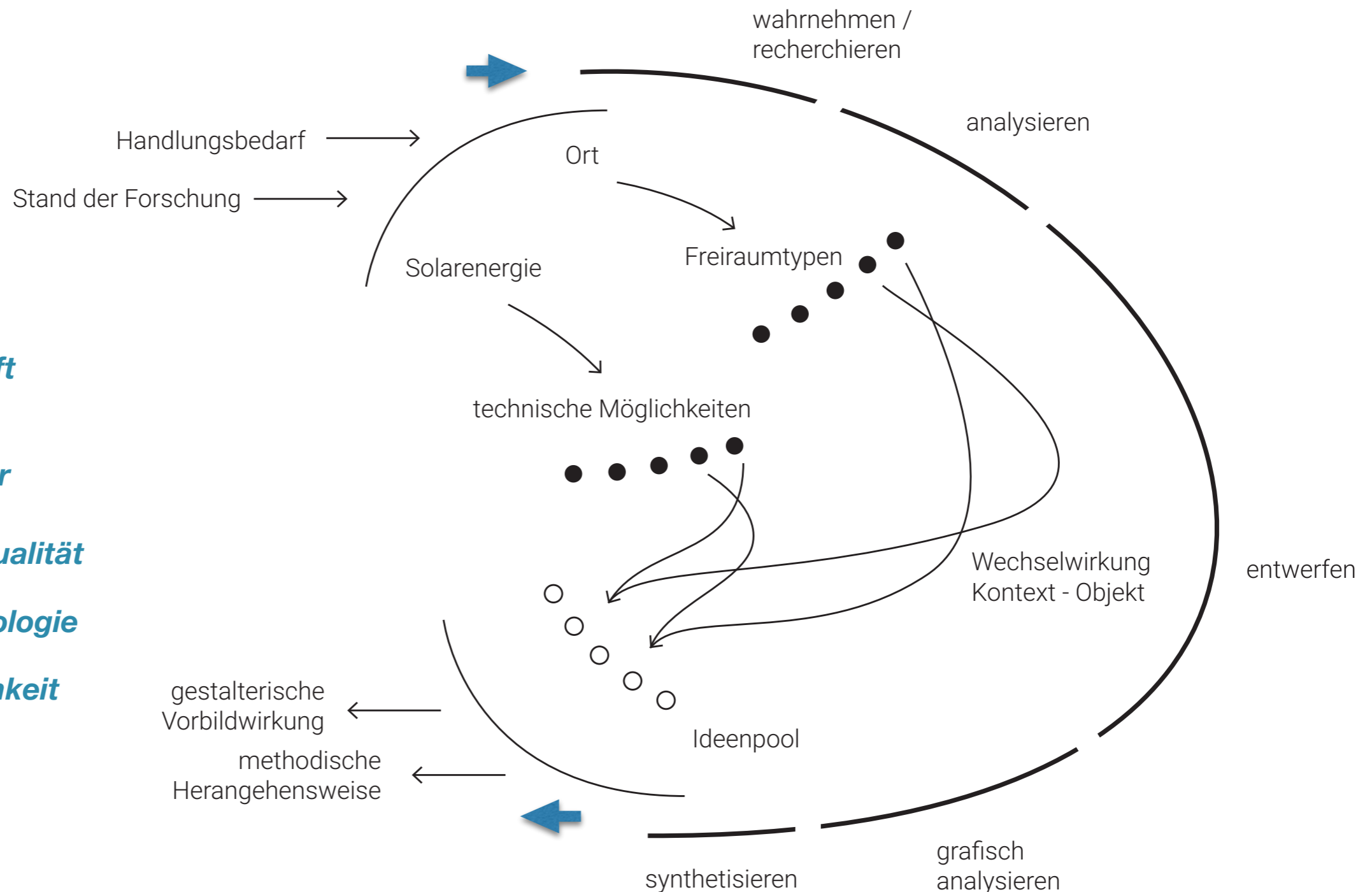
*Bearbeitung:* ChriLi Car DI Dr. / Erwin Frohmann Ao. Univ. Prof. Dr. / Dagmar Grimm-Pretner Ass. Prof. DI Dr.

# Photovoltaik in siedlungs- und gebäudebezogenen Freiräumen – Forschungsdesign und Methoden

Diese Arbeit untersucht Möglichkeiten Photovoltaik und Solarthermie in bestehende ländliche Siedlungsräume so zu integrieren, sodass die Energiegewinnung den einzigartigen Charakter von Orten bewahrt und stärkt.

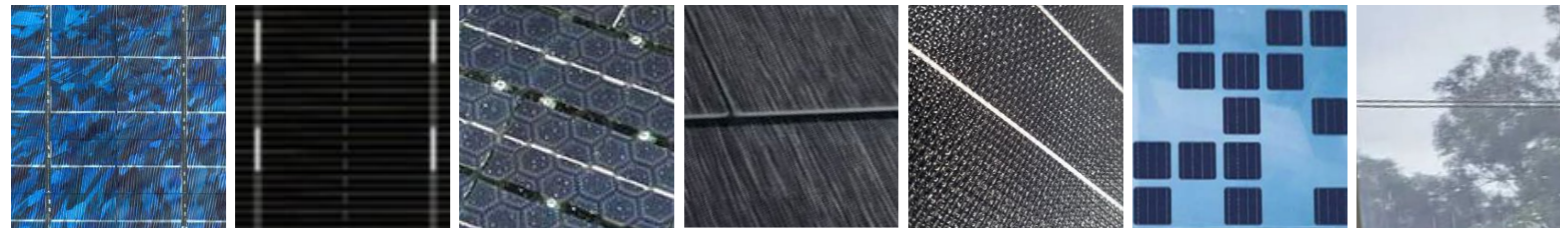
Anliegen sind:

- **Dezentralität**
- **Kreislaufwirtschaft**
- **Landschafts- und Freiraumcharakter**
- **Gestalterischer Qualität**
- **Diversität und Ökologie**
- **soziale Verträglichkeit**

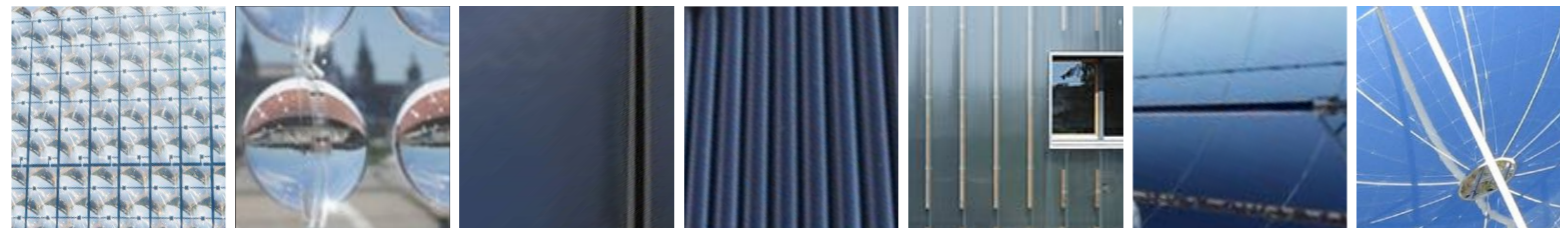


**Induktiver Forschungsansatz**

# Solarmodultypen Gestaltwirkung I

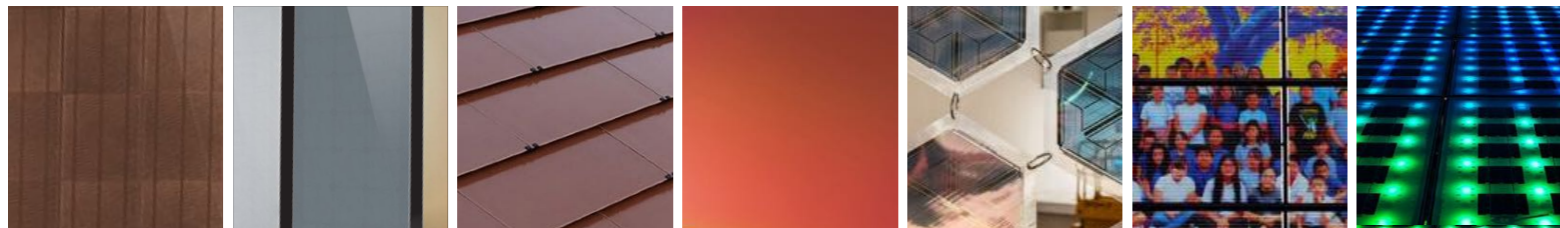


Polykristalline Module (W-Quadrat, 2022)	Monokristalline Module (indiamart, 2022)	Solar Bodenbeläge (Solarroadways, 2022)	Stahl-Glasschindeln (Tesla in Marchese, 2019)	Amorphe Dünnschichtmodule (solar4rvs, 2022)	Teiltransparente Glas- Glasmodule (Fink, 2021)	Solarglas (Onyxsolar, 2022)
Glas, Blautöne, glatt	Glas, schwarz, glatt	Glas, schwarz, rau	Glas, schwarz, rau	Kunststoff, schwarz, rau	Glas, transparent und schwarz, glatt	Glas, transparent, glatt



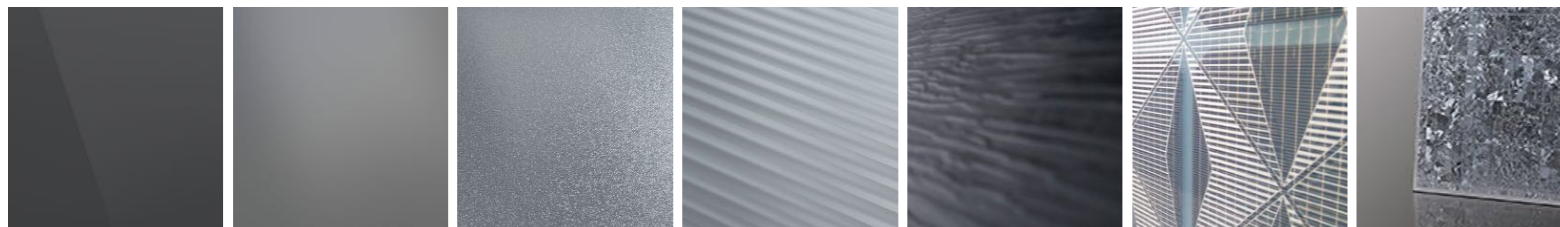
Konzentrierende flache Module mit Fresnellinsen (Insolight in Bellini 2020)	Konzentrierte Module: Sphärisch (Rawlemon in Caula, 2012)	Flachkollektoren (badexo, 2016)	Vakuurröhrenkollektoren (Apricus in Focussolar, 2022)	Luftkollektor als vollflächige Fassade (Janzer, o. J.)	Parabolrinnenkollektor (Flabeg in Gesthuizen, 2015)	Parabolspiegelkollektor (Appel, 2005)
Glas, transparent, glatt	Glas, transparent, glatt, sphärisch	Glas, blauschwarz, matt	Glas, blauschwarz, matt	Glas/Kunststoff, semi-transparent, matt	Metall, silbrig, glatt, verspiegelt	Metall, silbrig, glatt, verspiegelt

## Sonderbeschichtungen



Eingefärbte Solarzellen (sunovation, 2022)	Glas-Farbdruck opak (sunovation, 2022) Vertikale Panele und jede Farbe möglich	Glas-Farbdruck opak (Megasol in Enkhardt, 2021) Jede Farbe möglich	Vakuumbedampfte Deckgläser opak (Fraunhofer, 2021 II)	Eingefärbte Dünnschichtmodule (Asca, 2020)	Photobeschichtung (Padilla in: Landartgenerator, 2020)	Integrierte Beleuchtung mit Farbeffekt (Corcic, 2015)
Leistungsverlust: 2,5%	Leistungsverlust: 10-30%	Leistungsverlust: 10-30%	Leistungsverlust: 7%	bis 40 Wp/m2, 20% Transparenz	Leistungsverlust: 10-40%	Leistungsverlust: abhängig von Zwischenraumgröße

## Oberflächenstruktur

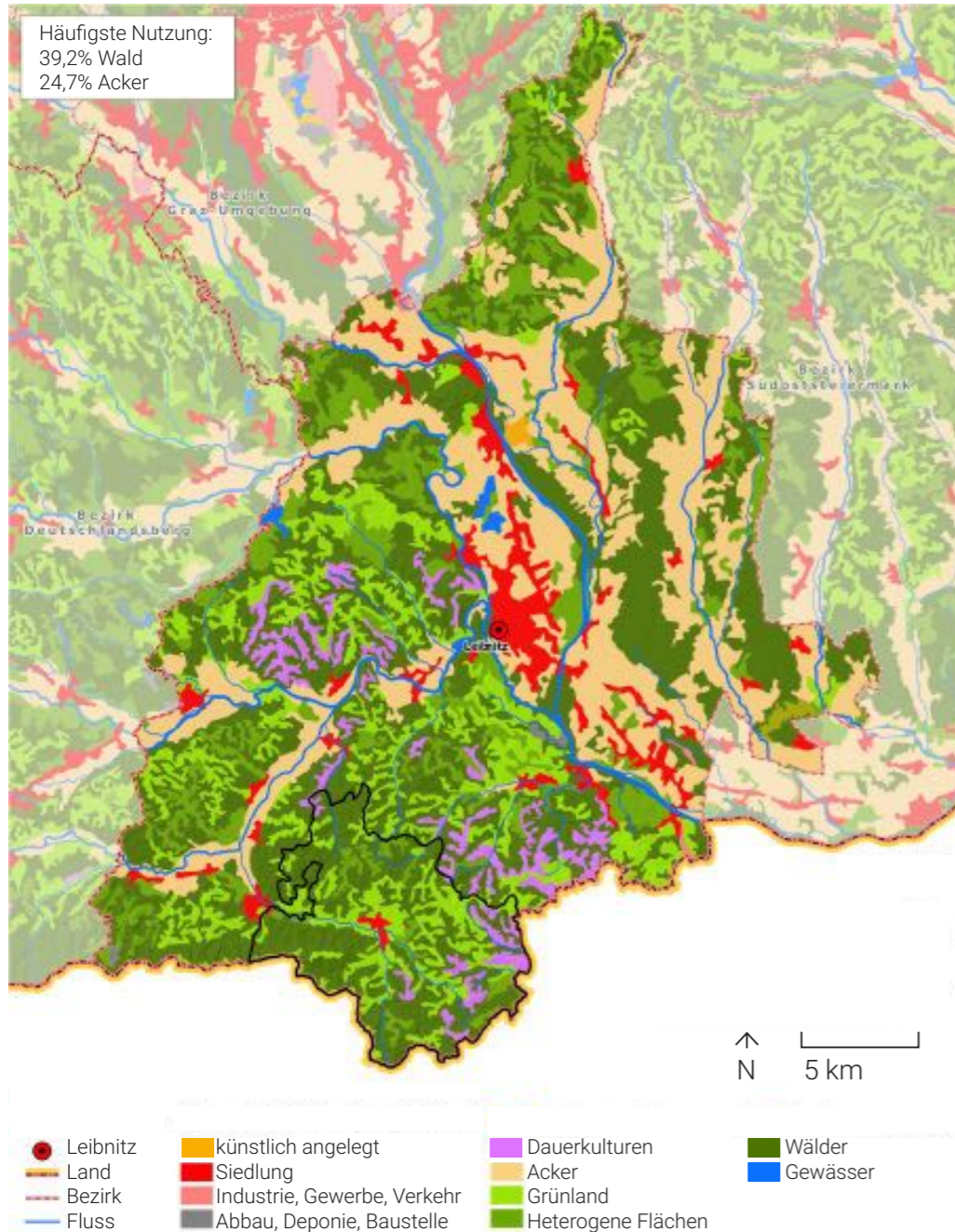


Klares Standarddeckglas (sunovation, 2022)	Satin (sunovation, 2022)	Relief Matt (sunovation, 2022)	Relief Linear (sunovation, 2022)	Relief Granitoptik reflexionsfrei (Megasol in Enkhardt, 2021)	Sandgestrahlt gemustert (Construct PV in unstudio, 2017 II)	Randloses Deckglas (sunovation, 2022)
--------------------------------------------	--------------------------	--------------------------------	----------------------------------	---------------------------------------------------------------	-------------------------------------------------------------	---------------------------------------

Modulart	Besonderheiten	Wirkungsgrad	Fläche pro kWp	Preis-kategorie
Polykristallin	- preiswerte Fertigung - lang erprobte Technik - lange Lebensdauer - sehr geringe Störanfälligkeit	17-21 %	6-7 m <sup>2</sup>	durchschnittlich
Monokristallin	- hoher Wirkungsgrad - geringerer Flächenbedarf - unterschiedliche Farben - lange Lebensdauer - sehr geringe Störanfälligkeit	19-23 %	5-6 m <sup>2</sup>	durchschnittlich bis hoch
Dünnschicht (CIS/CIGS)	- preiswerte Fertigung - geringer Rohstoffbedarf - geringeres Gewicht - gute Erträge bei diffuser Strahlung und bei Hitzewirkungen - in variablen Größen erhältlich (CIGS)	16-18 %	6-8 m <sup>2</sup>	durchschnittlich

## Eigenschaften von Solarzelltechnologien (Sächsische Energieagentur, 2021, 11)

# Landschaftsportrait Leibnitz - Bedeutung gewachsener Kulturlandschaft und PV-Eignung von Freiräumen



**Steirisches Raumordnungsgesetz:** ... die Qualität der natürlichen Lebensgrundlagen soll durch sparsame und sorgsame Verwendung unter der Erhaltung der natürlichen Ressourcen wie Boden, Wasser und Luft nachhaltig sichergestellt werden. (ROG 1974 §3).

## Auswahlkriterien zur Eignung von Freiräumen für die Integration von Solaranlagen anhand der Landschaftsbildqualität

(Amt der Steiermärkischen Landesregierung, 2021, 22)

- baulich stark geprägte Landschafts- und Siedlungsräume → hohe Eignung, Vorrangflächen
- teilweise baulich geprägte Landschafts- und Siedlungsräume → mäßige Eignung
- hohe Landschaftsbildqualität → Eignung nur im Ausnahmefall, als kleinräumige Intervention unter besonderer Berücksichtigung des Landschaftsbilds

## Referenzlandschaftsraum

### Bezirk Leibnitz mit Bodenbedeckungstypen

(Frohmann et al., 2019, 49 nach CORINE Landcover 2000, Level 2)

# Ausgewählte charakteristische ländliche Freiraumtypen und ihre Eignung für PV Anlagen



1 Stadtplatz



2 Schulcampus



3 Vinothek



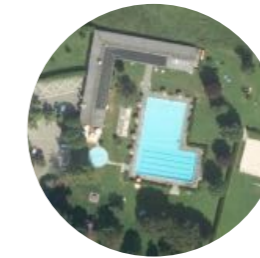
4 Gewerbepark



5 Gewerbegebiet



6 Gewerbegebiet



7 Freibad



8 Sportareal Freibad



9 Sportplatz



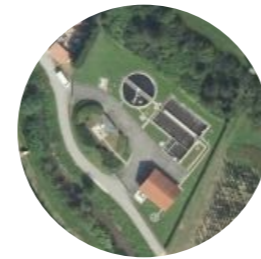
10 Motorikpark



11 Hochwasser-



12 Murstaustufe



13 Kläranlage



14 Hackschnitzel-



15 Bahnhof



16 Murbrücke



17 Kreisverkehr



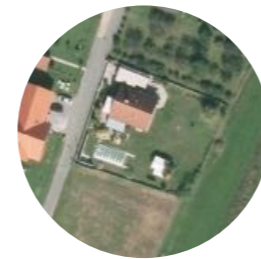
18 Rastplatz  
Watschgerei



19 Aussichtsturm  
Wasserturm



20 Kreuzberg-  
warte



21 Hausgarten

Abb.: ausgewählte siedlungsbezogene  
PV-geeignete Freiräume  
Referenzlandschaft: Bezirk Leibnitz, 2022

**Wohnsiedlungsbezogene Freiräume**  
öffentliche / private Freiräume, Plätze, Gärten

**Gewerbegebietsbezogene Freiräume**  
Gewerbeparks, Einkaufszentren, Parkplätze, ...

**Technisch geprägte Freiräume**  
Kraftwerke, Kläranlagen, Lagerflächen, ...

**Verkehrsbezogene Freiräume**  
Bahnhofsflächen, Verkehrsinseln, Brücken

**Schulbezogene Freiräume**  
Sportflächen, Parkplätze, Vorplätze

**Freizeitbezogene Freiräume**  
Fitnessparks, Sportplätze, Rastplätze, ...

# Integrativer Entwurfsprozess

## Programm und Gestaltungsrahmen



Elemente einer ortsbezogenen Gestaltung mit Solaranlagen

## Umsetzung

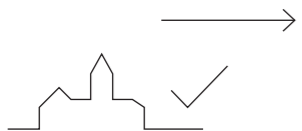
### Ökologische Anforderungen

Solarenergiepotenziale & Wirtschaftliche Anforderungen

Soziale Anforderungen

Raumwirkung & Gestalterische Anforderungen

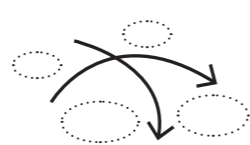
0 Vorbedingung: Eignung des Ortes



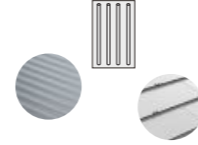
1 Ortscharakter



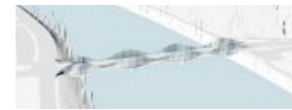
2 Entwurfsansatz



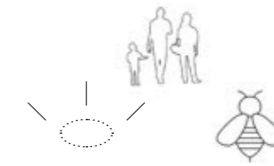
3 Geeignete Solarelemente



4 Entwurfsbeispiel



5 Gesamtwirkung



Raumwirkung & Gestalterischer Mehrwert

Energieleistung & Wirtschaftlicher Mehrwert  
Ökologischer Mehrwert

Sozialer Mehrwert

## Gewerbepark – Freiraumanalyse



### Ortscharakter

Referenz: Gewerbegebiet Leibnitz, eigene Aufnahme, 02/2022

### Gestalterische Ausprägung

- **weiträumig offener Freiraum** mit unterschiedlichen Verkehrsflächen
- **lose Anordnung** und zueinander versetzte Gewerbehallen
- **motorisierter Individualverkehr** im Mittelpunkt
- **versiegelte Parkplatzflächen**
- weiträumig **baumlose** Flächen
- **Entwässerungsgräben** mit großen Wurfsteinen
- **überdimensionale** Werbeelemente
- **fehlende Gliederung** und Empfinden räumlicher Verlorenheit
- Ungleichgewicht zum **menschlichen Maß**

### Versiegelung

- Gesamtareal: 163 200m<sup>2</sup> (73%)
- Gebäudeflächen: 41000 m<sup>2</sup>
- m 2 Erschließungsstraßen: 64 200 m<sup>2</sup>
- befestigte Parkflächen: 14 000 m<sup>2</sup>

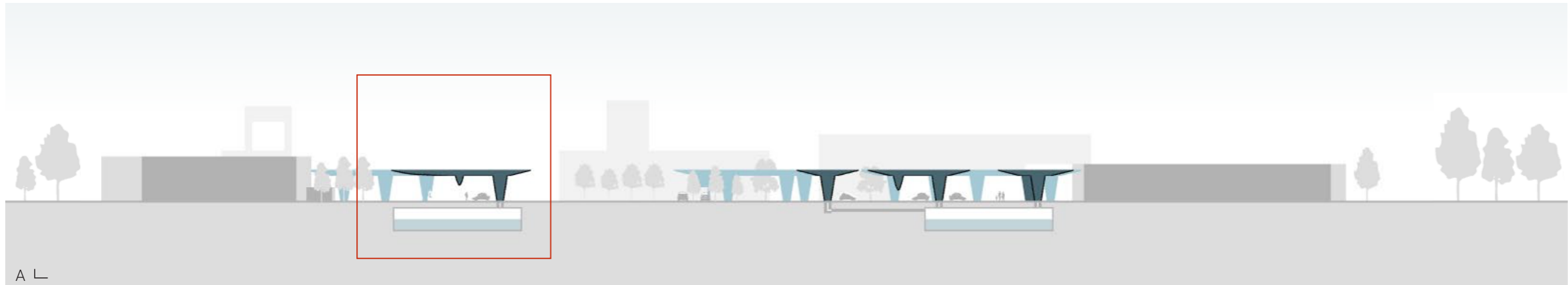
### offene Flächen

- Rasenflächen: 44 000 m<sup>2</sup> (27 %)

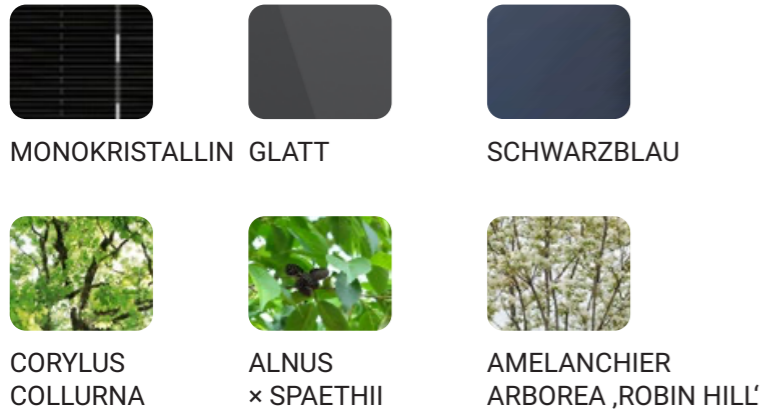
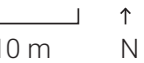


50 m ↑  
N

# Gewerbepark – Entwurfsbeispiel



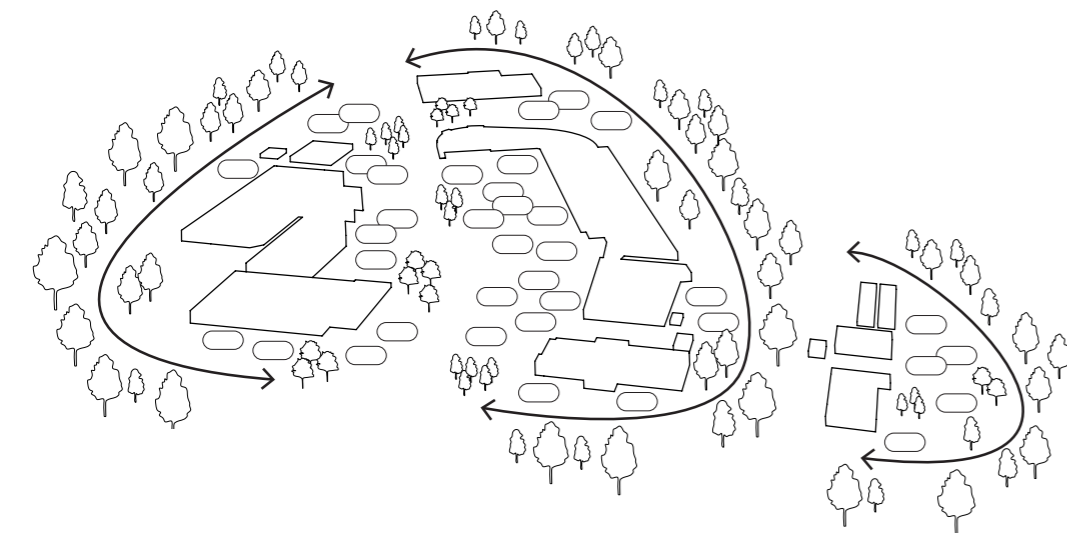
Entwurfsbeispiel



Solarelemente und Bepflanzung



Gesamtwirkung

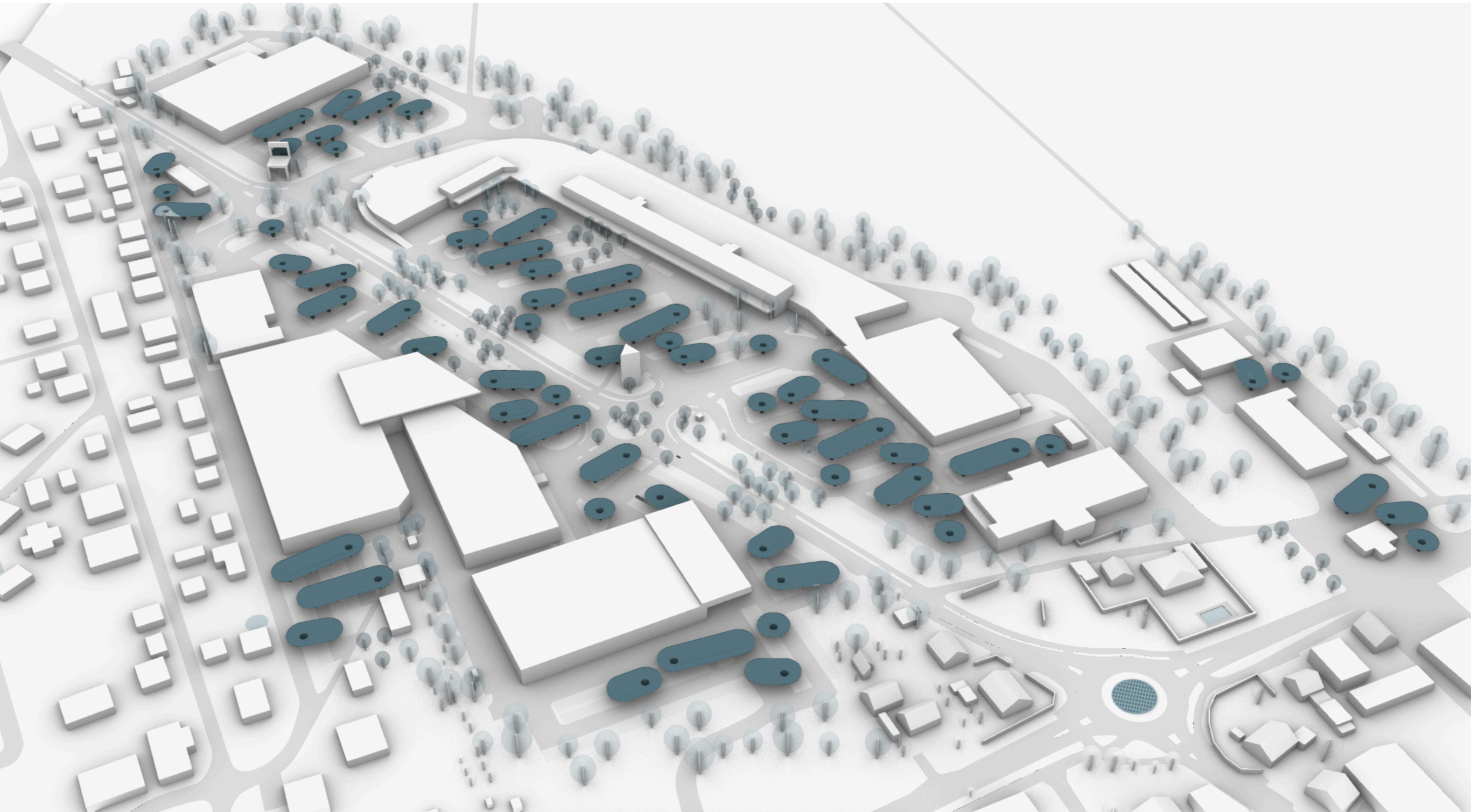


## Entwurfsansatz

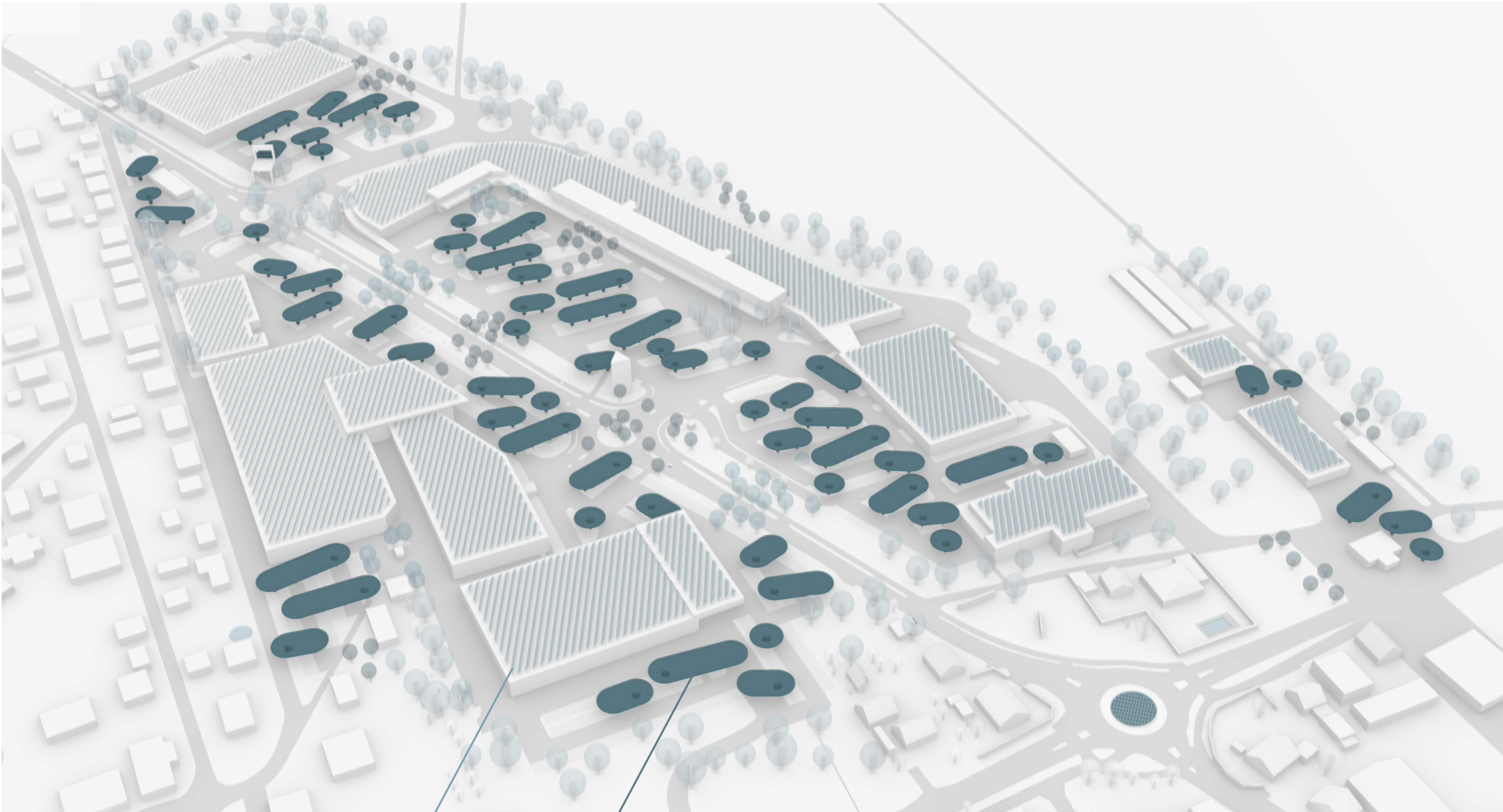
- Den **räumlichen Zusammenhang** im Gewerbepark fördern
- **Baumpflanzungen** (ökologischer, gestalterischer und sozialer Mehrwert)
- Einbringen von **Flugdächern mit Photovoltaikpanelen** verleihen Marktcharakter
- Die trichterförmigen Flugdächer **erzeugen Strom** und **sammeln Regenwasser** in unterirdisch angelegten **Zisternen (Regenmanagement)**
- Die Flugdächer dienen als **Witterungsschutz** und als Stellplätze für PKW's
- Die kleinteilige Gliederung schafft den Bezug zum **menschlichen Maßstab**



## Gewerbepark – Entwurfsbeispiel



## Gewerbepark – Entwurfsbeispiel – Variante mit PV Dachflächen

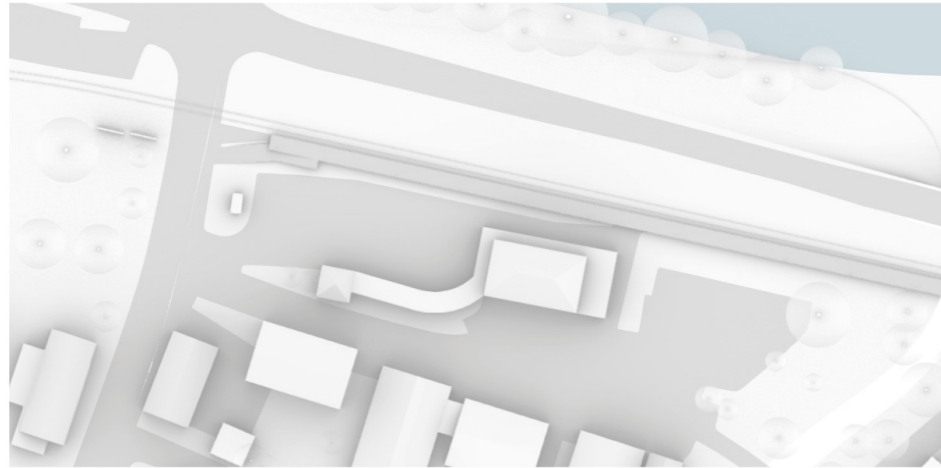


⚡ 6400 - 6800 MWh  
Gebäude

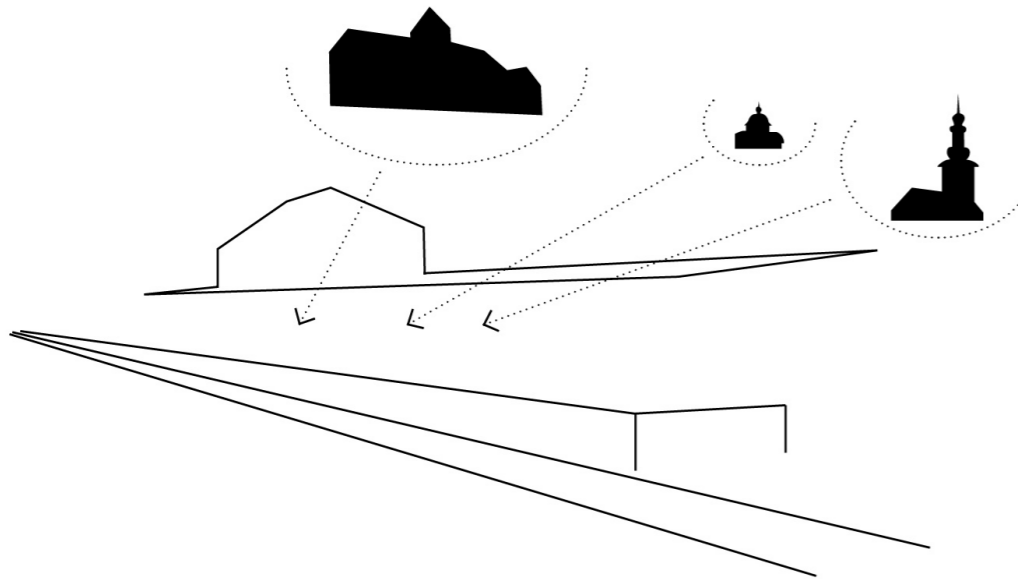
⚡ 1700 - 1900 MWh  
Freiraum

🌳 300  
Baumpflanzungen

## Beispiel Bahnhofsvorplatz – Freiraumanalyse



25 m ↑ N

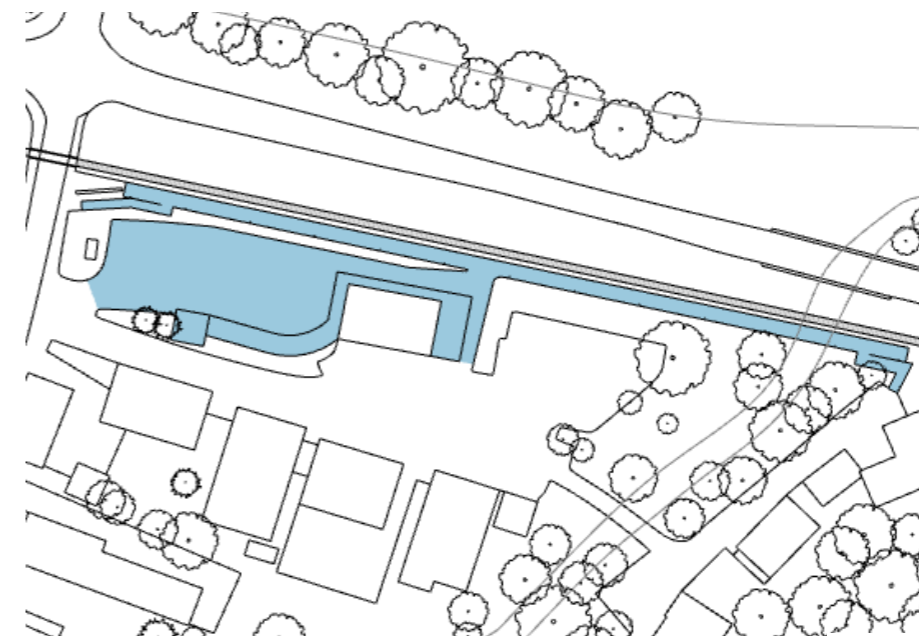


Ortscharakter

Referenz: Bahnhof Ehrenhausen, eigene Aufnahme, 02/2022

### Gestalterische Ausprägung

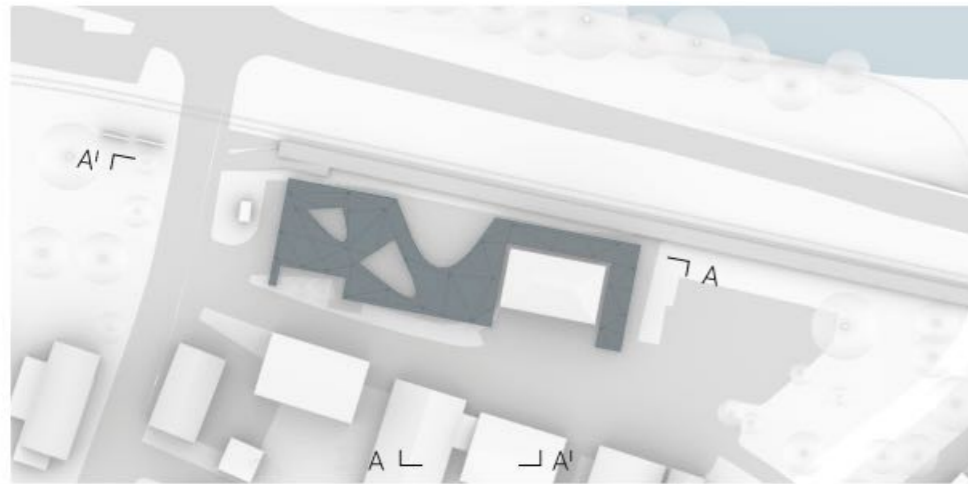
- Der Bahnhof liegt am Fuße eines **solitären Hügels**, wo sich das Schloss Ehrenhausen befindet
- Der Hügel wird von einem **bewaldeten Bergrücken** eingefasst
- Zusammen mit dem Bahnhof prägen **drei Landmarks** – Schloss, Grabmal und Kirche.
- Ein geschwungenes Vordach fasst die vorhandenen **Park & Ride** Stellplätze entlang des erhöhten, linearen Bahnsteigs ein.



● HOHE EIGNUNG

25 m ↑ N

## Bahnhofsvorplatz – Entwurfsbeispiel



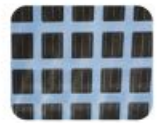
Entwurfsbeispiel

25 m ↑ N



A L

5 m ↑ N



GLAS-GLAS

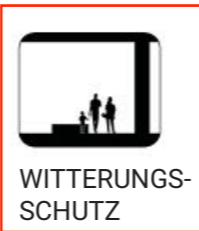


GLATT



GRÜN-OCKER

Solarelemente

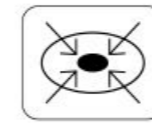


WITTERUNGSSCHUTZ

Gesamtwirkung



E-BIKE STATION



FOKUS



MWh



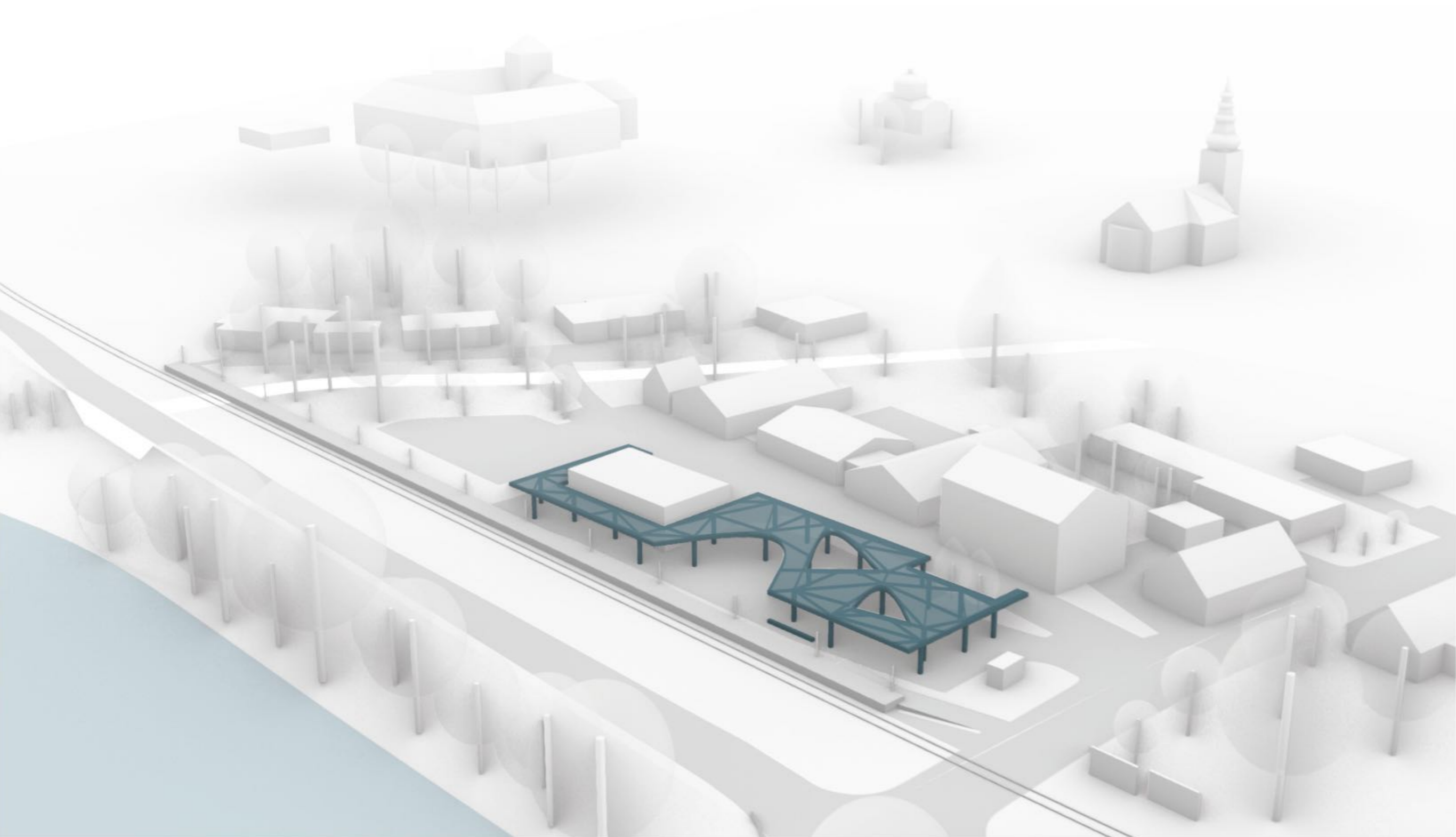
HAUSHALTE

LEISTUNG

### Entwurfsansatz

- Den **räumlichen Zusammenhang** am Bahnhof über ein 676 m<sup>2</sup> großes Vordach aus **Photovoltaik Solarglas stärken**
- Die **Sichtbeziehung** mittels Aussparungen zu den Landmarks ermöglichen
- Die **Waldstimmung** über die Färbung der grünlichen Solarzellen aufnehmen
- Das Vordach dient als **Witterungsschutz**
- Glasmodule mit **35% Transparenz**
- Den gewonnenen Strom über **e-Bike Ladestationen** nutzen

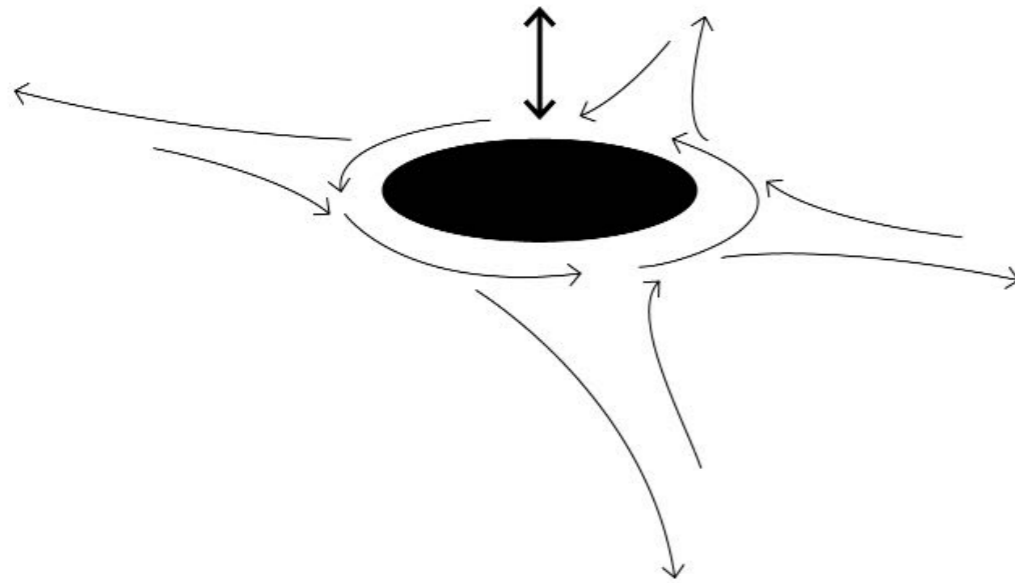
## Bahnhofsvorplatz – Entwurfsbeispiel



## Kreisverkehr – Freiraumanalyse



20 m ↑  
N



Ortscharakter

Referenz: Kreisverkehr bei Leibnitz, eigene Aufnahme, 02/2022

### Gestalterische Ausprägung

- Kreisverkehr als ***häufig vorkommender Verkehrsknoten*** im Kreuzungsbereich zusammenführender Straßen
- Die gestalterische Mitte bildet ein Kreis. Seine Größe wird von der Straßenhierarchie und Verkehrsordnung mitbestimmt
- Die Aufgabe ist es den ***Kreuzungsverkehr zu verlangsamen*** und die Verkehrssicherheit zu erhöhen
- Gestalterische Maßnahmen machen den Kreisverkehr zunehmend zu ***Landmarks im Straßen-*** und erweiterten ***Landschaftsraum***



● HOHE EIGNUNG

25 m ↑  
N

## Kreisverkehr – Entwurfsbeispiel



Entwurfsbeispiel

20 m ↑  
N



A L

2 m ↑  
N



MONOKRISTALLIN GLATT



SCHWARZBLAU

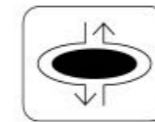
Solarelemente



BLUMENWIESE



BIENENSTOCK



MITTE



MWh



HAUSHALTE

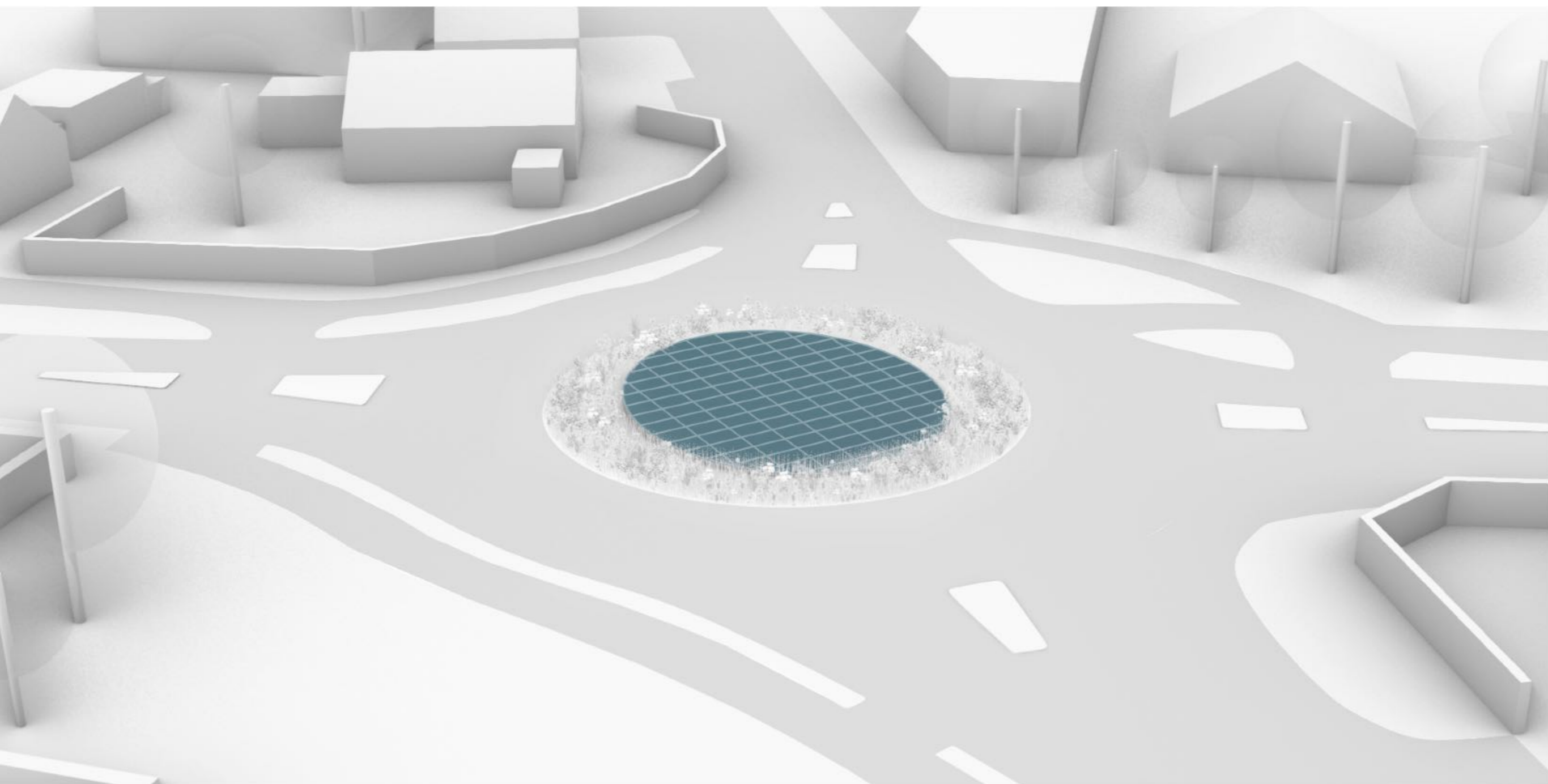
LEISTUNG

Gesamtwirkung

### Entwurfsansatz

- Der zentrale Bereich Kreisverkehrs besteht aus einer **hügelartig erhöhten Fläche**
- Im Zentrum befindet sich eine **397 m<sup>2</sup> große Solarscheibe**
- Baut als rundes Auge eine Beziehung zur Himmelslandschaft auf und betont als Angelpunkt die Zirkulation des Verkehrs
- Durchmesser: 22,4 m
- Neigung: 5° gegen Süden hin ausgerichtet (lebendige Topographie)
- Das "Solarauge" wird von einer **Wildblumenwiese** eingerahmt (Steigerung der Biodiversität)
- Räumlich schafft der Entwurf eine **klare Mitte**
- Die **sanfte Neigung der Solarscheibe** trägt zur Orientierung der Verkehrsteilnehmer:innen bei

## Kreisverkehr – Entwurfsbeispiel

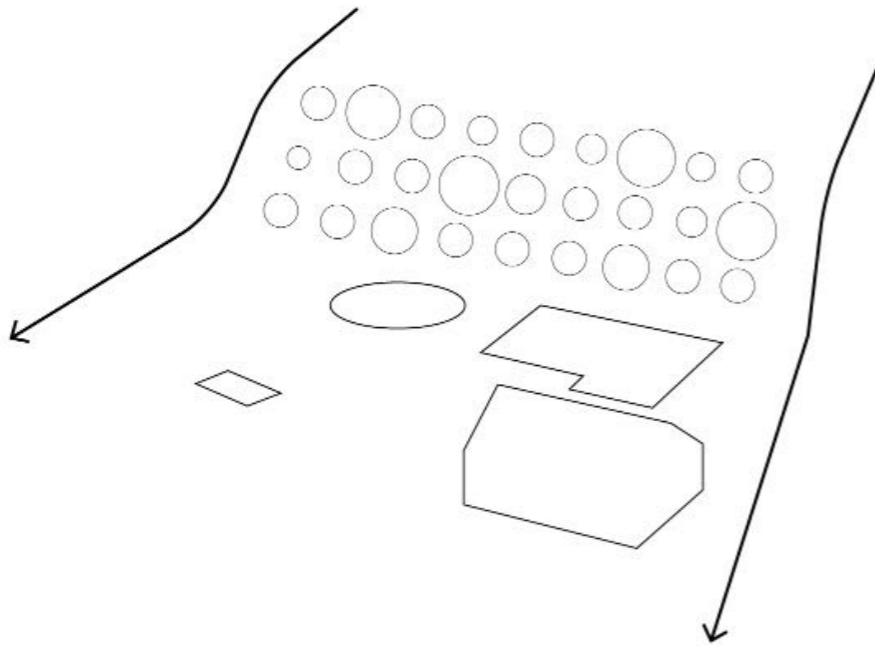




# Kläranlage – Freiraumanalyse



25 m ↑  
N

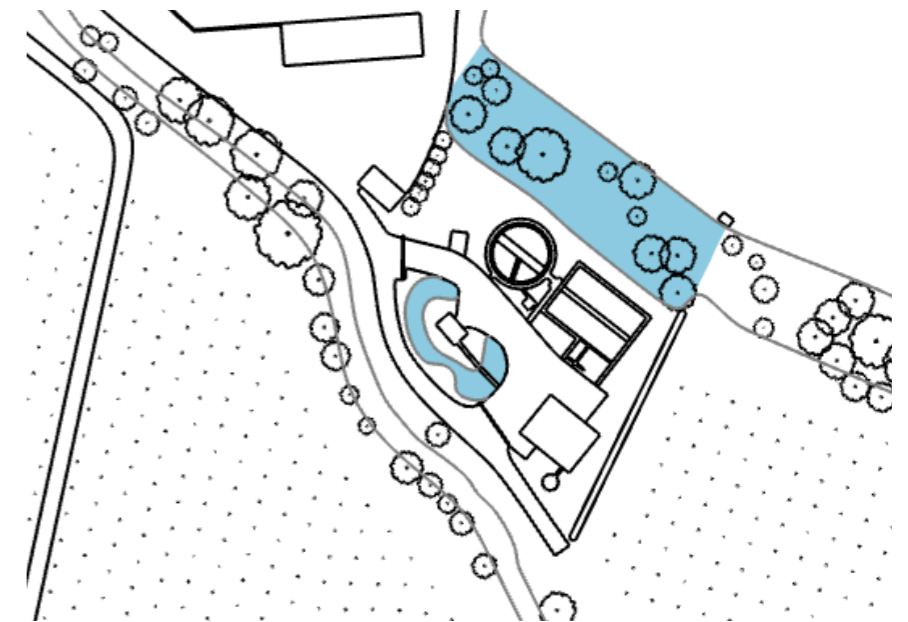


Ortscharakter

Referenz: Kläranlage Leutschach, eigene Aufnahme, 02/2022

## Gestalterische Ausprägung

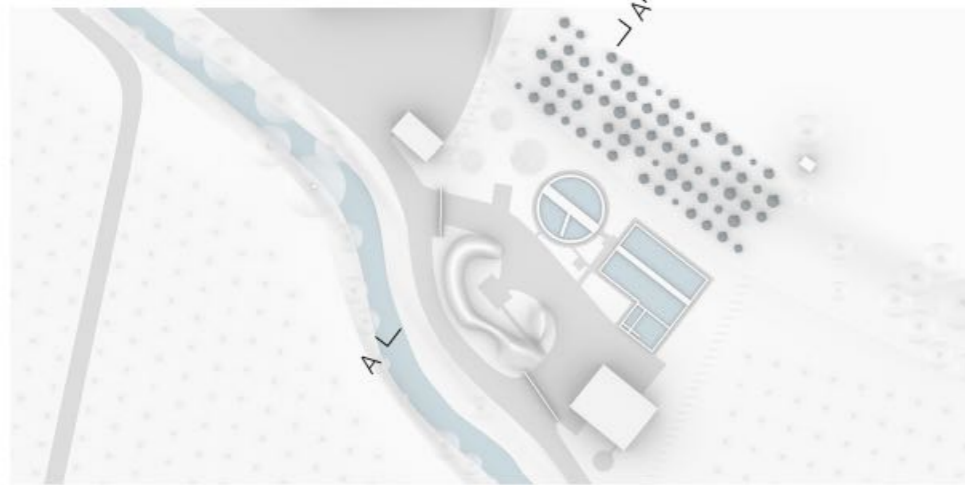
- **Technisch** geprägter Freiraum
- Außenbereich der Kläranlage mit **Sichtschutzböschungen**
- Die Sichtschutzwälle zeichnen sich durch **Wiesenbewuchs** aus
- Ansteigende **Südhanglage**
- Zwei Klärbecken mit Erschließungsstraße liegt am Fuße der **künstlichen Böschung**



● HOHE EIGNUNG

25 m ↑  
N

## Kläranlage – Entwurfsbeispiel



Entwurfsbeispiel

25 m ↑ N



A L

5 m ↑ N



SPHÄRISCH



GLATT



TRANSPARENT

Solarelemente



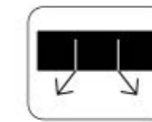
BLUMENWIESE



SCHAFWEIDE



GEMEINSCHAFTS-  
GARTEN



RÜCKEN-  
SCHUTZ



MWh



HAUSHALTE

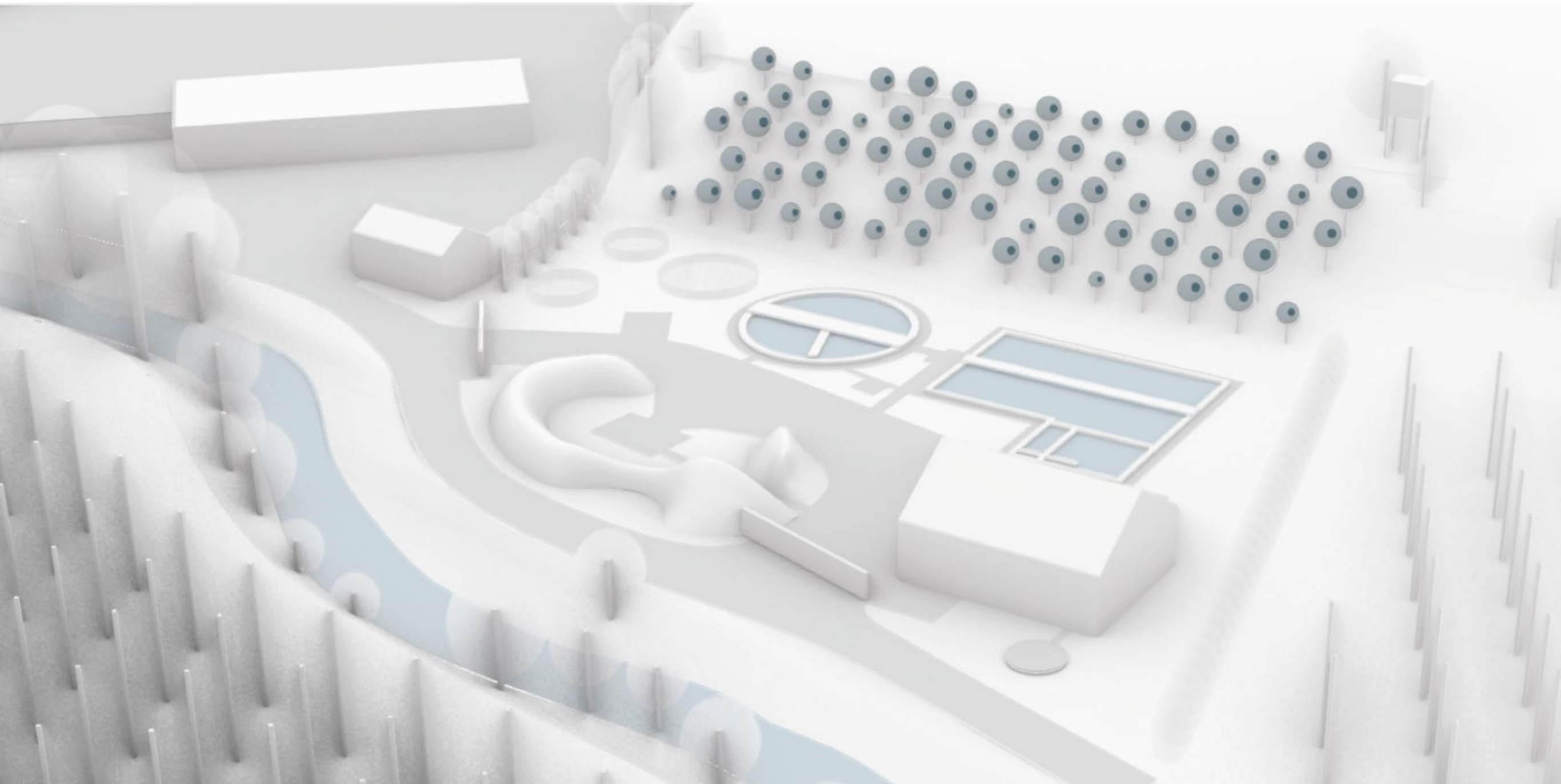
LEISTUNG

Gesamtwirkung

### Entwurfsansatz

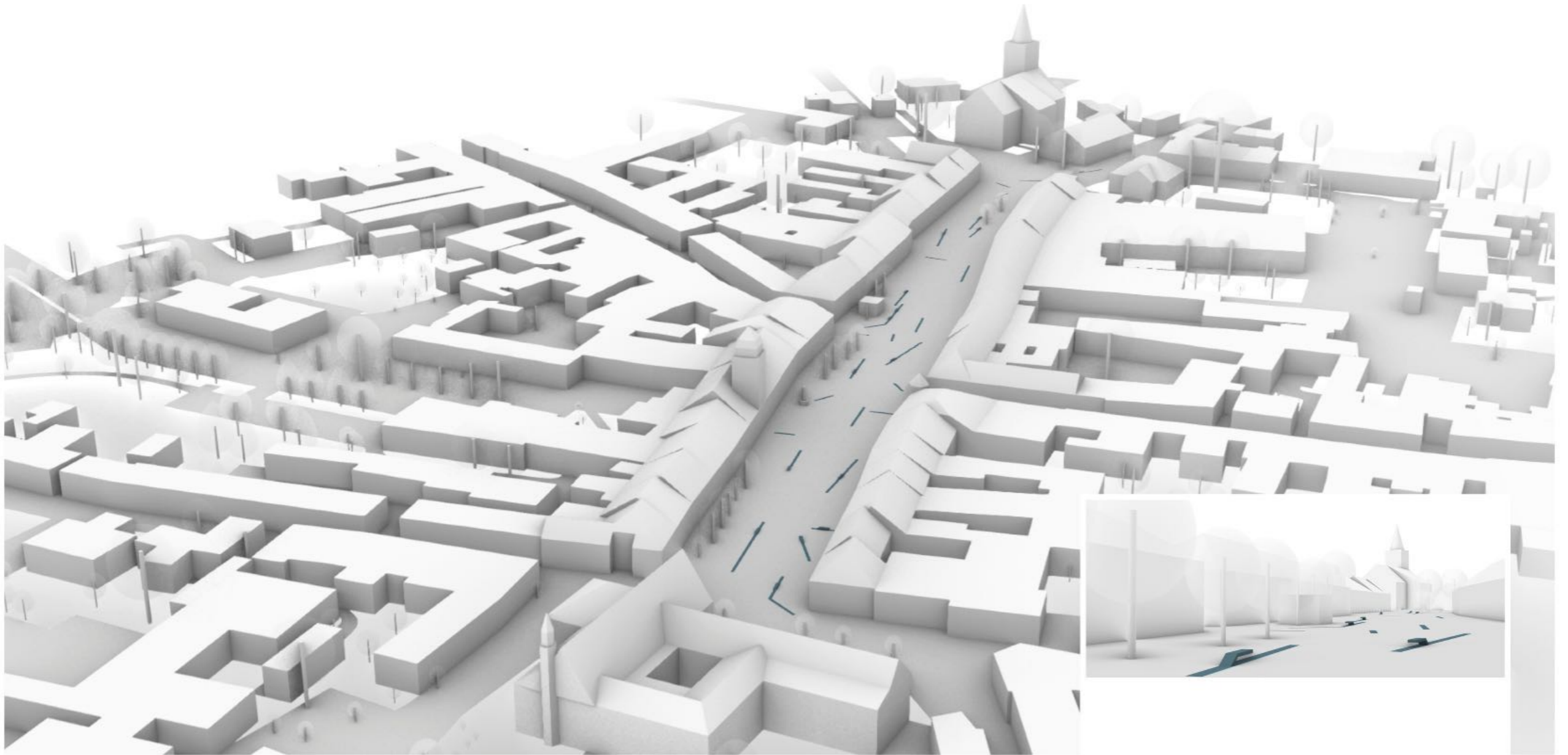
- **Tautropfen** stellen einen Bezug zwischen dem Wiesenhang und der **Wasseraufbereitung** in der Kläranlage her
- Die Tautropfen bestehen aus **wassergefüllten Photovoltaik-Glaskugeln** (Durchmesser: 2m)
- Die Kugeln sind in unterschiedlichen Größen nach dem **Gestaltungsprinzip von Streuobstwiesen** angeordnet
- Die **transparenten sphärische Photovoltaiklinsen** werden auf einer Metallsäule mit einer Mindesthöhe von 80 cm über Bodenniveau befestigt (Gabler, 2019, 11), sodass sie Schafen als Witterungsschutz dienen
- **Schafe** beweiden die Wiese, die gleichzeitig eine wertvolle Biodiversitätsfläche darstellt
- Die Schafswolle dient dem **lokalen Handwerk** und als Dünger und Schneckenschutz für einen **Gemeinschaftsgarten** auf der freien Fläche am Fuße des Hanges
- Ein neugegründeter **lokaler Verein** betreut den Gemüsegarten und die Schafe

## Kläranlage – Entwurfsbeispiel



- **Vorbedingung:** Ist der Freiraum für die Gestaltung mit Solarmodulen überhaupt geeignet
- **Erfassen des Ortscharakters**
- **Entwicklung eines Entwurfsansatzes gemäß den lokalen räumlichen, sozialen, ökologischen und ökonomischen Ansprüchen**
- **Auswahl der geeigneten Solarelemente nach deren Gestaltwirkung Entwurf von Freiräumen zur Solarenergiegewinnung in Hinblick auf eine multifunktionale Nutzung**
- **Die Gestaltung erzeugt eine synergetische Gesamtwirkung gemäß den räumlichen, sozialen, ökologischen und ökonomischen Ansprüchen**

# Ideenpool Stadtplatz I



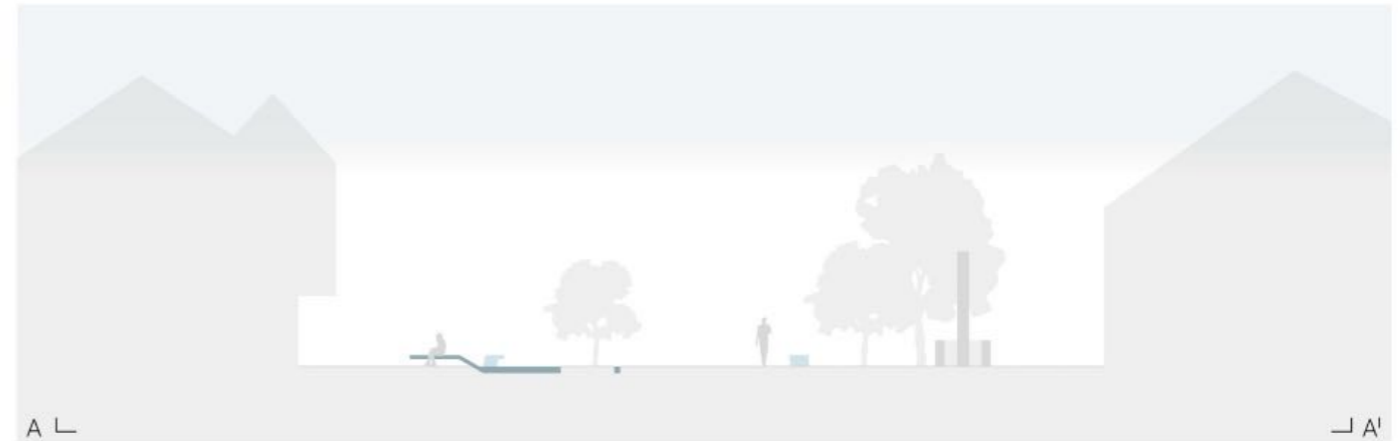
Entwurfsbeispiel

# Ideenpool Stadtplatz II



Entwurfsbeispiel

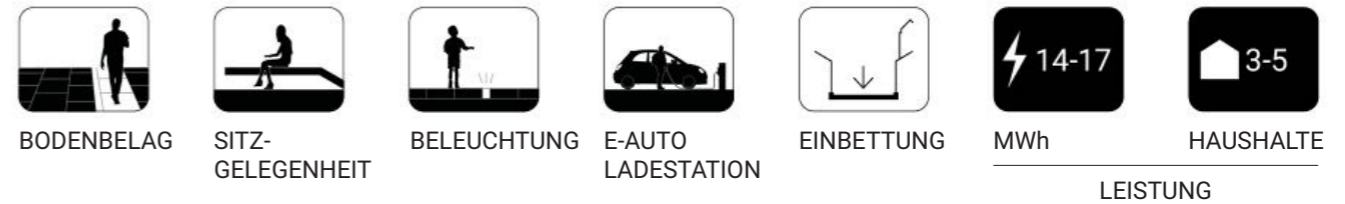
50 m ↑ N



3 m ↑ N



Solarelemente



Gesamtwirkung

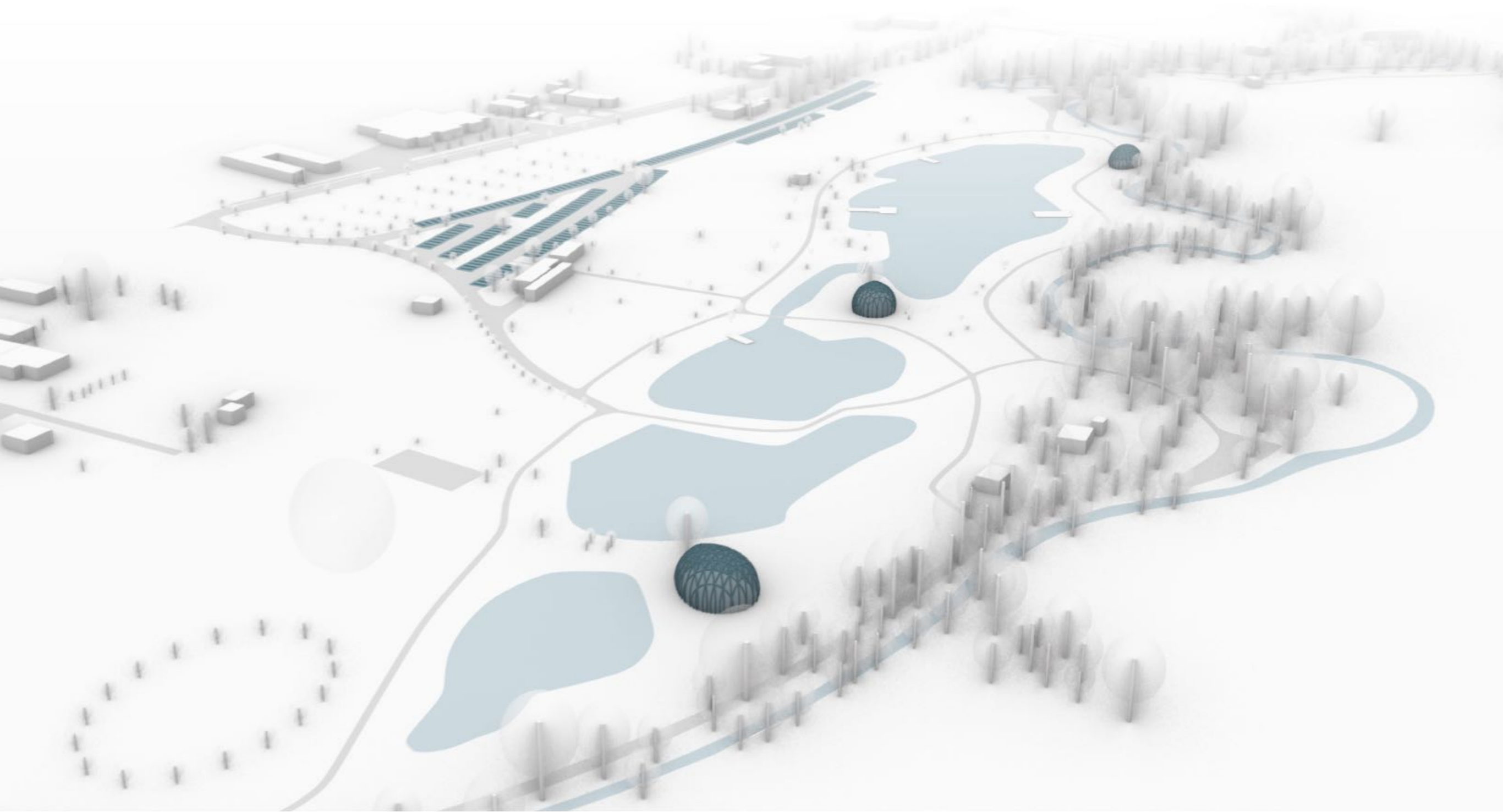
Der Platz wird zu einer Begegnungszone mit einem einheitlichen Pflasterbelag umgestaltet. Die im Boden eingelassenen und sich dreidimensional ausformenden Bezugslinien bestehen aus Solarbodenplatten und Licht-

schlitzen. Als Solarmodulen kommen dunkelgrau beschichtete, belastbare Photovoltaikplatten mit Reliefstruktur in Granitoptik zum Einsatz. Die Bodenplatten falten sich zu Sitzgelegenheiten auf, dienen zur Lenkung des

motorisierten Individualverkehrs und markieren Ladestationen für Elektroautos. Räumlich stärkt die Gestaltung die Einbettung des Stadtplatzes in der dichten Gebäudestruktur. Die Photovoltaikmodule erzeugen eine Leistung

von 14 bis 17 MWh und können drei bis fünf Haushalte mit Strom versorgen. Diese Solaranlage eignet sich als Inselsystem zur Versorgung der Straßenbeleuchtung und Ladestationen.

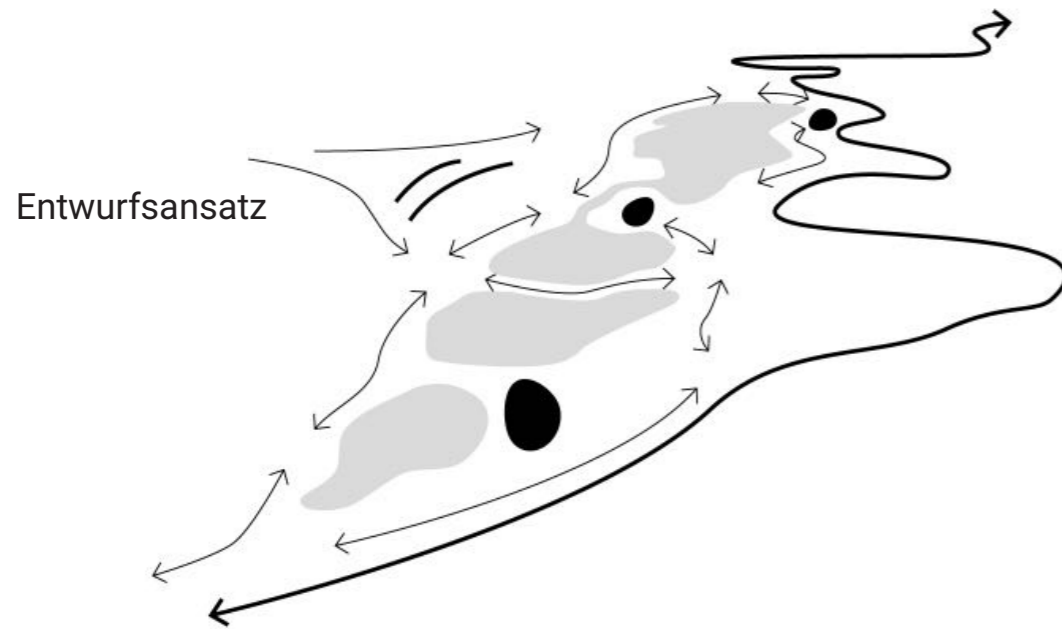
## Ideenpool Motorikpark I - Entwurfsbeispiel



## Ideenpool Motorikpark II



50 m ↑  
N



Entwurfsansatz



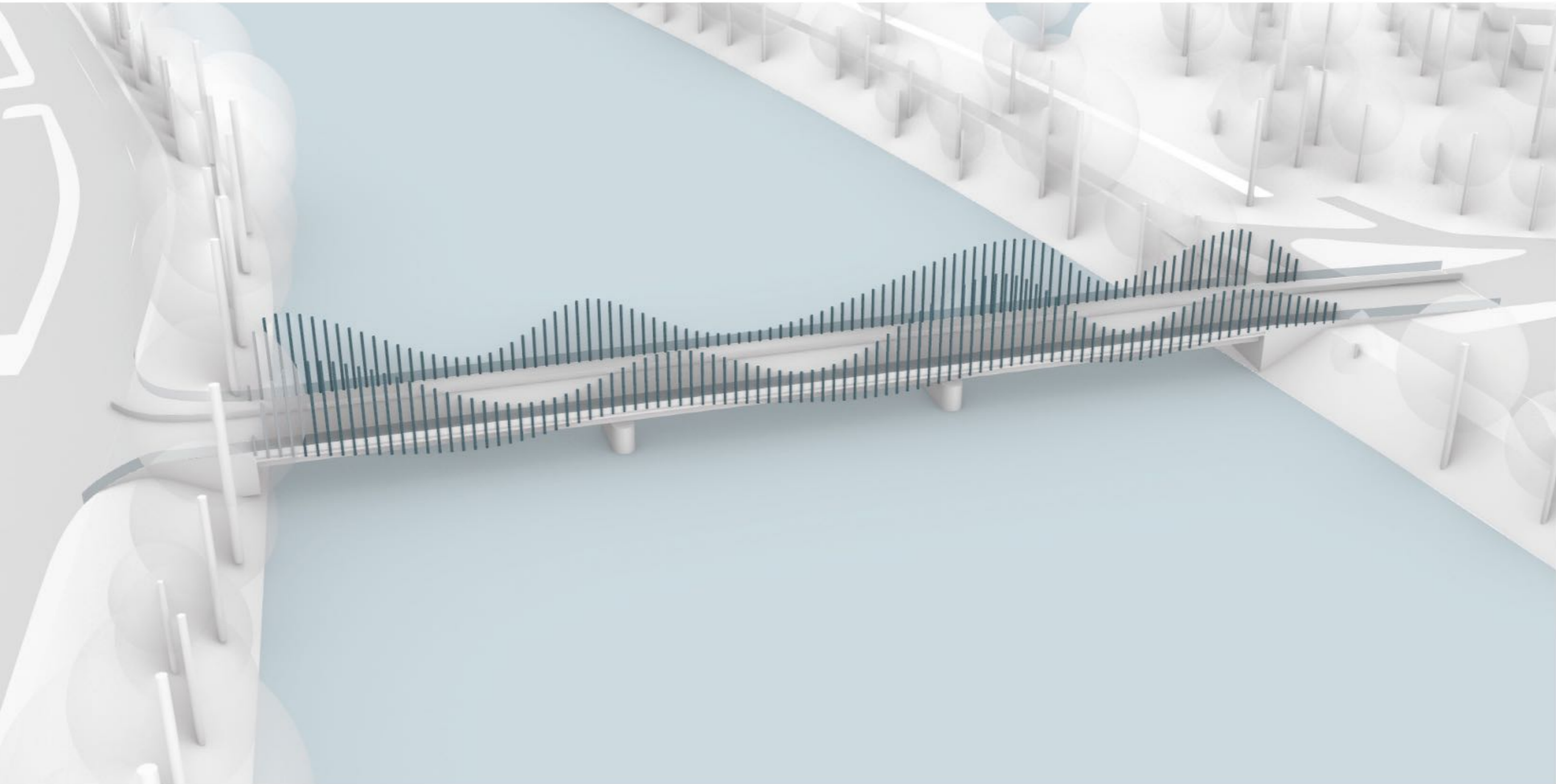
Ortscharakter

Der Motorikpark besteht aus vier unregelmäßig-dynamisch geformten Teichen, die an einem mäandrierenden Bachlauf liegen.

Die Anordnung von drei überdimensionalen Flusskieseln schafft eine rhythmische Akzentuierung der dynamischen Gewässerstruktur. Die Platzierung erfolgt an räumlichen Höhepunkten: zentral im Solarplexus der Teichabfolge und in den Schwerpunkten von Teichbuchten und Bachschleifen.



## Ideenpool Brücke I - Entwurfsbeispiel

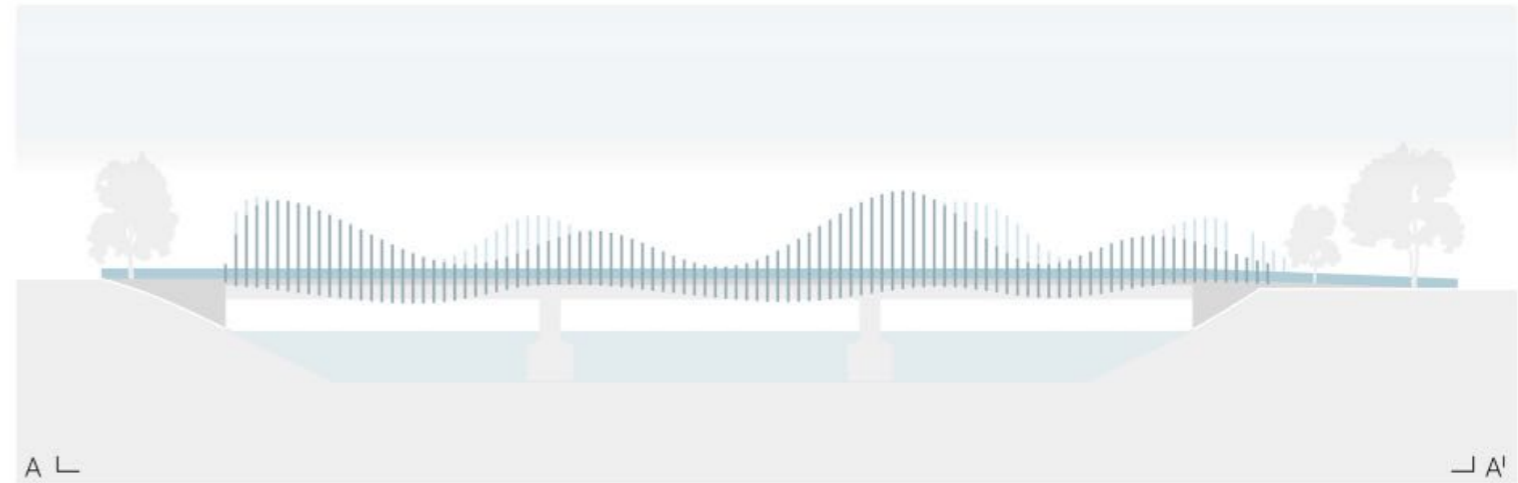


## Ideenpool Brücke II



Entwurfsbeispiel

50 m ↑  
N



A L

10 m ↑  
N



STELN



GLATT



SCHWARZ-  
BLAU



SOLARGLAS



GLATT



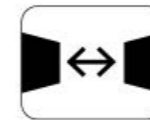
TRANSPARENT



BELEUCHTUNG



ABSTURZ-  
SICHERUNG



VERBINDUNG



MWh



HAUSHALTE

LEISTUNG

### Solarelemente

### Gesamtwirkung

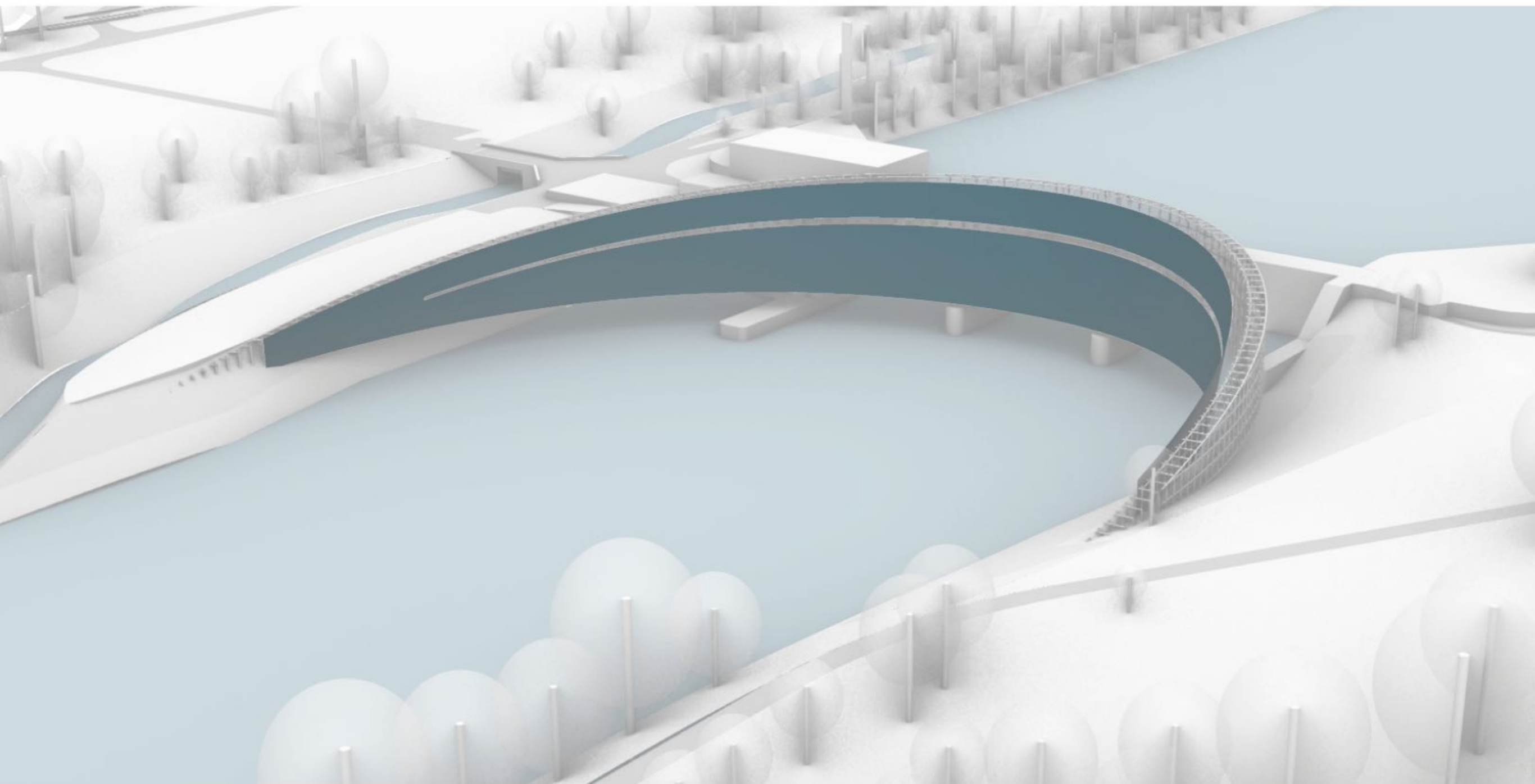
1,5 bis 8,5 m hohe vertikale Stelen mit 25 cm Durchmesser werden seitlich an die Betonkonstruktion der Brücke befestigt. Durch ihre differenzierte Höhenentwicklung erzeugen sie ein

abwechslungsreiches Erlebnis beim Überqueren, das Blicke auf unterschiedliche Elemente des weiten Landschaftsraumes freigibt.

Die Stelen beinhalten zylindrische Photovoltaikmodule mit technisch bedingter schwarz-blauer Optik und fungieren als Beleuchtungskörper. Ein Band aus Solarglas mit 1,20 m

Höhe dient als Absturzsicherung. Die Photovoltaikmodule erzeugen eine Leistung von 20 bis 30 MWh und können sechs bis acht Haushalte mit Strom versorgen.

## Ideenpool Staustufe I - Entwurfsbeispiel

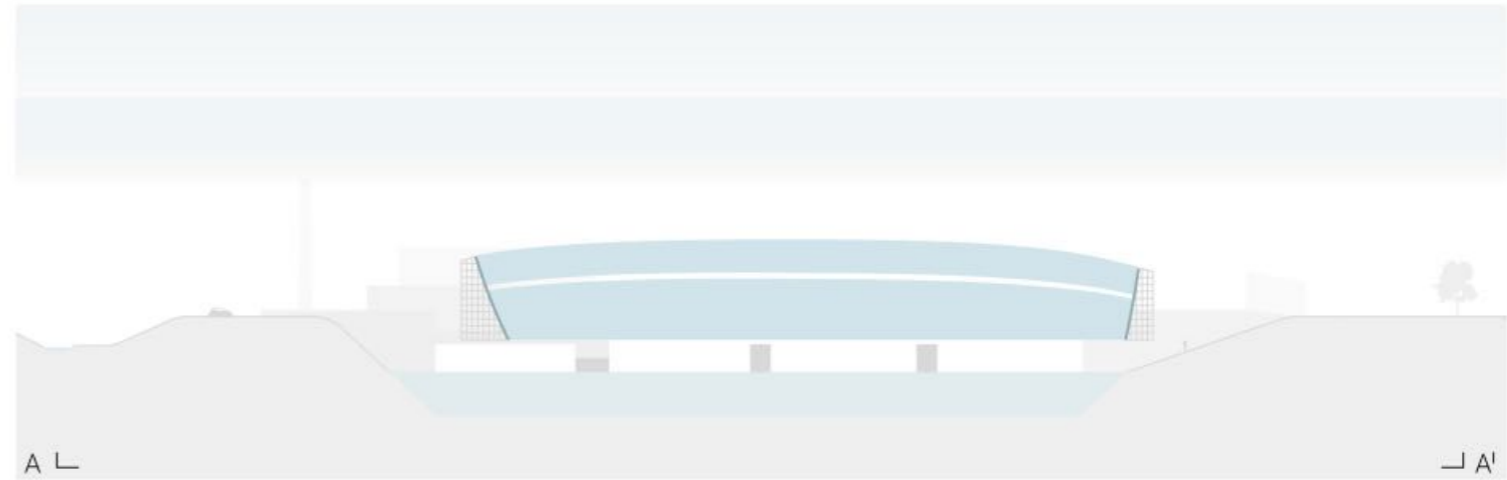


## Ideenpool Staustufe II



Entwurfsbeispiel

25 m ↑ N



A L

10 m ↑ N



SCHINDELN



RELIEF  
REFLEXIONSFREI



BLAUGRÜN

### Solarelemente



BIOTOP  
KLETTERPFLANZEN



VOGELHABITAT



ZUSAMMEN-  
HALT

### Gesamtwirkung



MWh



HAUSHALTE

### LEISTUNG

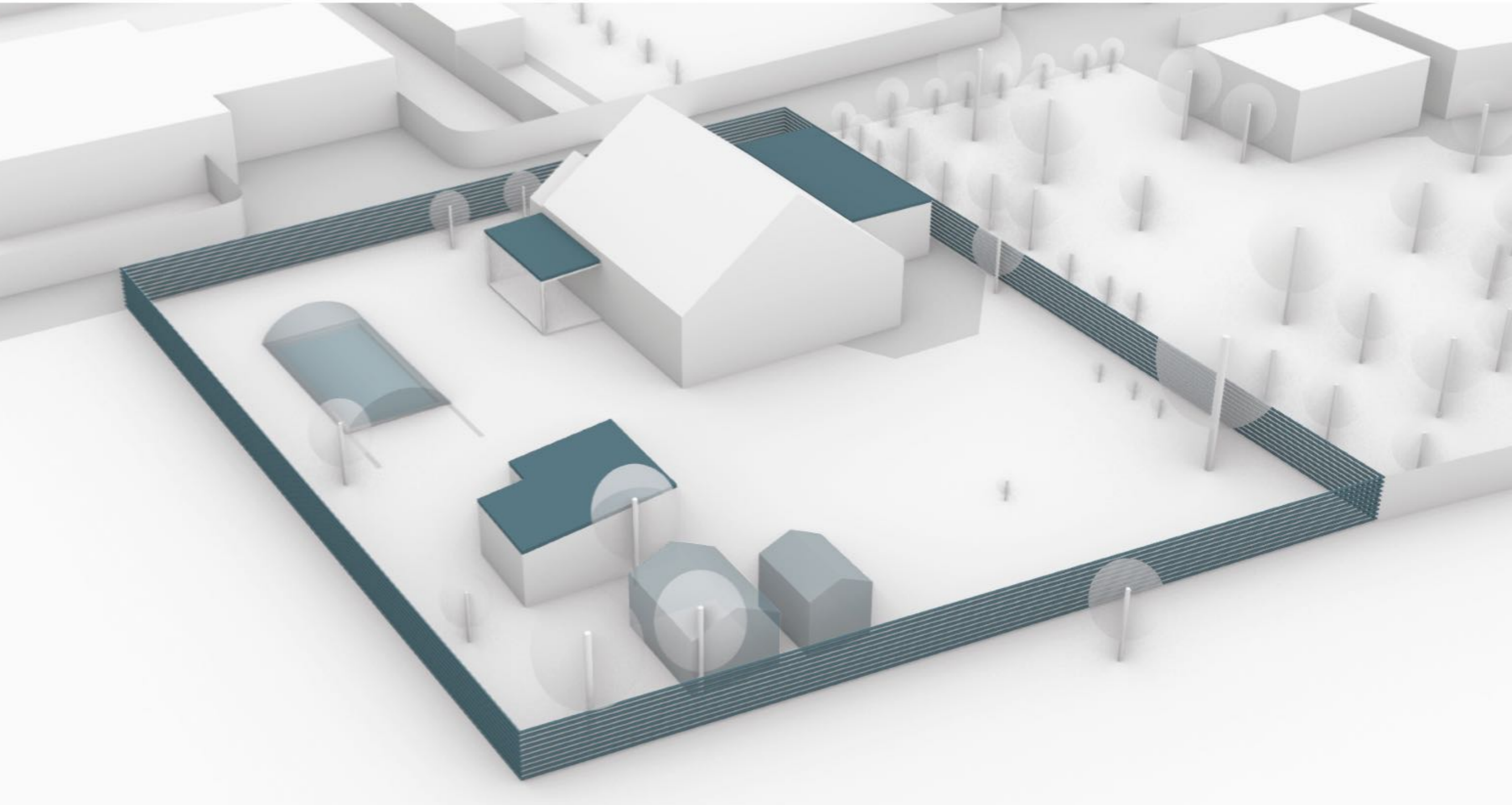
Das Flussschild besteht aus einer metallenen Gitterrahmenkonstruktion. Richtung Süden ist diese mit Photovoltaikmodulen verkleidet. Die nördliche Seite ist mit Kletterpflan-

zen bewachsen. In Augenhöhe des Wanderwegs, der über die Staumauer führt, gibt es einen ein Meter breiten Sichtschlitz flussabwärts. In der Trägerkonstruktion sind Nistkästen

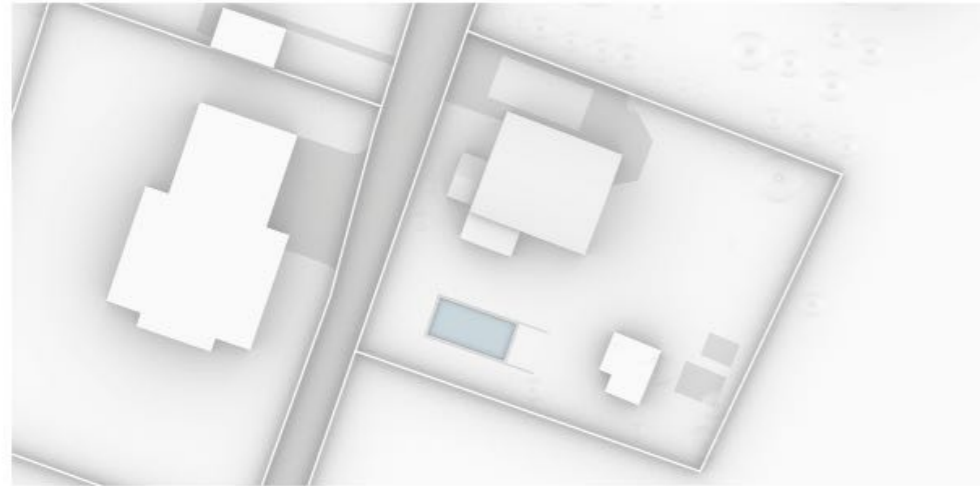
für Vögel montiert. An Solarmodulen kommen entspiegelte, blaugrün vakuumbedampfte Solarschindeln zum Einsatz. Die Photovoltaikmodule erzeugen eine Leistung von 250

bis 280 MWh und können 70 bis 80 Haushalte mit Strom versorgen.

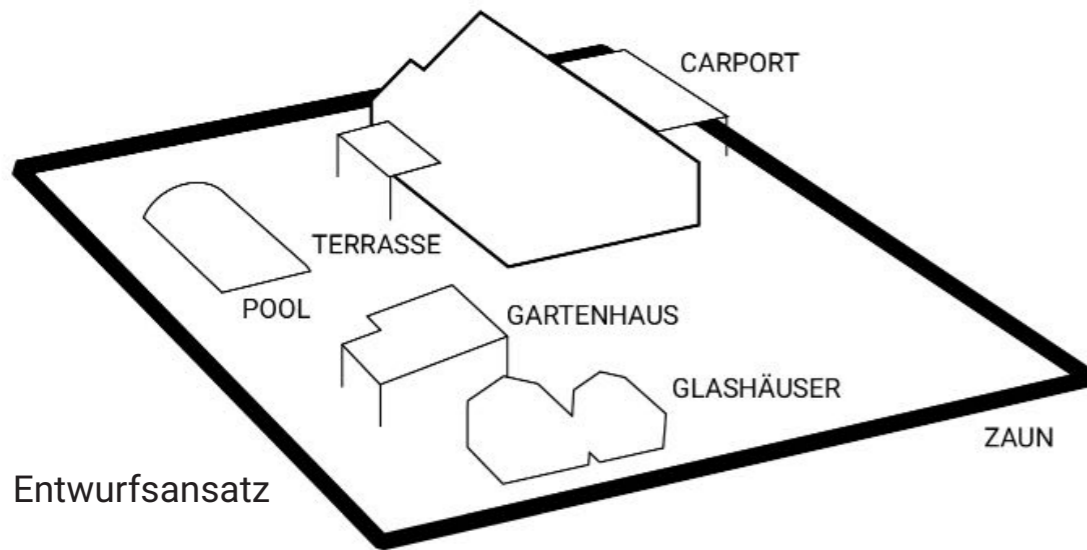
## Ideenpool Garten I - Entwurfsbeispiel



## Ideenpool Garten II



25 m ↑  
N



Ortscharakter

Das freistehende Einfamilienhaus mit Garten besitzt ein Vordach als Witterungsschutz für die Terrasse, ein überdachtes Pool, ein Carport, ein Gartenhaus und zwei Glashäuser.

Zur Aufwertung des Bestands werden beispielhaft die Raumelemente mit Photovoltaik und Solarthermie ausgestattet.